



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DESIGN E TECNOLOGIA: DIRETRIZES PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMA
INFORMACIONAL SOBRE FERROS FUNDIDOS**

Andresa Richetti

Porto Alegre

2014



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Andresa Richetti

**DESIGN E TECNOLOGIA: DIRETRIZES PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMA
INFORMACIONAL SOBRE FERROS FUNDIDOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Liane Roldo

Porto Alegre

Dezembro de 2014

CIP - Catalogação na Publicação

Richetti, Andresa

Design e Tecnologia: diretrizes para a
estruturação de sistema informacional sobre ferros
fundidos / Andresa Richetti. -- 2014.

145 f.

Orientadora: Liane Roldo.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. Design e Tecnologia. 2. Sistema Informacional.
3. Ferros Fundidos. 4. Terminologia. 5. Ficha
Técnica. I. Roldo, Liane, orient. II. Título.

Andresa Richetti

DESIGN E TECNOLOGIA: DIRETRIZES PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMA
INFORMACIONAL SOBRE FERROS FUNDIDOS

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 01 de dezembro de 2014.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr.^a Liane Roldo
Orientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Dr.^a. Regina Helena van der Laan
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Dr.^a. Lauren da Cunha Duarte
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Não sei exatamente como expressar em palavras a gratidão que sinto, em especial, pela minha família. Penso no fato de meus pais não terem concluído o Ensino Médio e o quanto isso contribuiu para que eles fizessem o possível e o impossível, em todos os aspectos, no aporte aos meus estudos. Da minha parte, coube o esforço, para que de alguma forma, eles sintam-se orgulhosos. Acredito que essa é uma motivação, porque não é simples morar longe e observar inúmeras vezes lágrimas de saudade escorrerem no rosto de meu pai. Obrigada Pai (Nereu) e mãe (Jurema) por terem me criado com tanta simplicidade. Obrigada mano (Cléber) por fazer parte dessa história, além de ter me concedido o título de madrinha do Gabriel, atual razão do meu viver; obrigada minha cunhada Graciela pelo esforço no cuidado dessas pessoas que tanto amo.

Obrigada Liane, minha orientadora, por sentar e escrever esses textos comigo, por trabalhar no final de semana, por chamar minha atenção quando o meu trabalho estagnava. Creio que eu não realizaria essa pesquisa sem suas intervenções. Obrigada aos professores do LdSM: Wilson, Fábio, Lauren e Cândido por contribuírem com tanto conhecimento e por me receberem de braços abertos.

Agradeço, também, direta ou indiretamente a todos os integrantes do LdSM, em especial, aos bolsistas Henrique e Gustavo, pela ajuda e amizade. Ao Yuri e sua disponibilidade para discutir meu tema sempre. Ao Wilbur, pelo auxílio na preparação e análise das micrografias. À professora Rita do Carmo, da Biblioteconomia, pelos assessoramentos informais sobre terminologia, e à professora Regina por contribuir imensamente em meu exame de qualificação.

À família Tubelo e as amigas de mestrado e para a vida, Silvia e Marina, às amigas de infância e minhas primas, por estarem comigo em todos os momentos.

Por último e não menos importante, a mim, pela dedicação, pelos novos hábitos que inicialmente começaram com alimentação orgânica e terminaram com café, biscoitos e pizza. Nesse caso, agradeço a um provérbio popular que em algum momento da minha vida ouvi e nunca esqueci: “A vida é dura para quem é mole”, por isso espero que a força de vontade e persistência continuem no meu caminho sempre.

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo apresentar uma proposta de um sistema informacional constituído por ficha técnica sobre materiais, como estudo de caso os ferros fundidos (FoFos). Para auxiliar na formulação dessa proposta, foi desenvolvido um glossário através do embasamento nos pressupostos da Teoria Comunicativa da Terminologia (TCT). As etapas que delinearão o estudo terminográfico iniciaram na definição do *corpus* para a coleta de termos específicos sobre a área, para isso, realizou-se uma análise de plataformas informacionais sobre materiais similares, e as demais informações relevantes foram elencadas em material bibliográfico, seguido da coleta e distribuição (mapas conceituais) dos dados para a elaboração da ficha síntese, concluindo com a definição dos termos selecionados. Para compor o banco de dados, foram realizados procedimentos experimentais de metalografia com o viés de obter micrografias dos diferentes tipos de ferros fundidos além da obtenção de imagens de produtos acabados e o desenvolvimento de pictogramas para o design da informação. Com uma linguagem adaptada para atender o binômio Design e Engenharia, o sistema informacional apresenta informações técnicas relevantes para o desenvolvimento de um projeto, conteúdo de fácil acesso para ser utilizado em ambientes distintos, como salas de aula, escritórios, indústrias e outros.

Palavras-chave: Design e Tecnologia, Sistema Informacional, Terminologia, Ferros Fundidos, Ficha Técnica.

ABSTRACT

This research aims to present a formal proposal of an informational system consisting of a technical sheet and glossary, using Casting Iron (FoFos) as the case study. For the formulation of this proposal, a glossary was developed based on the presuppositions of the Communicative Theory of Terminology (CTT). The steps that outlined the terminographic study began with the corpus definition for the collection of specific terms about the field; therefore, an informational standards analysis on similar materials, and further relevant information were listed as bibliographic material, followed by gathering and distribution (conceptual maps) of the data for the elaboration of the synthesis record, concluding with the definition of the selected terms. In order to compose the database, metallographic experimental procedures were made, keeping in mind the bias of obtaining micrographs from the different types of casting iron, plus the attainment of finished products images, and the pictograms process to design the information. Along an adapted language for the binomial Design and Engineering support, the informational system presents relevant technical information for the upgrowth of a project, easy access content to be used over distinguished environments, such as classrooms, offices, factories and others.

Key words: Design and Technology, Informational System, Casting Irons, Terminology, Technical Sheet.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O ciclo da informação divide o universo do conhecimento em dois subconjuntos: Informação e Documento.	20
Figura 2 - Projeto da materioteca: Núcleo de Design e Seleção de Materiais.....	24
Figura 3 - Materioteca da Universidade Feevale, em Novo Hamburgo, RS.....	25
Figura 4 - Materioteca da Universidade Unisinos, em Porto Alegre, RS.....	26
Figura 5 – Materioteca Institut of Making na University College em Londres, Reino Unido.	27
Figura 6 – Materioteca Material LAB em Londres, Reino Unido.....	28
Figura 7 – Materioteca SCIN em Londres, Reino Unido.	29
Figura 8 – Materioteca Materió em Paris, França.	30
Figura 9 – Materiotecas Material Connexion®.....	31
Figura 10 – Tetraedro de ciência e engenharia de materiais: microestrutura-processamento–propriedade estão inter-relacionados com o desempenho do produto e o custo final desse. ...	43
Figura 11 – Diagrama de Fases para o sistema Ferro-Carbeto de Ferro ($Fe - Fe_3C$).....	54
Figura 12 – Representação esquemática da constituição da cementita e imagem de Microscopia de Força Atômica de perlita em aço eutetóide	56
Figura 13 – Imagem da constituição da martensita em um FoFo nodular com matriz martensítica. Objetiva 100x Ataque Nital 2%.....	57
Figura 14 – Exemplos de complexidade de morfologias que podem ser produzidas com ferro fundido.....	61
Figura 15 – Representação esquemática da constituição da ledeburita e imagem de um FoFo branco hipoeutético.	63
Figura 16 – Aspecto gráfico dos diferentes tipos de grafita dos FoFos cinzentos.	64
Figura 17 – Aspecto da microestura sem ataque químico de FoFo branco. Objetiva 10x sem Ataque.....	65
Figura 18 – Aspecto da microestura de FoFo maleável.	66
Figura 19 – Esquema de inoculação e nodularização e aspecto da microestura de FoFo nodular bruto de fusão.	68
Figura 20 – Aspecto da microestura de FoFo de grafita compacta. Objetiva 10x sem ataque.	69
Figura 21 – Aspecto da microestura de FoFo mesclado. Objetiva 50x Ataque Nital 2%.....	70

Figura 22 – Painelas para cozinhar e bules com revestimento superficial de esmalte cerâmico.	73
Figura 23 – Micrografia do Ferro Fundido Cinzento. (a) Presença de grafita livre sem ataque (b) Grafita livre e microestrutura com matriz perlítica.....	82
Figura 24 – Micrografia do Ferro Fundido Branco Hipoeutético. (a) Presença de inclusões no FoFo sem ataque (b) Dendritas de Perlita (áreas escuras) e Ledeburita (demais regiões).	82
Figura 25 Micrografia do Ferro Fundido Maleável de núcleo branco (a) Presença de grafita livre sem ataque (b) Ferrita (área clara), Grafita (área escura) e Perlita (demais regiões).....	83
Figura 26 – Micrografia do Ferro Fundido Maleável de núcleo preto (a) Presença de grafita livre sem ataque (b) Grafita livre mais Perlita.....	84
Figura 27 – Micrografia do Ferro Fundido Nodular (Bruto de Fusão), (a) Nódulos de grafita sem ataque (b) Nódulos de grafita rodeados por ferrita, demais regiões presença de perlita. .	85
Figura 28 – Micrografia do Ferro Fundido Mesclado. (a) Grafita em veios (tipo A) orientadas ao acaso sem ataque (b) Ledeburita (bastonetes) e demais regiões com Dendrita transformada em Perlita.....	86
Figura 29 – Micrografia do Ferro Fundido de Grafita Compacta ou Vermicular (a) Grafita compacta sem ataque (b) Microestrutura de martensita com placas de cementita.....	86
Figura 30 – Micrografia do Ferro Fundido Cinzento, peça obtida diretamente do disco de freio (a) Veios de grafita tipo A (b) FoFo normalizado de matriz perlítica e grafita.....	87
Figura 31 – Micrografia do FoFo Cinzento tratado termicamente por recozimento pleno. matriz perlítica e grafita.....	88
Figura 32 – Micrografia do FoFo Cinzento tratado termicamente por (a) Têmpera com resfriamento rápido em óleo (b) Têmpera e posterior revenido com resfriamento ao ar.	89
Figura 33 – Esquema de representação do Mapa de Propriedade (MP) indicando o módulo de Young em função densidade dos materiais metálicos.....	92
Figura 34 – Fluxograma referente à forma que as informações são organizadas no Software <i>Cambridge Engineering Selector</i> . Os itens em destaque são: descrição, composição química e imagens. As propriedades estão distribuídas em: gerais, mecânicas, térmicas, elétricas e óticas. Processos, ecológicas, informações de suporte, diagrama de fases e aplicações também constam no sistema.....	93
Figura 35 – Dados disponíveis no portal da Materioteca da Feevale – Novo Hamburgo/RS. (5). Em destaque campos de busca por Acervo (1), glossário (2) e código (3). A Busca por material (5) direciona para uma página na qual é possível filtrar características como: classe (7), formas comerciais (8), meio (9), desempenho (10), descrição (11), processos de fabricação (12) e juntas duas propriedades de meio mais desempenho (13).....	94
Figura 36 – Dados disponíveis no portal da Materioteca da Feevale – Novo Hamburgo/RS. A busca através do Glossário (2) direciona para uma página de termos, a qual possui uma ferramenta (6) para um relatório sobre o material desejado, contendo palavra – chave e descrição do material.....	96

- Figura 37 – Fluxograma referente à forma que as informações são organizadas no portal da materioteca da Feevale. Como itens principais destacam-se localização, nome técnico e comercial, classe, imagens e fornecedor da amostra. Quanto as propriedades: características e observações..... 97
- Figura 38 – Dados disponíveis no portal da MATERIABRASIL – Rio de Janeiro/RJ. Em destaque: nome genérico/comercial (1), imagem (2), classe (3), descrição do material (4), disponibilidade (5), local de produção (6) e características (12). Informações referentes a sustentabilidade como: ciclo (7), segurança (8), fatores humanos (9), energia (10) , água (11) e gestão (12). 98
- Figura 39 – Fluxograma referente à forma como as informações são organizadas no portal da Materia Brasil. Os itens em destaque são: imagens, classe, descrição, disponibilidade e local de produção. Apresentam informações adicionais como direcionadores de sustentabilidade e algumas propriedades em características..... 99
- Figura 40 – Dados disponíveis no portal da Materia em Naarden/ Holanda. Em destaque nome genérico (1) do material, seguido do código do material (2), país (3) e marca (4) e imagem do produto acabado (5). Divulgação do material (6) e acesso a um link (7) para contatar a marca. Dentre as propriedades (8) sensoriais e (9) técnicas. 100
- Figura 41 – Fluxograma referente à forma como as informações são organizadas no portal da Materia. Destacam-se imagens do produto acabado, descrição, marca e contato da empresa, código do material e país que foi desenvolvido. Propriedades técnicas e sensoriais descritas. 101
- Figura 42 – Dados disponíveis no portal do LdSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS. O portal reúne diversas informações pertinentes como: composição química (11), aplicação (12), propriedades (1,2,3,4,5) e processos (6,7,8,9,10) diversos e quatro imagens de produtos acabados (13)..... 102
- Figura 43 – Fluxograma referente à forma com que as informações são organizadas no portal do LdSM. Dentre os itens em destaque: composição, aplicação e imagens. O portal exhibe ainda: dados para projeto, propriedades divididas em: mecânicas, térmicas, elétricas, ambientais e físicas. Ainda Processos de fabricação..... 103
- Figura 44 – Ficha distribuída como guia de combinação e substituição referente a madeiras brasileiras do livro MADEIRAS BRASILEIRAS: Guia de combinação e substituição. O guia apresenta repetidamente o nome comercial (1) e o nome comum (2). Ainda imagem macroscópica (material bruto) (3) e microscópica (4) e características sensoriais (5). No verso: aplicação (6), cor (7), propriedades físicas e mecânicas (8), durabilidade (9), secagem (10), processo de fabricação (11), e ainda observações(12). 104
- Figura 45 – Fluxograma apresenta as informações que constam na ficha sobre Madeiras Brasileiras. Em destaca tem-se: nome técnico, comercial e científico, seguido da imagem macro e microscópica além da cor característica da madeira. Propriedades gerais e sensoriais relevantes para o material, aplicações e observações..... 105
- Figura 46 – Página referente a materiais metálicos do Transmaterial . Em destaque: classe (1), nome comercial do produto (2) e descrição da peça (4). Outros dados incluem: conteúdo ou tipo do produto (5) aplicação (6), tamanhos e medidas (7), ambiente (8), limitações (9) e (10) Contato da empresa fornecedora. 106

Figura 47 – – Fluxograma referente ao conteúdo disponível no livro do Transmaterial. O sistema informa um título para o produto, descrição da peça, imagem do produto acabado, contato e nome da marca. Algumas características básicas e aplicação para o produto e não sobre o material.	107
Figura 48 – Quantitativo em ordem decrescente das informações disponibilizadas pela maioria dos sistemas. Informações, requisitos e restrições para projeto da ficha técnica.	108
Figura 49 – Representação conceitual referente ao fluxo de atividades e informações que integram o material Ferro Fundido.	110
Figura 50 – Representação conceitual hierárquica para materiais metálicos/ferrosos /FoFo, identificando as três categorias indispensáveis para conhecimento no desenvolvimento de um projeto de produto: Processo de Fabricação, Propriedades, Aplicação.	113
Figura 51 – Representação conceitual referente as atividades e informações disponíveis para a fabricação de um produto de Ferro Fundido.	114
Figura 52 – Representação conceitual identificando as propriedades principais relacionadas ao material Ferro Fundido: Mecânicas, Físicas, Elétricas, Térmicas, Químicas e Ambientais, devidamente segmentadas.	115
Figura 53 – Representação conceitual informando aplicações possíveis para produtos finais para cada tipo de FoFo.	116
Figura 54 – Configuração de Termo no Glossário para Ferros Fundidos.	117
Figura 55 – Painel com imagens obtidas para compor a ficha técnica.	122
Figura 56 – Pictogramas desenvolvidos para representar as aplicações do FoFo.	124
Figura 57 – Ficha Técnica sobre FoFos, frente da ficha identificando a disposição das informações.	125
Figura 58 – Ficha Técnica sobre FoFos, verso da ficha identificando a disposição das informações.	126
Figura 59 – Modelo da Ficha Técnica sobre FoFos.	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos publicados no Congresso de Pesquisa em Design (P&D) sobre o tema, levantamento entre os períodos de 2002 e 2014.....	32
Quadro 2 - Avaliação das características técnicas e emocionais de quatro materiotecas brasileiras e quatro materiotecas francesas.....	34
Quadro 3 - Aspectos relevantes para a área de estudos da terminologia.....	42
Quadro 4 - Como as propriedades dos materiais de engenharia afetam o modo como os produtos são projetados.....	46
Quadro 5 - Revisão de diferentes fontes que definem os aspectos eficazes dos materiais para o processo de seleção.....	47
Quadro 6 – Fluxograma referente ao processo utilizado para a realização das atividades de elaboração do glossário e desenvolvimento das fichas técnicas. As etapas 1 e 2 foram desenvolvidas em paralelo, de maneira que, na etapa 1 realizou-se métodos para a elaboração do glossário e na etapa 2 com o suporte dos dados extraídos na etapa subsequente foi desenvolvida e direcionada a execução da ficha técnica.....	75
Quadro 7 – Fluxo do processo utilizado para a realização de tratamentos térmicos no disco de freio seguido de análise de metalografia. Disco de freio cortado na (a) cortadeira metalográfica, (b) peça seccionada, (c) embutimento em baquelite, (d) observação da amostra em microscópio óptico (MO) e espectroscopia de energia dispersiva (EDS), (e) processo de normalização, recozimento pleno, têmpera em água e óleo e posterior revenido resfriado ao ar, e (f) ensaio de dureza BRINELL.....	78
Quadro 8 - Ensaio de Dureza Vickers nos FoFos tratados termicamente.....	90

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.2	OBJETIVO GERAL	17
1.3	OBJETIVO ESPECÍFICOS	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	SISTEMAS INFORMACIONAIS	19
2.1.1	<i>Biblioteca de Materiais: materioteca</i>	23
2.1.2	<i>Biblioteca de materiais implantadas</i>	25
2.1.3	<i>Biblioteca de Materiais: pesquisas</i>	32
2.2	TERMINOLOGIA	38
2.3	MATERIAIS E PROCESSO DE SELEÇÃO	42
2.3.1	<i>Materiais Metálicos</i>	49
2.3.2	<i>Matais Ferrosos</i>	53
2.3.3	<i>Tratamentos Térmicos</i>	58
2.3.4	<i>Ferros Fundidos</i>	60
2.3.5	<i>Acabamentos: revestimentos superficiais</i>	71
3	PROCEDIMENTO TERMINOGRÁFICO E EXPERIMENTAL	75
3.1	TERMINOGRAFIA	75
3.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	77
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
4.1	METALOGRAFIA DOS FERROS FUNDIDOS	81
4.2	ESTUDO TÉCNICO E CATALOGRÁFICO	81
4.2.1	<i>Análise de similares: informações técnicas</i>	109
4.2.2	<i>Definição das categorias principais</i>	91
4.3	PROPOSTA DE GLOSSÁRIO PARA FOFOFOS	111
4.3.1	<i>Termos em ordem sistemática</i>	112
4.3.2	<i>Termos em ordem alfabética</i>	116

4.4	PROPOSTA DE FICHA TÉCNICA PARA FOPOS	111
4.4.1	<i>Direcionadores de projeto</i>	122
4.4.2	<i>Projeto da ficha técnica</i>	122
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES	129
	REFERÊNCIAS	132
	APÊNDICE A - RESULTADO DA ANÁLISE EM EDS	132
	APÊNDICE B - SISTEMA INFORMACIONAL COMPOSTO POR 6 FICHAS TÉCNICAS FRENTE E VERSO	132

1 INTRODUÇÃO

Sistemas para disponibilizar informações técnicas sobre materiais são fontes úteis quando é necessária uma consulta durante o desenvolvimento de produto, em especial, durante a etapa para a seleção de um material. No entanto, informações sistematizadas, de modo que o usuário possa recuperá-las à medida de sua vontade ou necessidade, são difíceis de encontrar, tampouco possuem fácil entendimento, mesmo quando disponíveis on-line (fácil acesso), além de, em muitos casos, estarem incompletas.

Informações técnicas sobre materiais e processos estão disponíveis hoje através de diferentes conteúdos: banco de dados, bibliografias especializadas e interfaces web. Também nota-se um esforço, principalmente nas universidades, na busca por ambientes construídos, conhecidos como materiotecas, com o intuito de oferecer a vantagem do material físico, que enfatiza as qualidades perceptivas do material, atendendo ainda mais às necessidades do usuário durante o processo de seleção de um material. Este sistema - instalações físicas apropriadas, dispendo de sistema informacional - de modo geral, demonstra-se satisfatório no exterior.

O aumento e, conseqüentemente, a difusão da informação científica têm gerado avanços no decorrer dos anos, proporcionando maior circulação de informações, principalmente as que integram uma área especializada, fazendo com que a necessidade de acesso livre a termos técnicos se expanda. Com isso, os estudos em terminologia demonstram-se importantes para a sistematização, a disposição e a definição de termos oriundos das linguagens voltadas às áreas especializadas como, por exemplo, os materiais e suas propriedades, seu desempenho, sua toxicidade e ecoeficiência.

Os materiais estão em todos os lugares, momentos e situações da vida cotidiana do homem, ocupando espaço e satisfazendo necessidades. A evolução da história, inclusive, é marcada pela capacidade de interferência humana nos aspectos relativos às formas de processamento dos materiais. O domínio dessas tecnologias apontou períodos como a idade da pedra, do cobre, do bronze e do ferro. A importância relativa dos materiais, em especial metálicos, se destaca, uma vez que apresenta diversas aplicações em variados produtos, ostentam uma série de propriedades que os distinguem dos demais materiais e também possuem um amplo espectro de utilização em processos de fabricação, o que amplia as opções

de escolha e também eleva a complexidade da atividade de seleção de materiais no desenvolvimento de produto, exigindo atualização contínua do conhecimento.

Os Ferros Fundidos (FoFos), materiais metálicos ferrosos, foram selecionados para estudo de caso, pois a versatilidade desse material é pouco explorada pelos designers e a carência de informações sobre os FoFos é ainda maior, uma vez que esse conteúdo não encontra-se sistematizado em uma única plataforma para consulta. Em vista disso, para uma organização racional do conhecimento atribuído aos FoFos, a atual pesquisa direciona-se à produção de um sistema informacional através de uma ferramenta denominada Ficha Técnica, apoiada por um instrumento terminográfico denominado Glossário, para entender a linguagem dos Ferros Fundidos.

O estudo de materiais e suas relações (propriedades, desempenho e microestrutura) está presente na qualificação de estudantes em cursos de design, arquitetura e contempla todos os cursos de engenharia. Este trabalho provê subsídios técnicos referentes a FoFos, contribui para tornar o estudante ou profissional mais hábil e seguro para tratar sobre questões de projetos, principalmente com profissionais de áreas afins, além de facilitar o convívio e a interação no trabalho em equipe em ambientes industriais. O intuito é fornecer aos usuários a informação adequada, visto o suporte em que se encontra, priorizando assim informação não excessiva e desnecessária neste primeiro contato.

A consecução dos objetivos apresenta uma proposta de glossário como ferramenta de representação temática do assunto, através de levantamento de termos, documentados em forma de mapas conceituais, ordem alfabética e por classificação por sistema hierárquico, definidos através do *corpus* composto por fontes bibliográficas. Paralelamente, foi realizado um levantamento de dados através da análise de informações catalográficas e técnicas de sistemas similares para contribuir com o referencial teórico na seleção das propriedades que integrarão o sistema informacional.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Como desenvolver um sistema informacional sobre materiais que atenda as necessidades de projeto de produto?

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema informacional estruturado sobre materiais, tendo como base e estudo de caso os ferros fundidos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Elencar os métodos de distribuição de informações;
- b) Definir o *corpus* e termos para pesquisa sobre FoFos;
- c) Desenvolver um glossário com base nos termos coletados;
- d) Coletar dados técnicos e fotográficos sobre FoFos;
- e) Caracterizar por micrografia os ferros fundidos;
- f) Gerar as fichas técnicas contendo informações pertinentes sobre FoFos com base no glossário de termos, dados técnicos e fotográficos obtidos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Em razão da extensa disponibilidade de literatura na área de materiais metálicos, para a triagem das propriedades que irão compor as fichas técnicas e para a seleção e identificação desses termos constituintes da ficha e conseqüentemente presentes no glossário, foi realizada uma análise de similares composta por sete plataformas distintas, entre sites disponíveis via internet, nacionais e internacionais: FEEVALE (acadêmico), MATERIABRASIL (acadêmico e comercial), MATERIA (comercial), LdSM (acadêmico), TRANSMATERIAL (bibliográfico), MADEIRAS BRASILEIRAS (bibliográfico) e CAMBRIDGE MATERIALS SELECTOR (*software*), além dos requisitos estipulados por Walter e Ferrate (2010) e considerações a cerca do estudo de Karana et al (2007). Estes foram as bases que constituíram o *corpus* para a pesquisa. Para a definição dos termos selecionados através do corpus acima definido, utilizou-se como apoio cinco bibliografias recomendadas: Chiaverini (2012), Callister (2007), Askeland (2008), Colpaert (2008) e Ashby e Jones (2007).

Essas fontes de pesquisa apontaram para duas direções, a saber:

- a) Identificação e atualização de termos na área de ciência e tecnologia dos materiais;
- b) Identificação e atualização de termos na área de seleção de materiais e design;

O percurso de elaboração deste trabalho está distribuído em cinco capítulos.

Assim, no Capítulo 2, Fundamentação Teórica, foram abordados os aspectos relativos a sistemas de informação, abordando apontamentos relativos a materiotecas, um levantamento desses ambientes construídos no Brasil e em âmbito internacional. Também foram elencados artigos científicos que trazem informações e propostas acerca desses ambientes. É feita uma apresentação dos estudos em Terminologia, abordando o termo, além de trazer considerações acerca da Terminografia, com foco na produção de glossários. Por fim, discorreu-se sobre a seleção de materiais, sua importância no desenvolvimento de um produto, com foco na classe de materiais metálicos ferrosos e, mais especificamente, os FoFos e suas características, propriedades e atribuições em geral.

Na sequência, no Capítulo 3, no Procedimento Terminográfico e Experimental, explicita-se o caminho da pesquisa para a coleta de dados através do *corpus* selecionado e das caracterizações de metalografia através de microscopia óptica.

No Capítulo 4 – Resultados e Discussões, são apresentados os resultados das caracterizações e uma análise dos FoFos para subsidiar o banco de dados. Também é ampliado um estudo catalográfico e técnico, que incluiu o desenvolvimento do glossário para FoFos, os mapas conceituais e o processo de seleção dos termos para o glossário e fichas técnicas.

No Capítulo 5 – Considerações Finais e Proposições, são expostas as conclusões sobre a pesquisa realizada e, partindo desta, recomendam-se sugestões para futuros trabalhos, bem como as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo consiste na apresentação de conceitos relevantes à compreensão e significação do tema desta pesquisa, divididos em três tópicos principais: Sistemas Informacionais, Terminologia, Materiais e Processos de Seleção.

2.1 SISTEMAS INFORMACIONAIS

Segundo Dodebei (2002), sistema é definido como um conjunto de elementos que interagem, realizando funções para determinados propósitos. Batista (2004) define sistema sucintamente como a interação de um conjunto de elementos ou um todo organizado para a formação de um todo unitário complexo. O todo considerado pelo autor seria um sistema com subdivisões aglomeradas passíveis de acumular conceitos, ou seja, um subsistema, sendo este um sistema menor carregando elementos de um sistema maior.

A introdução do conceito de sistemas para aplicação em qualquer área a visualizar o mundo e o universo em termos de um grande conjunto interconectado parte do alemão Ludwing Von Bertalanffy (1901-1972), que elaborou a denominada Teoria Geral dos Sistemas, em 1937, divulgada em 1951 (DODEBEI, 2002; BATISTA, 2004). O conceito de sistema, conforme cita Dodebei (2002), é usado como arranjo lógico de processos ou meios para atingir fins. Já, processos é uma sequência de eventos para alcance de resultados específicos, sendo estes dependentes do tempo. Dodebei (2002) especifica:

A distinção fundamental entre sistemas e processos é que este último é o aspecto dinâmico do primeiro. Todo o sistema inclui um processo, e, como sistemas não existem no vácuo, interagem com seu meio ambiente, podendo ser difícil estabelecer-se os limites entre ambos. (DODEBEI, 2002, p.22)

Um sistema necessita ser organizado e devidamente classificado e, segundo Piedade (1977), é dividir em grupos ou classes, segundo as diferenças e semelhanças, dispondo os conceitos, em certo número de grupos metodicamente distribuídos. É, ainda, um processo mental e habitual do homem, porque vivemos automaticamente classificando coisas e ideias, a fim de compreender e conhecer. Para Batista (2004), a teoria geral dos sistemas é interdisciplinar, de maneira que todas as áreas da ciência possam interligar as descobertas com conceitos comuns a todas elas.

Sistema de informação é definido por Batista (2004) como todo e qualquer sistema que possuem dados ou informações de entrada que tenham por finalidade gerar informações de saída para suprir necessidades. Dodebei (2002) destaca um modelo de processo de transferência da informação, o qual se divide em dois subconjuntos: informação e documento. A Figura 1 ilustra um modelo de caráter sistêmico, denominado ciclo da informação.

Figura 1 - O Ciclo da informação divide o universo do conhecimento em dois subconjuntos: Informação e Documento.



Fonte: Dodebei (2002)

A Figura 1 identifica a representação do conhecimento em seis etapas: Produção, Registro, Aquisição, Organização, Disseminação e Assimilação, de forma a simplificar os processos criados pela acumulação, produção do conhecimento e os produtos gerados em distintas formas de representação. Neste contexto, a Informação relaciona-se com a Produção de conhecimento, Registro e Assimilação, ou seja, onde ocorrem as trocas de informações, é possível realizar a análise das ações decorrentes da geração de novos conhecimentos em registros eletrônicos, em redes eventuais ou organizadas sistematicamente. Estas etapas se configuram em uma memória documentária. O Documento, representado na parte inferior do círculo, relaciona-se ao estudo da memória documentária, entre elas, as teorias da comunicação (DODEBEI, 2002).

Segundo a Sociedade Brasileira de Design da Informação, design da informação é uma área do Design Gráfico que objetiva equacionar os aspectos sintáticos, semânticos e pragmáticos que envolvem sistemas de informação através da contextualização, planejamento,

produção e interface gráfica da informação. De acordo com Cavalcanti et al (2004), a linguagem visual comunica seu significado através de mensagens verbais (caracteres alfanuméricos) e/ou mensagens pictóricas (ilustrações) e constitui-se no principal meio de transmissão de conhecimento. Cabe o objetivo de transformar estas mensagens complexas e não estruturadas em informações que sejam facilmente captadas e compreendidas pelo usuário. Os elementos da mensagem, bem como a forma com que são apresentados, influenciam de maneira direta no processamento da informação (CAVALCANTI et al, 2004), por isso eles devem ser estruturados e apresentados na mensagem de acordo com as circunstâncias utilizadas, visando à compreensão do usuário.

A forma com que a informação é transmitida para o usuário depende muito do design da informação, determinando se essa informação será absorvida com sucesso. Redig (2004) afirma que o design da informação deve estar focado no receptor da mensagem, o qual determina seu conteúdo por ser, conseqüentemente, o alvo desta. Apresenta, ainda, as características do design da informação em três componentes – destinatário, forma e tempo da mensagem – e os subdivide, proporcionando condições indispensáveis para o design informacional existir. O autor relaciona o destinatário com o foco no receptor, pois é para ele que a mensagem é direcionada, pois o destinatário também determina o conteúdo da mensagem com base em suas necessidades (usuário).

Quanto à Forma, Redig (2004) a subdivide em:

1. Analogia: considerada pelo autor, depois do foco no receptor, como a segunda qualidade fundamental do design da informação. Ele afirma que a mensagem deve ser analógica sempre que possível, visando primeiramente clareza e rapidez de leitura. Cita como exemplo o relógio analógico, que proporciona melhor noção de tempo através do movimento dos ponteiros, ao contrário do relógio digital, que apresenta a hora exata através de algarismos.
2. Clareza: forma de transmitir a mensagem sem a possibilidade de ocorrer ambigüidade, o que torna esta característica indispensável ao design da informação.
3. Concisão: é a apresentação da mensagem com o mínimo de informação, isto é, contém apenas informações necessárias, em que são eliminados elementos supérfluos e dispensáveis.

4. Ênfase: componente essencial e relacionado à analogia. Dá ênfase nas informações mais importantes da mensagem e torna a superfície informativa “ondulada”, proporcionando legibilidade e identidade ao objeto informativo.
5. Coloquialidade: utilização de palavras de uso comum do usuário.
6. Consistência: em um sistema de informação, cada signo deve corresponder sempre a um único significado dentro de seu contexto e vice-versa.
7. Cordialidade: refere-se ao respeito ao próximo, ou seja, apresentar a mensagem de forma agradável. O autor conclui que não há cidadania sem informação, sendo que todo usuário tem necessidade de um suporte informacional para executar determinadas ações, cabe, portanto, dispô-la de forma clara e eficaz para proporcionar ao usuário oportunidade e segurança ao desenvolver tarefas.

Em relação ao Tempo no processo de transmissão da mensagem, Redig (2004) relaciona:

1. Senso de oportunidade: é a informação a qual o usuário necessita que apareça em primeiro plano. Informações desnecessárias são organizadas em segundo plano ou podem ser descartadas.
2. Estabilidade: uma palavra deve ter sempre o mesmo sentido ou pode até ter uma mudança lenta com o tempo, portanto, quando isto acontece, deve-se mudar a palavra utilizada.

O autor conclui que “não há cidadania sem informação, nem informação sem design”. Com a evolução das tecnologias, a informação passou do ato de comunicação para algo mais representativo, de suporte, apoio e conhecimento. Conforme Lara (2003) pode-se adotar esta denominação para a definição de disseminação: “A noção de disseminação é comumente interpretada como equivalente à de difusão, ou mesmo de divulgação”. Assim, assume formas variadas, dirigidas ou não, que geram inúmeros produtos e serviços, dependendo do enfoque, da prioridade conferida às partes ou aos aspectos da informação e dos meios utilizados para sua operacionalização (LARA, 2003).

Existem distintos meios com o intuito de disseminar informação. No caso de informações sobre materiais, destaca-se um sistema especial conhecido como materioteca - especial porque, ao contrário de uma biblioteca, possui a característica de disponibilizar

amostras físicas de materiais, proporcionando ao usuário o envolvimento com determinadas características intangíveis presentes nos materiais.

2.1.1 Biblioteca de Materiais: materioteca

Conforme Silva (2005), o conceito de materioteca surgiu devido a um avanço no que diz respeito à tecnologia em países de primeiro mundo, conseqüentemente, encadeando impactos ambientais e dificuldades em selecionar materiais para projetos. Sua função principal baseia-se em servir como uma fonte de informação e inspiração, promovendo a interação com o material, auxiliando, portanto, designers, engenheiros, arquitetos e estudantes em geral a desenvolver projetos de produtos, ao mesmo tempo que proporciona uma contribuição para o corpo discente, maximizando esforços voluntários e participativos em aula, proporcionando um contato tátil e visual com o material (WALTER, 2006).

Em relação a isso, Walter (2006) explica que o termo materioteca faz conexão entre materiais e biblioteca e seu significado prático também é um pouco semelhante a uma biblioteca, porém, ao invés de guardar livros em determinado espaço físico, ela é destinada ao armazenamento de amostras de materiais.

Segundo Guanabara e Kindlein (2006), existe um descompasso entre áreas do design e engenharia e também uma perda de reconhecibilidade “material x produto”, demandando uma criativa especificação de materiais e de processos produtivos para uma fundamental concretização de bons projetos. O acesso constante à catalogação de dados e informações pertinentes sobre os materiais e suas aplicações, buscando a interação entre os conhecimentos do design e da engenharia, aliando as informações técnicas à criatividade podem auxiliar no desenvolvimento de novas alternativas. Quanto mais abrangentes forem as informações sobre os materiais, melhor será a escolha da matéria-prima na fabricação de novos produtos (GUANABARA e KINDLEIN, 2006).

Silva (2005) ainda cita que a primeira materioteca no Brasil surgiu em 1998 (Figura 01), através do Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior, o qual trouxe a proposta após conhecer o espaço localizado na França. Kindlein, então, aplicou o projeto intitulado Núcleo de Design e Seleção de Materiais (NdSM) da Escola de Engenharia da UFRGS, em parceria com a Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC, apoiado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio

Grande do Sul – FIERGS, pelo Programa Gaúcho de Design – PGD e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. A Figura 2 ilustra o projeto da instalação para a materioteca.

Figura 2 - Projeto da materioteca: Núcleo de Design e Seleção de Materiais.



Fonte: Silva (2005)

A ação para a instalação da primeira materioteca informatizada do Brasil foi possibilitada em 2001, junto à Incubadora Tecnológica de Design de Produto na CIENTEC, situada no Parque Industrial da cidade de Cachoeirinha – RS. Com a descontinuidade da incubadora de design de produto, ocorreu uma desestruturação no local e não houve tempo para que a materioteca exercesse sua atividade. Um dos motivos pode ter sido pelo fato de estar localizada em local de difícil acesso, cerca de 30 km do centro de Porto Alegre/RS, mesmo assim, a materioteca CIENTEC foi referência no Brasil (SILVA, 2005) para a implementação de outros ambientes construídos.

Segundo Santos et al (2012), a Materioteca se insere como um espaço de referência pautado em conceitos sustentáveis, considerando preocupações ambientais e utilização de novas tecnologias e materiais alternativos, baseados na aplicação da ferramenta análise do ciclo de vida do produto. Neste sentido, a disponibilidade de recursos para ilustrar materiais e seus usos, aliada a uma catalogação de propriedades de forma sistemática, simples e breve, tende a exercer uma maior interação, estabelecendo uma conexão entre teoria e prática (WALTER, 2006).

Para Miodownik (2009), as bibliotecas de materiais são o melhor mecanismo de transferência de conhecimento para as novas tecnologias de materiais. Segundo o autor, os profissionais da indústria criativa precisam sentir, cheirar e ver os materiais. A transferência de conhecimento deve ser central, permitindo que os fabricantes disponibilizem amostras de seus materiais para a biblioteca e esta deve proporcionar uma interface para cientistas, engenheiros de materiais e designers (MIODOWNIK, 2009).

Encontram-se disponíveis ambientes construídos com o intuito de fornecer informações a respeito de materiais juntamente com exposição de amostras de materiotecas, via web no Brasil e no exterior.

2.1.2 Biblioteca de materiais implantadas

Universidade Feevale – RS: a materioteca da Universidade Feevale está localizada no centro de design da Feevale, em Novo Hamburgo–RS. Dispõe de equipamentos específicos e mobiliários desenvolvidos para organizar e expor as amostras dos materiais de forma que o usuário possa, através do contato visual e tátil, perceber as diferenças entre as matérias-primas e suas formas de acabamento (Figura 3).

Figura 3 - Materioteca da Universidade Feevale, em Novo Hamburgo, RS.



Disposição das estantes de amostras de materiais no ambiente da materioteca na Feevale (b) Módulo expositor com rodízios.

Fonte: registro da autora.

A Figura 3 apresenta o sistema de acondicionamento das amostras na Feevale, capaz de receber diferentes formas de amostras, desde tecidos a peças rígidas, as quais possuem conexão com um banco de dados através de um código de barras. Esta materioteca está orientada para o setor coureiro/calçadista. A proposta facilita a implantação de coleções ordenadas de amostras, uma vez que as dirige para determinado setor de aplicação. Entretanto, teme-se que tal abordagem possa incorrer numa pré-seleção dos materiais a serem expostos, dificultando o processo criativo (WALTER, 2006).

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, RS: a materioteca está situada na sede em Porto Alegre junto ao curso de Design de produto. Segundo Faller (2009), tem como objetivo fornecer aos usuários as “características intangíveis” dos materiais, transmitindo estas informações, através de estímulos sensoriais como som, iluminação, odor, imagens, entre outros (Figura 4).

Figura 4 - Materioteca da Universidade Unisinos, em Porto Alegre, RS.



(a) Ambiente interno do container (b) Expositores fixados na parede em forma de fichas catalográficas.

Fonte: [http:// www.unisinos.br](http://www.unisinos.br)

A materioteca está inserida no interior de um contêiner (Figura 4a), associando mobilidade, espaço físico e conteúdo, tendo como conceito uma sociedade dinâmica, pois pode ser facilmente transportada. A Figura 4b apresenta as fichas com características e amostra física do material expostas nas paredes do contêiner.

Institut of Making – Londres: é um Instituto de Pesquisa multidisciplinar e interativo, situado na *University College*, em Londres. Trabalha com pesquisa desde o desenvolvimento químico de novos materiais a projetos de edifícios. O programa oferece simpósios, cursos de aperfeiçoamento e eventos públicos, explorando as ligações entre a investigação e a experiência prática acadêmica. Transmite o conceito de uma casa criativa para inovar, contemplar e compreender todos os aspectos materiais, é, portanto, um lugar inspirador para explorar a relação do material com o fazer. A Figura 5 apresenta as suas instalações (*INSTITUT OF MAKING*, 2014).

Figura 5 – Materioteca Institut of Making na University College em Londres, Reino Unido.



(a) Ambiente de exposição dos materiais (b) Oficina aberta para alunos e eventualmente para o público geral, com o viés de trabalhar a manipulação prática com os materiais.

Fonte: <http://www.instituteofmaking.org.uk/>

A biblioteca de materiais do *Institut of Making* nasceu decorrente da obsessão singular do professor Mark Miodownik e foi lançada em 2003. Desde então, a biblioteca tem proporcionado oportunidades para os cientistas, artistas e projetos criativos, explorando, por exemplo, como o sabor dos alimentos é afetado através do uso dos talheres. Segundo informações disponibilizadas em seu endereço eletrônico, lá existe um repositório crescente de materiais inusitados e possui um arquivo físico de mais de 800 materiais. O Instituto é especializado em materiais novos e avançados coletados em laboratórios de pesquisa por todo o planeta. Um lugar em que os estudantes podem olhar, tocar, pesquisar e discutir, além de aplicar o conhecimento e a experiência adquirida na prática. A materioteca possui um espaço chamado *MakeSpace* (Figura 5b), onde ocorre uma oficina em que os membros e convidados

podem fazer, quebrar, criar e combinar os materiais, ou seja, um local completo com variados tipos de ferramentas.

Material LAB – Londres: a *Material LAB* foi criada pelo *TELHAS JOHNSON*, importador e fabricante de cerâmica e azulejos da Inglaterra. Abriu em janeiro de 2006 para responder às necessidades de arquitetos e designers. Na materioteca as pessoas podem explorar e se inspirar através de uma enorme variedade de materiais, tais como cerâmica, vidro, papel de parede, madeira, telhas, eco resinas e tecidos. As Figuras 6 a e b mostram as salas expositivas e espaço com mesas amplas para manusear os materiais (*MATERIAL LAB*, 2014).

Figura 6 – Materioteca Material LAB em Londres, Reino Unido.



(a) e (b) Ambientes de exposição das amostras de materiais.

Fonte: <http://www.material-lab.co.uk/>

Com mais de 650 materiais em exposição, cada amostra do *Material LAB* é rotulada com informações e especificações sobre o material e todas elas podem ser verificadas gratuitamente. Suas amostras têm sido utilizadas por construtores para projetos habitacionais, escolas, universidades, hotéis, hospitais e empreendimentos industriais.

SCIN – Londres: a materioteca *SCIN* foi criada pela designer Annabelle Filer (especializada em superfícies) e o arquiteto Graham Cox. Foi lançada em 2009, em Londres, e está ganhando uma reputação como empresa de consultoria sobre materiais. A *SCIN* trabalha com especialistas em materiais e matérias-primas de todo o mundo, assim como com instituições, publicações, material de colegas pesquisadores, sites de fabricantes, blogs e visitas a feiras e

eventos. A Figura 7 apresenta o ambiente de exposição (a) e painel de entrada (b) da biblioteca de materiais (SCIN, 2014).

Figura 7 – Materioteca SCIN em Londres, Reino Unido.



(a) Ambiente de exposição e armazenamento dos materiais disponíveis

(b) Ambiente interno e painel de entrada.

Fonte - <http://www.scin.co.uk>.

O objetivo atual da *SCIN* é trabalhar para encontrar os mais recentes materiais ecológicos e introduzir materiais indígenas para o mercado do Reino Unido. Está distribuída através de quatro andares de materioteca, contendo mais de 3.500 materiais, sendo que cada qual possui valor individual, cobrando cerca de £ 20 por amostra de material enviado (SCIN, 2014).

Materió – França: A *Materió* é considerada um centro independente de informação localizado em Paris, na França. Composto por uma sala de exposições de aproximadamente 100 metros quadrados, com produtos e amostras de materiais à disposição do usuário, atualmente possui em torno de seis mil cartões de identificação de materiais com contatos de seus respectivos fabricantes. As Figuras 8 apresentam: (a) o ambiente e a distribuição dos módulos; e (b) um mostruário com materiais em exposição da *Materió* (MATERIO, 2014).

Figura 8 – Materioteca Materiό em Paris, França.



(a) Ambiente interno da *Materiό* (b) Composição dos elementos e acessórios do ambiente da *Materiό*.

Fonte: <http://www.materio.com>.

A *Materiό* possui em seu acervo materiais e produtos com a intenção de conectar e inspirar diferentes níveis de criatividade em seu usuário, proporcionando uma troca de conhecimento entre as várias áreas: arquitetura, engenharia, design, etc. Reúne notícias sobre as últimas pesquisas e desenvolvimentos de materiais via ferramenta web.

Material ConneXion® (MC): a *Material Connexion®* se auto define como a principal base mundial de informações sobre materiais inovadores, apresentando atualmente filiais em vários lugares do mundo: Nova Iorque - Estados Unidos da América (Figura 9 (a) e (b)), Colônia - Alemanha (Figura 9 (c) e (d)), ainda em Pequim - China, Milão - Itália, Daegu e Seoul - Coreia do Sul, Istanbul - Turquia, Shanghai - República Popular da China, Skövde - Suécia, Tóquio - Japão e Bangkok - Tailândia.

A materioteca *Material ConneXion® (MC)* foi construída pela George Beylerian, em Nova Iorque, em 1997. Apresenta uma base de dados, disponibilizando mais de 4500 materiais e processos de fabricação, sendo que a cada mês acrescenta-se uma faixa de 30 a 45 materiais novos no banco de dados. Disponibiliza seus dados em dois sistemas de informação: um digital e um físico, conectando física e virtualmente usuários e fabricantes de materiais.

Figura 9 – Materiotecas Material Connexion®.



Nova Iorque / Estados Unidos da América, Composição das características espaciais do ambiente (b)
Exposição das amostras (c) Colônia na Alemanha, exposição das amostras (d) Expositores dos materiais.

Fonte: www.materialconnexion.com

O ambiente (Figura 9) oferece galerias, conferências, seminários e eventos sociais, diversificando a atividade de seleção e promovendo a materioteca, além de oferecer todos esses recursos. A materioteca presta serviços de consultoria, como: pesquisa sobre materiais específicos, sessões e oficinas de métodos de criatividade e disponibiliza “caixas” de materiais feitos sob encomenda, customizadas ao projeto da empresa ou profissional em questão. No entanto, conforme se verifica em seu endereço eletrônico, o acesso virtual da *Material ConneXion*® não é gratuito e as informações sobre materiais são breves (*MATERIAL CONNEXION*®, 2014).

Esse foi um levantamento acerca de materiotecas destaques no cenário mundial e no estado do Rio Grande do Sul. O tópico que segue apresenta estudos indicando projetos em desenvolvimento.

2.1.3 Biblioteca de Materiais: pesquisas

O Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design (P&D Design) é um evento de caráter científico e foi o primeiro no campo do Design brasileiro, iniciado no ano de 1994, em São Paulo. Concretizado a cada dois anos, já trouxe pesquisas sobre o tema. Foi realizada uma busca entre os períodos de 2002 a 2014, para compreender os métodos e conhecer a evolução do tema e as relações que envolvam bancos de dados, sistemas catalográficos, acervos de materiais e materiotecas, identificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Artigos publicados no Congresso de Pesquisa em Design (P&D) sobre o tema, levantamento entre os períodos de 2002 e 2014.

P&D	LOCAL	TÍTULO
2002		
2004	UNESP - Universidade Estadual Paulista	Design e Seleção de Materiais: a possibilidade e a necessidade de um sistema informacional.
2006	UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Desenvolvimento de Bancos de Dados como Ferramenta de Auxílio ao Design de Novos Produtos.
2008	Centro Universitário Senac - SP	Análise Comparativa de Materiotecas: recomendações para a construção de modelos acadêmicos.
	UNOPAR - Universidade Norte do Paraná	Diretrizes Para o Desenvolvimento do Sistema de Mobiliário de uma Materioteca.
	UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos	Acervo de Materiais de uma Materioteca: investigações preliminares sobre as características das amostras.
		Materioteca: projeto da biblioteca de materiais da Escola de Design UNISINOS.
2010	UNIVILLE - Universidade da Região de Joinville	Método para Catalogação e Organização de Acervo Têxtil.
2012	UEPA - Universidade do Estado do Pará	Implantação de uma Materioteca no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da UEPA: a busca do conhecimento para a inovação e sustentabilidade.
	FATEA - Faculdades Integradas Teresa D'Ávila	Desenvolvimento e Instalação de uma Materiotheca.
2014		

Fonte: desenvolvido pela autora.

O Quadro 1 indica que entre o período de 2002 e 2014 não houve publicações sobre o assunto, sendo, no período estipulado, o primeiro trabalho publicado em 2004, por Walter et al (2004), na UNESP, uma iniciativa que explorou os métodos de seleção de materiais e a prática do projeto de produto, identificando e sugerindo um sistema informacional. SILVA, VEGANI e KINDLEIN (2006), na UFRGS, logo em seguida, trazem uma proposta de um banco de dados baseados em software livre como alternativa para disponibilizar informações para o projeto de forma rápida e eficiente. Neste caso, informações sobre texturas dos materiais. Em 2008, nota-se um aumento significativo de pesquisas, o SENAC, SP, UNOPAR e UNISINOS apresentam, principalmente, estudos que elencam análise de ambientes similares no Brasil e no exterior, desenvolvimento de mobiliário para amostras de materiais,

investigação sobre as características formais de amostras de materiais através da verificação de tipos e dimensões gerais de amostras físicas de materiais, bem como seus suportes e sistemas de identificação e projeto que contempla o desenvolvimento de um ambiente construído. Em 2010 foi publicado um estudo sobre a elaboração de um sistema de catalogação de um acervo têxtil, com o intuito de organizar materiais doados para compor uma materioteca na UNIVILLE, paralelamente surgiu a teciteca, termo utilizado para segmentar a biblioteca, gerando um acervo para tecidos, visando atender o curso de design de moda. Por fim, em 2012, foram publicados dois trabalhos, ambos sobre a implantação de materiotecas nas universidades da UEPA e FATEA, para atender às novas demandas do curso de design.

O objetivo das pesquisas é contribuir com projetos desenvolvidos atualmente em diversas universidades, em busca de uma biblioteca de materiais mais apropriada. Pesquisas referentes a ambientes construídos para armazenar materiais e suas respectivas informações, através de diferentes formas de comparação entre sistemas projetados ativos ou não, no Brasil e no exterior, indicam distinção, de acordo com a pesquisa desenvolvida por Silva et al (2012), na qual os autores avaliaram quatro materiotecas brasileiras e quatro francesas, com o objetivo de fornecer uma visão geral dos recursos atuais de materiotecas em termos de domínio de interações emocionais. O artigo considerou como fatores prioritários a interação de toque: visual, olfativa e auditiva, e as características técnicas dos materiais: tamanho da amostra, sistemas de fixação, sistemas de identificação, ambiente e acessibilidade da amostra através de avaliações quantitativas e qualitativas.

No Quadro 2, Silva et al (2012) analisam as informações relativas ao acesso tátil e amostras visuais dos sistemas de classificação e identificação, número de amostras disponíveis para inspeção em ambientes físicos virtuais, informações técnico/científicas, emocionais e comerciais.

Quadro 2 – Avaliação das características técnicas e emocionais de quatro materiotecas brasileiras e quatro materiotecas francesas.

Avaliação das Características	Brasileiras				Francesas			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Liberdade de acesso - Exploração Tátil	▲	▲	▼	▼	▲	▲	▼	▲
Liberdade de acesso - Exploração Visual	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▼	▲
Organização - Classificação dos materiais	▲	▲	▼	▼	▼	▼	▲	▲
Quantidade de amostras no ambiente físico	▼	▲	▼	▼	▲	▼	▲	▲
Quantidade de amostras no ambiente virtual	▼	▲	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Riqueza de informações técnicas / científica	▲	▲	▼	▲	▼	▼	▲	▼
Riqueza de informações subjetivas / emocional	▼	▼	▼	▲	▼	▼	▼	▼
Riqueza de informações comerciais	▼	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Riqueza de informações de interação (objetivas)	▼	▼	▼	▲	▼	▼	▼	▼
Identificação das amostras / física x virtual	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▼

Avaliação das Bibliotecas de Materiais	1 - CIENTEC 2 - FEEVALE 3 - UCS 4 - UNISINOS	5 - MATERIO 2 - CERTESENS 3 - INNOVATECH 4 - ENSAD	Escala: ▲ Ótimo ▲ Bom ▼ Irrelevante ▼ Ruim
--	---	---	---

Fonte: adaptado de Silva et al (2012)

Segundo Silva et al (2012), materiotecas brasileiras (1/2/3 e 4) são geralmente focadas no setor acadêmico, interagindo com estudantes de design, engenharia, arquitetura e outros. Geralmente os materiais utilizados no acervo são mais populares e conhecidos no mercado. Em relação ao perfil dos usuários, este é composto, em grande parte, por estudantes. Já as materiotecas francesas (5/6/7 e 8) mostram uma mistura de interesse tanto comercial quanto acadêmico, as quais têm abrangência, mas limitam sua capacidade de atingir níveis satisfatórios de interação emocional, relacionado com a disposição das amostras ou inadequadas exposições (amostras guardadas em caixas/gavetas ou expostas em vitrines), incapacitando o estímulo do designer para expandir suas aplicações em formas inovadoras (SILVA et al, 2012).

Convém ressaltar que uma das materiotecas analisadas na pesquisa foi a CIENTEC - a primeira construída no Brasil -, contudo, o projeto não apresentou continuidade. É curioso observar que outro trabalho científico acerca de comparações entre esses sistemas no exterior e no Brasil também utiliza a CIENTEC como objeto de análise. É o caso do artigo intitulado:

“Análise comparativa de materiotecas: recomendações para construção de modelos acadêmicos”, de Dantas e Campos (2008), publicado no P&D (Quadro 1). O objetivo da pesquisa foi analisar diferentes ambientes construídos para o desenvolvimento de uma proposta de um acervo de materiais para o Centro Universitário SENAC - São Paulo, através de análises de acervos físicos de materiais *in loco*, registros fotográficos e relatos descritivos dos ambientes. Apesar da pesquisa desenvolvida no artigo estar voltada para o desenvolvimento de um acervo de materiais dentro de um ambiente acadêmico, foi feita uma distinção, categorizando esses espaços em três grupos: o acadêmico, o comercial e o independente. O primeiro seria o ambiente vinculado a instituições de ensino superior, tendo acesso livre a alunos, professores e visitantes, privilegiando o acervo físico e materiais tradicionais. O modelo comercial objetiva atender o mercado e seus profissionais, por acesso gratuito ou através da venda de assinaturas *online* e ao acervo físico. Esses acervos têm uma maior relação com a indústria, por isso possuem grande diversidade de propósitos: venda de espaço, assumir compromissos de marketing, ou seja, um portal de negócios. Por fim, o modelo independente volta-se exclusivamente aos interesses de pessoas que buscam informações sobre materiais, priorizando o conteúdo técnico (DANTAS e CAMPOS, 2008).

Observa-se que o grupo que se enquadra na categoria comercial, em grande parte, são acervos fora do Brasil, como por exemplo: *Polimerica* e *Materioteca*, ambas iniciativas italianas que disponibilizam acervos on-line na área de polímeros, citadas por Dantas e Campos (2008).

Outra biblioteca de materiais analisada por ambos foi a *Materió*, citada anteriormente (Figura 8). Este exemplo, analisado e descrito nos artigos (Silva et al (2012) e Dantas e Campos, (2008)), reflete nas afirmações de Silva et al (2012) de que estes ambientes especializados estão ativos e funcionam nas regiões que estão situados. Estas características da *Materió* podem ser identificadas em outras materiotecas no exterior, como *Material LAB* em Londres (Figura 5).

Em contrapartida a materioteca da Universidade FEEVALE (Figura 3), que está em destaque no Quadro 2, demonstra possuir em grande parte os critérios necessários para se desenvolver uma materioteca adequada, conforme os parâmetros (interações emocionais e características técnicas dos materiais) estabelecidos por Silva et al (2012), no entanto, deve-se considerar tendo em vista que a avaliação estipulada pode ser por ventura tendenciosa, pelo fato de um dos autores ter participado de sua estruturação. Mesmo assim, a materioteca é tida

como referência para projetos de ambientes construídos no Brasil, mesmo assim, observa-se a falta de frequência e interesse pelos alunos em utilizar o local, uma das razões pode ser o tipo do mobiliário, que produz uma impressão de um “*showroom*” e não de um espaço “vivo” de pesquisa e interação com os materiais seus fatores técnicos e intangíveis para seleção do mesmo.

Nota-se um esforço em inovação para transmitir informações referentes a novos materiais disponíveis no mercado, principalmente no exterior. As universidades também estão buscando estruturar-se com o apoio de uma materioteca como ferramenta de auxílio na educação das áreas relacionadas. Segundo Walter (2006), o sistema para a estruturação de uma materioteca deve ser composto por uma coleção ordenada de amostras, pois isto é o que diferencia uma materioteca de uma biblioteca. É importante o contato tátil e visual com os materiais, além da disponibilidade de um sistema de informações, que contemplem as principais características e funções dos materiais presentes fisicamente, o qual vem a ser de suma importância quando as informações também são disponibilizadas através da ferramenta web. Tal composição trata de um processo de comunicação com o usuário em dois meios distintos e complementares (WALTER, 2006).

Esta ferramenta, a materioteca, deve auxiliar o designer durante o processo de seleção de materiais, processo este que deve ser levado em consideração ainda na concepção, desde a geração da ideia e durante todas as fases de um projeto de produto, no entanto, para sanar parte dos problemas enfrentados pelos profissionais, existem alguns sistemas online que buscam trazer informações sobre materiais. Segue um levantamento de sites que fornecem informações sobre materiais em geral, alguns também citados por FERROLI (2004) e FERRANTE e WALTER (2010).

Fontes Nacionais:

- a) **www.ndsm.ufrgs.br** – acesso livre, o Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) traz informações básicas acerca de todas as classes de materiais;
- b) **www.loctite.com.br** – traz informações sobre o uso de adesivo em resina;
- c) **www.acesita.com.br** – traz informações técnicas sobre aço inoxidável;
- d) **www.materia.coppe.ufrj.br** – revista virtual pioneira sobre materiais no Brasil;
- e) **www.materiabrasil.com** – livre acesso, informações sobre novos materiais, com foco na sustentabilidade.
- f) **www.acobrasil.org.br** – de livre acesso, informações gerais sobre processos de produção e obtenção de materiais metálicos.

- g) **//materioteca.feevale.br** – informações referentes a amostras existentes na materioteca física da Feevale, de livre acesso.

Fontes Internacionais:

- a) **www.matweb.com** – acesso livre, exceto alguns recursos avançados especiais acessíveis para usuários registrados: possui informações sobre todas as classes de materiais, incluindo propriedades sobre materiais de engenharia como os semicondutores ;
- b) **www.materialconnexion.com** – acesso com cadastro e anuidade, a Material ConneXion® é um dos maiores banco de dados disponíveis na internet, também oferecem estudos mercadológicos e outras ferramentas de negócios;
- c) **www.grantadesign.com** – empresa líder em tecnologia da informações sobre materiais, desenvolvimento de *softwares* e cursos em diversas partes do mundo;
- d) **www.asminternational.org** – a ASM (American Society of Materials) realiza troca de informações dos profissionais interessados em materiais;
- e) **www.azom.com** – possui acesso livre e apresenta informações principalmente comerciais sobre materiais;
- f) **www.specialchem.com** – agrega dados, informações e cooperação técnica de muitos fornecedores de aditivos plásticos;
- g) **www.tangram.co.uk** – possui um catalogo eletrônico sobre plásticos industriais e relatórios e livre acesso;
- h) **www.silastic.com** – possui ênfase em borracha de silicone e materiais concorrentes, livre acesso;
- i) **www.pct.edu/prep/**–de livre acesso, o principal objetivo é o desenvolvimento de materiais para ensino na área de polímeros.

Outras maneiras de conseguir informações sobre materiais que, por vezes, são mais convenientes para empresas, são as associações como a Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM), Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCCEM), Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), entre outras.

Conforme Ferrante e Walter (2010), dificilmente o profissional terá acesso a todo esse conteúdo, uma vez que se torna difícil sua busca, sendo que cada um desses materiais possui uma ou mais especificidades, as quais são responsáveis pelo desempenho e aplicação em determinado produto. São essas as características que o usuário busca ao selecionar um material para projeto. Uma forma de localizá-los seria a busca por termos específicos, mas, dentre as inúmeras variações, fica complicado sem que haja um sistema controlado desses termos, sequer um banco de dados com todos os termos oriundos de um determinado segmento, ou de uma determinada classe de material, sendo que um único material pode possuir uma ou mais características semelhantes aos demais (WALTER, 2006).

Os profissionais da área da ciência da informação e biblioteconomia vêm ao encontro, para agregar valor a esta temática, buscando sanar boa parte dos problemas enfrentados durante a seleção de materiais através da busca por termos ou características específicas. Esses profissionais possuem um vasto conhecimento em organização, estruturação, recuperação e disseminação da informação, tendo sempre o cuidado de como esta informação chegará e será absorvida pelo usuário.

2.2 TERMINOLOGIA

Ao longo dos anos, com o avanço das pesquisas tanto científicas quanto tecnológicas e a preocupação com a proliferação de termos que dificultavam a comunicação entre especialistas de uma determinada área, especialmente no fim do século XIX, surge um novo campo de estudos: a Terminologia, introduzida pelo engenheiro austríaco Eugen Wüster (1898-1977), na Universidade de Viena, com o intuito de padronizar o uso de termos técnico-científicos de modo a alcançar a univocidade comunicacional nas ciências e nas técnicas no plano internacional, dando origem à chamada Teoria Geral da Terminologia (TGT), que tinha por meta ser uma ciência que se expressa por meio de uma linguagem internacional e precisa, comum aos especialistas daquela área (VAN DER LAAN, 2005; KRIEGER e FINATTO, 2004; IENSEN, 2013).

Para Currás (1995), a terminologia tem por finalidade contribuir com o entendimento dos especialistas entre si e destes com o seu meio. A padronização do vocabulário técnico científico, segundo a TGT, visava melhorar a comunicação entre os especialistas da área, sendo a linguagem o veículo para a representação e recuperação de informações (XAVIER et al, 2004).

Segundo Krieguer e Finatto (2004), enquanto a linguística tem por objeto o estudo da língua em todos os seus aspectos, a terminologia se ocupa somente do léxico especializado. Configura-se como um componente linguístico, a serviço de comunicações especializadas, posto que os termos transmitem conteúdos próprios de cada área, tendo duas funções essenciais: a de representação e a de transmissão do conhecimento especializado, como por exemplo, terminologias como a da biologia, química, e outros. Essa abordagem foi aceita na época como forma de superar as ambiguidades na comunicação profissional.

Durante as décadas de 1950 e 1960, foram estimulados estudos sobre a construção de linguagens científicas artificiais que pudessem representar o universo conceitual de campos específicos do conhecimento (DODEBEI, 2002), a respeito a autora cita:

No entanto, rapidamente verifica-se que, despeito de sua eficaz função de recuperação da informação, a construção de linguagens documentarias para campos específicos do conhecimento vem a representar tarefa interdisciplinar extremamente onerosa. (DODEBEI, 2002, p.12).

Todo o desenvolvimento tanto científico quanto tecnológico tem proporcionado para a sociedade uma massa de informações geradoras de conhecimento (IENSEN, 2013), principalmente no âmbito dos materiais, os quais trazem informações quanto às características (físicas, químicas, mecânicas), aplicações e processamentos. Essas informações necessitam ser divulgadas e tratadas adequadamente para que surjam novos conhecimentos, esse é o papel fundamental da documentação, responsável esta pela triagem, organização e conservação da informação, bem como pela viabilização e seu acesso. Com esse propósito, os conceitos devem ser identificados, nomeados e definidos (CINTRA et al, 2002).

Ainda ao longo dos anos de 1980 e 1990, houve um predomínio das pesquisas de caráter descritivo no âmbito da terminologia e, com isso, conduziram a uma nova proposta: a Teoria Comunicativa da Terminologia (TCT), sistematizada por Maria Teresa Cabré (1999) e pelo grupo de pesquisadores do Instituto de Linguística Aplicada, da Universidade Pompeu Fabra, em Barcelona.

Pela ótica da TCT, o termo é poliédrico, ou seja, é uma unidade linguística, uma unidade comunicacional e uma unidade cognitiva, apresenta de alguma forma uma finalidade comunicativa (IENSEN, 2013). Nessa perspectiva, segundo Van Der Laan (2005) os termos integram-se ao acervo linguístico do falante por meio de um aprendizado especializado. Enquanto, conforme Cabré (1999), a TGT é uma teoria sistemática, não havendo polissemia, na qual cada conceito é expresso por um único e inequívoco termo que atende às necessidades de um processo comunicativo padronizado e os termos não pertencem ao léxico geral, não estando sujeitos às normas linguísticas.

Esta pesquisa segue as perspectivas de tendência comunicativa (TCT), já que não se pretende postular normas para padronizar os termos usados no glossário de ferros fundidos. O objetivo é avaliar a representatividade terminológica, bem como trabalhar na seleção de determinados termos para compor um sistema informacional (fichas técnicas). Um parâmetro

importante deve ser levado em consideração - a seleção das fontes e a definição do corpus de pesquisa, são documentos úteis porque fornecem informações consistentes para a organização dos termos que serão utilizados para a estruturação, no entendimento das fichas contendo as informações do material e conseqüentemente em uma boa qualidade na catalogação (CAMPOS et al, 2009).

A palavra catalogação vem ao encontro do objetivo deste projeto, sendo que o cerne de seu significado nada mais é do que fazer uma classificação, elencar e realizar um cadastramento. Este método requer pensar o domínio do glossário de forma dedutiva, ou seja, determinar as classes de maior abrangência dentro da temática escolhida. Ao analisar o domínio segundo a categorização, fica mais fácil e seguro determinar os termos que devem ou não integrar o glossário através das propriedades específicas no caso dos materiais (BUENO, 2000).

O termo é considerado o principal objeto de estudo da terminologia, sendo tanto um elemento constitutivo do saber especializado quanto um componente linguístico, o que contribui para a ocorrência de uma comunicação mais eficaz (IENSEN, 2013). Segundo Krieger e Finatto (2004), essas propriedades constitutivas favorecem a univocidade da comunicação especializada. Terminus significa limite, fronteira, por conseguinte se faz necessário estabelecer de que forma o termo se diferencia das outras palavras, e quais são os traços que facilitam essa diferenciação.

A terminologia possui uma face aplicada, voltada à produção de dicionários, glossários e bancos de dados, sendo denominada Terminografia ou Lexicografia Especializada. Os glossários, desde as suas mais remotas origens, visavam à explicação dos significados das palavras. Glossário é definido como sendo um repertório de unidades lexicais, de uma especialidade com suas definições ou quaisquer outras especificações, sem pretensão de exaustividade (KRIEGER e FINATTO, 2004).

A terminografia, portanto, toma o termo e não a palavra, como seu objeto de descrição, definindo-lhe o conteúdo e o seu uso profissional. Irá oferecer informações sobre termos e conceitos de uma área de conhecimento especializado (IENSEN, 2013). Segundo Krieger e Finatto (2004), será necessário observar os fundamentos para identificação das terminologias, o reconhecimento da variedade de suas formas bem como princípios de análise de

funcionamento dos termos com vistas a seu registro em instrumentos de referência especializada.

O termo pode ser registrado no feminino, plural e não sofre redução canônica, a produção de uma obra terminográfica leva em conta uma série de regras, que tendem a tornar o trabalho mais organizado. A árvore de domínio é um diagrama hierárquico formado por termos-chave de uma especialidade, auxiliando na aproximação com a área de conhecimento, serve para ilustrar a organização de uma determinada área que se queira repertoriar (KRIEGER e FINATTO, 2004). Entre as fases do trabalho estão:

- a) Constituição da equipe;
- b) Delimitação de área ou assunto;
- c) Seleção de fontes documentais;
- d) Metodologia para coleta de dados;
- e) Identificação dos sistemas conceituais.

É fundamental que a produção do glossário especializado leve em conta as necessidades do consulente e seja capaz de fornecer o maior número possível de informações sobre o termo e possua uma estrutura que facilite o acesso aos dados (IENSEN, 2013).

Para Iensen (2013), a obra terminográfica é o modo de apresentação da informação é mais recortado, elaborado para um determinado segmento de usuários. Neste caso, muitas informações não precisam ser explicitadas no verbete, pois se presume que não serão necessárias por atenderem às demandas de uma comunidade específica e conhecedora do assunto. A terminografia tem uma função normalizadora em alguns países, onde é entendida como valor para padronização, privilegiando a relação dos termos recomendados para uso nas comunicações profissionais. Isso tem como efeito o controle do uso dos termos de um vocabulário (KRIEGER e FINATTO, 2004; IENSEN, 2013). O Quadro 3 traz os principais aspectos da área de estudo, a terminologia segundo Krieger e Finatto (2004).

Quadro 3 – Aspectos relevantes para a área de estudos da terminologia.

TERMINOLOGIA	
Verbetes	Prática e teórica
Objeto	Léxico temático/termos
Produto	Léxicos, glossários, dicionários terminológicos mono, bi e multilíngues, banco de dados terminológicos
Natureza	Cognitiva- normalizadora
Objetivos e funções	Repertoriar o léxico temático, ferecer informações terminológicas e conceituais de uma área de conhecimento especializado, delimitar conceitos de um sistema cognitivo específico (homonímia), estabelecer padrões de designação e conceituação em áreas de especialidade (normatização)
Usuário	Específico
ENTRADAS	
Critério de seleção	Pertinência do termo à área de conhecimento/ frequência em menor escala
Tipologia	Verbal: termos simples, compostos, siglas e acrônimos
Tratamento	Manutenção da forma plena e recorrente

Fonte: adaptado de Krieger e Finatto (2004)

A finalidade preferencial de um trabalho de referência especializada é sempre atender às necessidades de informação dos usuários e, o mais relevante em um trabalho aplicado, é que os princípios estejam claros e coerentes com os objetivos que se quer alcançar. Os princípios apresentados no Quadro 3 foram direcionadores da elaboração do glossário proposto.

Cabré (1999) ressalta que a TCT permite uma disposição variável, dependente do público alvo, e que esta, possibilita ordenações diversas – alfabética, temática ou múltipla. Segundo Krieger e Finatto (2004) a nomenclatura de um dicionário especializado pode ser organizada por duas ordens: a temática ou ainda alfabética. No entanto, segundo Iensen (2013) a ordem alfabética por vezes é mais utilizada, mas recomenda-se que sejam oferecidas as duas formas para facilitar a busca pelo usuário.

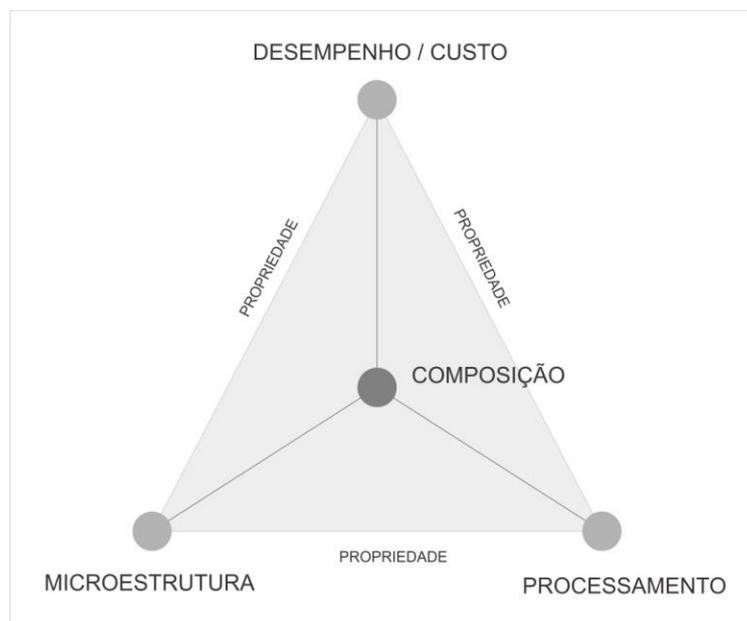
2.3 MATERIAIS E PROCESSO DE SELEÇÃO

Os materiais são parte do cotidiano das pessoas, sendo que não é possível viver sem eles ou isolá-los da cultura da humanidade. O estudo de materiais e de seus processos é relevante em cursos de design e arquitetura e está presente em todos os cursos de engenharia. As propriedades, características e aplicações dos materiais servem de referência e instrumento de

trabalho em diversas áreas e vêm evoluindo, conforme novos materiais surgem (FERRANTE, 2002).

A ciência e engenharia de materiais ganha um campo voltado à invenção de novos materiais e ao aperfeiçoamento dos já conhecidos, conforme mostra a Figura 10, mediante o desenvolvimento da correlação composição – microestrutura – processamento (ASKELAND, 2008).

Figura 10 – Tetraedro de ciência e engenharia de materiais: microestrutura-processamento–propriedade estão inter-relacionados com o desempenho do produto e o custo final desse.



Fonte: adaptado de Askeland (2008)

Conforme indica a Figura 10, o termo estrutura se refere à estrutura do material, ou seja, desde a descrição detalhada do arranjo atômico até a estrutura macro. Já o processamento diz respeito ao modo como os materiais são transformados em componentes úteis e com propriedades adequadas, as quais delimitam o desempenho do produto acabado. No entanto, cientistas e engenheiros de materiais devem estabelecer essa correlação entre propriedades, desempenho e estrutura de um material ou dispositivo, além de sua composição e o modo como foi processado (ASKELAND, 2008).

Diversas formas de classificação para os materiais, levando em consideração aspectos relativos à composição química orgânica e inorgânica, os processos de obtenção e de transformação estão disponíveis através de diversos autores. A classificação proposta por

Askeland (2008) defende a existência de cinco categorias de materiais: metais e ligas, cerâmicos. Ashby e Jones (2007) classificam de forma similar a Askeland (2008), porém com a ausência dos semicondutores e acréscimo dos materiais naturais, como: madeira, couro, algodão e ossos. Já Callister (2007) classifica os materiais como: metais, cerâmicos, polímeros, compósitos, semicondutores e, ainda, biomateriais.

Segundo Ferrante e Walter (2010), as propriedades são atributos que controlam reações aos estímulos externos. De acordo com Callister (2007), algumas das propriedades importantes dos materiais sólidos dependem dos arranjos geométricos dos átomos e também das interações que existem entre os átomos ou moléculas constituintes. Estas microestruturas podem ser caracterizadas, em geral, como estruturas compactas e com rede cristalina (átomos organizados tridimensionalmente). Conforme Lima (2006), o melhor exemplo de materiais que constituem este grupo são os metais.

Para atender às exigências de um projeto, uma peça apresenta um conjunto de propriedades que, segundo Ashby e Jones (2007), farão parte do produto, podendo ser modificadas pelo meio da estrutura, por isso as propriedades mantêm uma relação de dependência com a estrutura interna do material. Segundo Ferrante e Walter (2010), o designer necessita principalmente de conhecimentos voltados à capacidade tecnológica do produto e sua fabricação, para isso, algumas das propriedades devem ser compreendidas pelo designer, como a aplicação dos princípios de resistência dos materiais. Esse trabalho trata justamente desse aspecto da seleção, fornecendo uma base de conhecimento sobre os conceitos, propriedades e tecnologias que permitem a transformação física em produtos de Ferro Fundido.

Os princípios da resistência dos materiais são mais rigorosamente empregados, na medida em que a precisão, o peso mínimo ou o baixo custo tornam-se fatores determinantes de projeto. Conforme Ferrante e Walter (2010), é através de ensaios de tração que se obtém a resistência mecânica (tensão de escoamento), a ductilidade (alongamento) e o módulo elástico em tração (módulo de Young).

O módulo sobre elasticidade, a qual é uma propriedade física do material, sendo a inclinação inicial da curva tensão-deformação obtida em um ensaio de tração, permite calcular um comportamento elástico de um material sob carga. O módulo de elasticidade é

relativamente constante para cada classe de material, ou seja, aproximadamente igual para todos os metais (FERRANTE e WALTER, 2010).

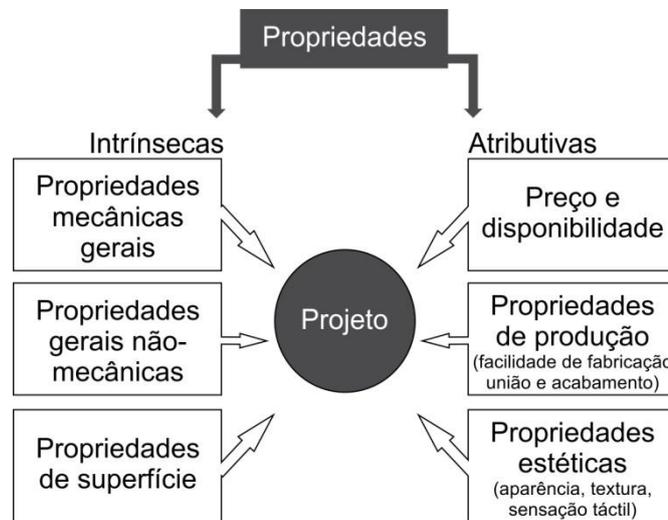
A resistência à tração é avaliada pela ação de forças coaxiais opostas, que partem da estrutura do material para seu exterior tendendo a esticá-lo, como exemplo e mercedores de destaque, têm-se os materiais metálicos, em especial o aço, pela excelente resistência à tração. Já na resistência à compressão, são forças coaxiais opostas que convergem sobre um material tendendo a amassá-lo, correspondendo, portanto, à tensão máxima que um material rígido suporta sob compressão longitudinal. Um bloco de borracha comprimido com os dedos é um exemplo de compressão (TEIXEIRA, 1999).

Já a resistência ao impacto, ou seja, a tenacidade do material define-se como resistência a propagação de trincas, representa a resistência que um material rígido tem ao ser submetido ao impacto em alta velocidade de um corpo. Entre os materiais mais conhecidos, os aços microligados, aços com baixo carbono com até 1% de elementos de adição como alumínio, titânio, nióbio, cobre e níquel, apresentam excelentes níveis de resistência ao impacto, por isso a utilização abundante do aço em carcaças de automóveis (FERRANTE e WALTER, 2010).

A dureza é a resistência que a superfície de um material tem, pois a penetração depende da microestrutura e está intimamente ligada à resistência mecânica. É usada para quantificar atributos, tais como boa resistência à abrasão, riscos e amassaduras, estes determinam aparência, durabilidade, brilho e sensação tátil para um produto. Podem-se citar alguns testes utilizados para testar a dureza em materiais: *Brinell*, o qual uma esfera é forçada para dentro da superfície de um material. *Rockwell C*, o qual possui um cone de sendo forçado para dentro da superfície do material, indicado para materiais mais duros. A dureza *Vickers*, que emprega uma pirâmide de diamante sendo forçado sobre a superfície do material, indicado para todos os tipos de materiais (FERRANTE E WALTER, 2010).

O conhecimento dos materiais, sua estrutura, composição e formas de processamento aplicados ao projeto de produto constituem a tecnologia dos materiais associada à tecnologia de transformação industrial, sendo isso responsável pela racionalização de processos de produção e pela adequação do produto ao uso (TEIXEIRA, 1999). Conforme apresenta o Quadro 4.

Quadro 4 – Como as propriedades dos materiais de engenharia afetam o modo como os produtos são projetados.



Fonte: adaptado de Ashby (2007)

O Quadro 4, adaptado de Ashby (2007), mostra que um projeto envolve diversas considerações, sendo que a escolha de um material deve cumprir certos critérios de propriedades gerais e de superfície, além de ser fácil de fabricar, ser atraente aos consumidores potenciais e concorrer em termos econômicos com outros materiais alternativos. Lembrando também que o desempenho em serviço é determinado não apenas pelo material escolhido, mas também pelas modificações advindas de seu processamento (FERRANTE e WALTER, 2010).

A seleção de um material para uma aplicação específica é um processo minucioso, demorado e caro, quase sempre mais de um material é adequado para uma aplicação e existem muitos fatores ou limitações que devem ser considerados (KARANA et al, 2007). Na etapa de seleção de materiais, que consiste na busca, entre os materiais existentes, do mais adequado ao projeto do produto em questão, através de sucessivas fases de eliminação, de modo a não ignorar possibilidades antes não reconhecidas pela experiência e percepção do projetista (FERRANTE, 2002). A seleção de materiais deve ser uma etapa essencial para o sucesso do produto e, segundo Walter (2006), deve iniciar nas etapas preliminares de projeto, a fim de mitigar erros e conseqüentes retomadas de etapas já nas fases finais. O Quadro 5 apresenta uma compilação diacrônica de diferentes autores e suas propostas sobre quais propriedades são mais relevantes para um projeto de produto.

Quadro 5 – Revisão de diferentes fontes que definem os aspectos eficazes dos materiais para o processo de seleção.

Materials (1967)	Patton (1968)	Esin (1980)	Ashby (1992)	Lindbeck (1995)
Propriedades Mecânicas	Requisitos de Serviço	Requisitos de Produção	Propriedades Gerais	Propriedades Mecânicas
Custo	Requisitos de Fabricação	Requisitos Econômicos	Propriedades Mecânicas	Propriedades Físicas
	Requisitos Econômicos	Manutenção	Propriedades Térmicas	Propriedades Químicas
			DesgasteCorrosão/Oxidação	Propriedades Elétricas
				Propriedades Acústicas
				Propriedades Óticas
Budinski (1996)	Managonon (1999)	Ashby & Johnson (2002)	Ashby (2005)	
Propriedades Químicas	Fatores Físicos	Atributos Gerais	Propriedades Gerais	
Propriedades Físicas	Fatores Mecânicos	Atributos Técnicos	Propriedades MecânicasP	
Propriedades Mecânicas	Processamento e Fabricabilidade	Atributos Ecológicos	Propriedades Térmicas	
Propriedades Dimensionais	Fatores da vida dos componentes	Atributos Estéticos	Propriedades Elétricas	
Questões de negócios	Códigos, Regulamentos e Outros		Propriedades Óticas	
	Perfil de Propriedades		Propriedades Ecológicas	
	Perfil de Processos		Resistência Ambiental	
	Perfil de Aspectos Ambientais			

Fonte: adaptado de Karana et al (2007)

No Quadro 5, nota-se que grande parte dos autores ressalta a importância das propriedades técnicas de um material, Lindbeck, por exemplo, acrescenta que as propriedades mecânicas são especialmente importantes, pois são indicadores de força, produtividade e durabilidade. Budinski acrescenta uma categoria - propriedades dimensionais. Ele ressalta que o tamanho, a forma, o acabamento e as tolerâncias em relação aos materiais são, muitas vezes, os fatores mais importantes de seleção. Além destes, Mangonon cita mais três aspectos que devem ser levados em consideração: “vida útil”; custo e disponibilidade; códigos, estatutos e outros. Ashby e Johnson, mais adiante, são os primeiros autores a mencionar também atributos estéticos em sua lista de propriedades materiais para designers. Com isto, eles redefinem sua lista de exigências, acrescentando algumas questões intangíveis como: estética, perceptiva e intuitiva (KARANA et al, 2007).

Karana et al (2007) realiza um estudo com designers da Turquia para fornecer diretrizes sobre os tipos de dados necessários e como estes devem ser apresentados. Tal pesquisa foi efetuada com 20 designers e as técnicas utilizadas para consultar os grupos foram pesquisas e questionários. Os autores apresentam em seus resultados os aspectos relevantes dos materiais para o designer em projeto de produto, colocando em primeiro lugar as características sensoriais do material – visão, tato, sons, cheiro e sabor – e, em segundo, as intangíveis – valores percebidos, associações, emoções, significados culturais, movimentos de design e tendências. Em terceiro lugar, Karana et al (2007) destacam as características técnicas, processos de produção, volume de produção; adequação às técnicas de produção existentes,

durabilidade e custo de produção. As notas de design aparecem em quarto lugar, propondo informações como: aplicações típicas; limitações – forma, combinação de materiais e regulamentos; notas ambientais; materiais similares; e comentários de designers. Destas, muito relevantes são as aplicações típicas, materiais similares, e reciclabilidade (nota ambiental), pois as demais são informações em texto extenso e não necessárias em uma pesquisa primária.

A seleção de materiais está condicionada apenas aos materiais que o projetista tem disponível. Muitas informações são disponibilizadas pela Internet, em manuais e materiais publicitários de fornecedores. Entretanto, estas não estão adequadas para uso do designer, dificultando a investigação e comparação entre os materiais (WALTER, 2006). É válido frisar que, em vários estágios do projeto, o usuário (designer) pode recorrer a um método, pois a atividade de seleção de materiais pode ser executada tendo múltiplos objetivos em mente, verificando necessidades distintas de utilização dos métodos de seleção.

Nessa pesquisa foram utilizados alguns dos critérios de seleção de materiais estipulados por Ferrante e Walter (2010) e Karana et al (2007), para os quais esses critérios são fundamentais e devem ser levados em consideração durante um processo de seleção de material:

- a) Considerações dimensionais e forma: intenciona viabilizar a produção do produto de acordo com determinações muitas vezes limitadas para sua execução, alguns materiais podem restringir as suas possibilidades dependendo da forma;
- b) Considerações de peso: relaciona-se principalmente com a densidade do material, que influencia na estabilidade ou equilíbrio do produto, ergonomia, etc.;
- c) Considerações de resistência mecânica: procura informar a respeito da performance compatível com a ação de forças aplicadas sob o produto, ou seja, sua fragilidade;
- d) Resistência ao desgaste: relaciona-se à minimização do desgaste e à maximização do consumo(uso) de determinada peça;
- e) Facilidade de fabricação: condiciona-se a informar sobre a praticidade nas etapas de fabricação;

- f) Requisitos de durabilidade: refere-se ao ciclo de vida do material e depende do meio em que o material será exposto;
- g) Número de unidades: refere-se à minimização de custos de produção de acordo com o número de peças produzidas;
- h) Custo: condiciona-se a uma redução ou ampliação de investimentos de projeto;
- i) Viabilidade de reciclagem: caracteriza-se pela escolha de matérias primas passíveis de reprocessamento;
- j) Grau de normalização: exigências indispensáveis, previamente definidas e regulamentadas a produtos de aplicações específicas;

Quanto à classe de materiais, segundo Ferrante e Walter (2010), os metais são os elementos mais utilizados, tanto em variedade de aplicações como em quantidade produzida, além de constituírem a quase totalidade dos materiais estruturais. O uso apropriado e bem planejado destes materiais deve facilitar tanto a montagem quanto a desmontagem dos componentes dos produtos, principalmente no momento do descarte, facilitando assim sua reciclagem e visando sua reutilização.

Para a execução do projeto dessa dissertação foi realizado um recorte para metais ferrosos, especificamente os ferros fundidos (FoFos) como estudo de caso para exemplificar o sistema informacional, uma vez que o escopo de todos os materiais é muito amplo.

2.3.1 Materiais Metálicos

Entre os elementos químicos, os metais são os que constituem o maior grupo. Atualmente são conhecidos 109 elementos químicos, dos quais 88 são metais (KLIAGUA e FERRANTE, 2009). Os metais são subdivididos em duas classes principais: os metais ferrosos e os não-ferrosos (CALLISTER, 2007; ASKELAND, 2008; LESKO, 2004).

Os metais não ferrosos compõem uma grande parcela dos materiais. Esses metais oferecem uma infinidade de propriedades tanto mecânicas quanto físicas além de possuírem variados pontos de fusão, alguns exemplos desses materiais são o alumínio, cobre, zinco, estanho, metais refratários, titânico e outros.

Os metais ferrosos são solidificados a partir do estado líquido, quando isso ocorre, sua rede cristalina é formada, podendo constituir-se em Cúbica de Corpo Centrado (CCC), Cúbica de Face Centrada (CFC) ainda tetragonal de corpo centrado (TCC), esse arranjo é determinado pela presença de teor de carbono de pelo menos 0,3%, e por uma alta taxa de resfriamento do líquido para o sólido que irá determinar se o metal será frágil e tensionado ou macio e dúctil. Como exemplo desses materiais tem-se o ferro, o ferro fundido e os aços (LESKO, 2004, CALLISTER, 2007).

Os materiais metálicos possuem uma série de características que os distinguem dos demais como, por exemplo: brilho, boa condutividade térmica e elétrica, ductilidade (favorecendo os processos de conformação mecânica), capacidade de resistir a choques e a esforços de tração, reciclagem, tecnologias de fabricação e condições de uso conhecidos (ASKELAND, 2008; FERRANTE e WALTER, 2010).

Esses materiais sempre contribuíram para a sociedade, mas como e em que momento eles estiveram disponíveis para serem manipulados pelo homem? Segundo Callister (2007) e Ashby (2005), é clara a influência dos materiais em todos os períodos da história da humanidade. Tem-se a hipótese de que, ao procurar pedras para a elaboração de armas e utensílios ainda na Idade de Pedra (6 000 a.C.), o homem encontrava ouro ou prata, que estavam na natureza em estado puro, ou seja, já metálico e não combinado com outros compostos, como por exemplo, o cobre que pode ser encontrado em minerais altamente identificáveis, por serem intensamente brilhantes e coloridos em diversas tonalidades como a calcosita (Cu_2S) ou a cuprita (Cu_2O), entre outros (CANTO, 2004; ESPERIDÃO E NOBREGA, 2010).

A palavra ferro tem origem no latim *Ferrum*. O primeiro povo a dominá-lo foi os hititas na Ásia Menor (atual Turquia), por volta de 6.000 a 4.000 anos a.C.. O ferro é encontrado quase sempre combinado com outros elementos, porém há indícios de sua substância ser oriunda de pequenos e raros meteoritos, era um metal muito mais duro do que o bronze. Acredita-se que quando usaram pedras de minério de ferro para proteger uma fogueira, estas, após aquecidas, transformaram-se em bolinhas brilhantes. O calor da fogueira quebrou as pedras e amoleceu o metal. Assim, a partir do momento em que o homem conseguiu atingir a temperatura de fusão do minério de ferro e reduziu o mesmo, teve início a Idade do Ferro, considerada um marco tecnológico e cultural (PINTO, 2002; CANTO, 2004; NAVARRO, 2006; ESPERIDÃO E NOBREGA, 2010).

Assim, houve a possibilidade de aumentar a capacidade de se trabalhar com novos materiais, somando-se ao cobre, ouro, prata e bronze. Foi nesta fase que o ferro permitiu o desenvolvimento de um número maior de armas, para abastecer os grandes exércitos da antiguidade (PINSKY, 2011).

Esse material possui como principal inconveniência a corrosão, por isso, crê-se na existência de baixas manifestações de peças de ferro com datação arqueológica mais antiga que a considerada Idade do ferro, estes objetos geralmente possuem maior quantidade de outros materiais do que propriamente o ferro (NAVARRO, 2006). Visando aprimorar este efeito corrosivo, o ferro começou a ser aquecido em fornos primitivos abaixo do seu ponto de fusão, separando, assim, as impurezas com menor ponto de fusão eram descoladas para a superfície e removidas sob a forma de escória, restando uma esponja de ferro, a qual era moldada na bigorna, produzindo ferramentas e utensílios, através da técnica até então conhecida por metalurgia. Seguindo este caminho, por volta de 400 a.C. , foi desenvolvido um tratamento térmico, conhecido até hoje por revenido, que consiste em aquecer o metal a uma temperatura conveniente tornando-o menos frágil. Com a sua aplicação, melhoraram a produção de pontas de lanças e espadas. Desse modo, o ferro passou a ter maiores responsabilidades e ganhar mais espaço entre os metais já existentes na época (PINTO, 2002; CANTO, 2004, NAVARRO, 2006).

O ferro possui uma coloração cinza e pode ser considerado feio, mas não necessita de técnicas elaboradas para se transformar em artefatos. Para tanto, basta que seja fundido ou mesmo martelado quando aquecido. Esses minerais eram utilizados primeiramente como pigmentos cerâmicos, antes da descoberta de obtenção do cobre que foi facilmente moldado pelo homem, por ser um material com alto grau de maleabilidade, com cor e intenso brilho, assim como o ouro, eram muito utilizados para adornos (PINTO, 2002; CANTO, 2004).

A obtenção do metal, a partir do minério, passa pela mineração e pela transformação metalúrgica. No caso do ferro e do aço, passa pela siderurgia. A metalurgia tem por objetivo a extração dos metais dos seus minérios, a transformação e a conformação de produtos metálicos para um melhor uso pelo homem. A extração de metais, a partir de seus minérios, é feita quase sempre por meio de um forte aquecimento, em presença de coque (carvão de pedra) ou carvão de madeira (vegetal), em fornos adequados. O processo de redução, com a presença de carbono, acontece, também, nesses fornos. Depois de refinados, os metais

constituem matéria prima para a fabricação de produtos metálicos diversos (COLPAERT, 1974).

Para produzir um produto de material metálico, buscando conhecer e manipular suas propriedades através de um processo de produção, é importante a compreensão do tetraedro da engenharia de materiais, conforme mencionado anteriormente, o qual indica o desenvolvimento da correlação composição – microestrutura – processamento – desempenho, ou seja, para processá-lo, é preciso conhecer sua microestrutura (ASKELAND, 2008).

Segundo Ashby e Jones (2007), na microestrutura dos metais, na maioria dos casos, os átomos são empacotados em simples estruturas cristalinas: cúbica de face centrada (CFC), cúbica de corpo centrado (CCC) ou hexagonal compacta (HC). Alguns deles podem ter mais de uma estrutura cristalina, como, exemplo o ferro (CCC e CFC) e o titânio (HC e CCC). Os metais utilizados como matéria-prima não são formados de cristais únicos, mas sim de uma junção de vários cristais, denominados grãos, com diferentes orientações unidos por interfaces chamadas de contorno de grão. Estas regiões podem ser entendidas como um volume em que a ordem cristalina é interrompida, ou também considerado como um defeito na estrutura (KLIAGUA E FERRANTE, 2009). Outros defeitos na microestrutura em materiais metálicos que alteram suas propriedades são: lacunas átomos substitucionais (substituindo um átomo na rede cristalina) ou átomos intersticiais, as discordâncias, as falhas de empilhamento ou a presença de partículas de segunda fase como precipitados e inclusões (KLIAGUA E FERRANTE, 2009; CALLISTER, 2007).

Utilizam-se poucos metais em estado puro, geralmente, adiciona-se a eles outros elementos que os transformam em ligas, conferindo assim melhores propriedades mecânicas, como tensão de escoamento e tensão máxima de tração. Conforme Ashby e Jones (2007), esses elementos de liga se misturam no metal - base para formar solução sólida, que consiste em, pelo menos, dois tipos diferentes de átomos. Os átomos de soluto ocupam posições substitutivas ou intersticiais na rede cristalina do solvente, sendo que a estrutura cristalina do solvente é mantida (CALLISTER, 2007). Assim, as soluções e compostos sólidos, denominados fases, podem ser definidos como uma porção homogênea de um sistema que possui características físicas e químicas uniformes. As fases interagem de maneira que as combinações das propriedades tornam-se mais atrativas que um sistema de fase individual (CALLISTER, 2007).

O sistema de fases que apresenta as ligas ferrosas Ferro - Carbetto de Ferro ($\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$), é aquele em que o ferro é o constituinte principal. Essas ligas são produzidas em maior quantidade do que qualquer outro tipo de metal e nelas estão incluídos os aços carbono comuns, os ferros fundidos. Conforme Callister (2007), tanto os aços como os ferros fundidos, são os principais materiais estruturais em toda e qualquer cultura tecnologicamente avançada.

2.3.2 Metais Ferrosos

Na natureza, os metais ferrosos aparecem, geralmente, compostos sob a forma de óxidos, ou minérios. Segundo Mourão (2007) pode-se encontrar minérios hematíticos, magnetíticos, ilmeníticos, limoníticos, entre outros. Os mais importantes são os hematíticos (Fe_2O_3) e os magnetíticos (Fe_3O_4). Para que aconteça a exploração economicamente viável, os minérios devem estar concentrados em jazidas que, dificilmente, são encontradas puras. Os minérios mais utilizados no Brasil são os hematíticos, e as principais jazidas encontram-se no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais; na Serra dos Carajás, no Pará; e no Maciço do Urucum, no Mato Grosso do Sul.

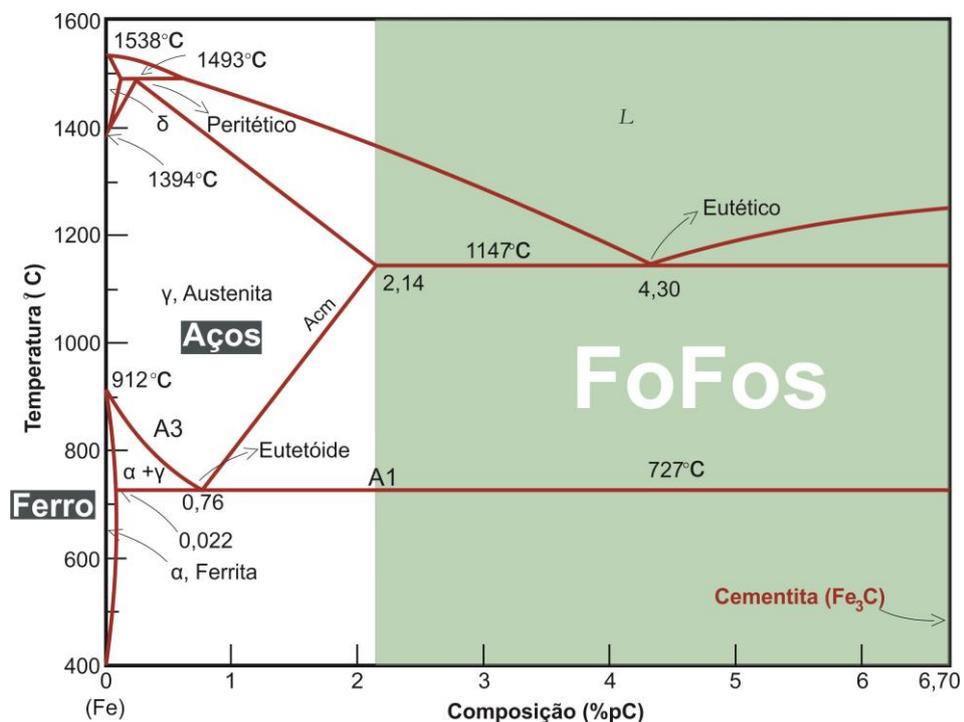
O ferro é um metal de fácil processamento, abundante e caracteriza-se por ligar-se com muitos outros elementos metálicos e não-metálicos, sendo o principal deles o carbono (CHIAVERINI, 2012). A transformação de minérios, como a hematita, por exemplo, em matéria industrial se dá através de processo siderúrgico, o qual permite a obtenção de liga constituída de ferro e carbono (ferro fundido e suas ligas) e posterior derivações em produtos siderúrgicos (aços ligados). Além do mais, as ligas ferrosas podem ser submetidas a operações de tratamento térmico que modificam profundamente as suas propriedades mecânicas e possibilitam sua aplicação sob as mais variadas condições de serviço (CHIAVERINI, 2012, FERRANTE e WALTER, 2010).

Segundo Colpaert (1974), entende-se por produtos siderúrgicos comuns aqueles constituídos por ligas de ferro carbono, com teor de carbono compreendido entre 0,022 e 6,7% (e industrialmente entre 0,02 e 4,5%). Os mais importantes são os aços e os ferros fundidos, também conhecidos por FoFos, sendo que há outras classes de produtos de emprego mais reduzido, que são o ferro pudlado, o “ferro de pacote”, o ferro esponja e o ferro eletrolítico.

Os aços e os ferros fundidos são obtidos por via líquida, ou seja, são elaborados no estado fundido. O que define se o metal é aço ou ferro fundido é o teor de carbono utilizado. O ferro comercialmente puro contém menos do que 0,008%p C, consideram-se aços os metais que contém de 0,02 a 2,14% de carbono, são classificadas como aços, mas, na prática, as concentrações de carbono raramente excedem 1,0%p C. Já os ferros fundidos apresentam teor de carbono de 2,14 a 6,7%. Existem aços e ferros fundidos especiais, em que são adicionados elementos de liga que contém, por exemplo: manganês, níquel, vanádio, tungstênio, molibidênio, silício, alumínio e cromo (ASKELAND, 2008, CALLISTER, 2007, CHIAVERINI, 2012).

Para compreender o estado em condições de equilíbrio, bem como ter o controle da estrutura das fases de um sistema, além de velocidade ou taxa segundo a qual certas condições são estabelecidas, proporcionando informações termodinâmicas, mas não cinéticas, usa-se o diagrama de fases ou diagrama de equilíbrio, apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Diagrama de Fases para o sistema Ferro - Carbetto de Ferro (Fe – Fe₃C).



Fonte: adaptado de Callister (2007)

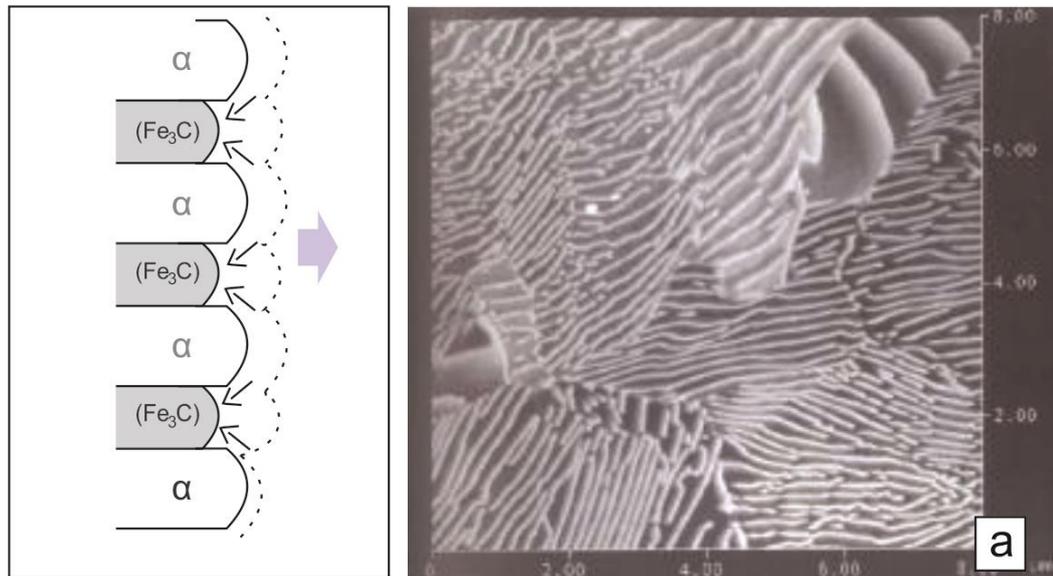
Segundo Callister (2007), de todos os sistemas de ligas binárias, o formado por ligas ferro e cementita é possivelmente o mais importante. No diagrama apresentado na Figura 11,

o carbono é átomo intersticial no ferro e forma uma solução sólida. Tanto o ferro α (ferrita, CCC) quanto o ferro γ (austenita, CFC) são duas fases presentes a temperatura ambiente juntamente com o Fe_3C (cementita). A cementita (Fe_3C) forma-se quando é excedido o limite de solubilidade do carbono na ferrita, ocorre a temperaturas abaixo de 727° e 1147° C, à temperatura ambiente, ela permanecerá como um composto, no entanto, quando aquecida até entre 650 e 700° C, ela se transformará em ferro α e carbono, na forma de grafite, estes irão permanecer após um subsequente resfriamento até a temperatura ambiente, o Fe_3C tem 6,67% de carbono e é extremamente duro e frágil como uma cerâmica (CALLISTER, 2007). Este microconstituente, conforme cita Askeland (2008), está presente em todos os aços comerciais, e com o viés de ajustar as propriedades mecânicas são feitos tratamentos térmicos para controlar a quantidade, o tamanho e a forma da cementita.

Na ferrita, somente pequenas concentrações de carbono são solúveis (solubilidade máxima de 0,022%p a 727°C). Esta fase é relativamente macia. A austenita, quando ligada somente com carbono, não é estável a uma temperatura inferior à 727° C, sendo a solubilidade máxima do carbono na austenita de 2,14 % peso, à temperatura de 1147° C. Convém ressaltar que a austenita é não-magnética e a ferrita é ferromagnética (CALLISTER, 2007). Na região do diagrama correspondente aos aços, observam-se a linha de transformação A3 que representa as temperaturas nas quais a ferrita começa a se formar no resfriamento; a linha Acm que corresponde às temperaturas nas quais a cementita começa a se formar no resfriamento; e a linha A1 que representa a temperatura eutetóide, na qual ocorre a formação da perlita, as ligas dentro dessa faixa de composição (FoFos) se tornam completamente líquidas a temperaturas entre aproximadamente 1150° e 1300°C , consideravelmente mais baixo que os aços, assim, são derretidos com facilidade e aptos para fundição, a técnica de fabricação mais conveniente (CALLISTER, 2007; ASKELAND, 2008).

A perlita é um importante microconstituente dos aços. A perlita ocorre através do crescimento cooperativo sob a forma de placas paralelas de ferrita e cementita (COLPAERT, 2008), conforme representa a Figura 12.

Figura 12 – Representação esquemática da constituição da cementita e imagem de Microscopia de Força Atômica de perlita em aço eutetóide



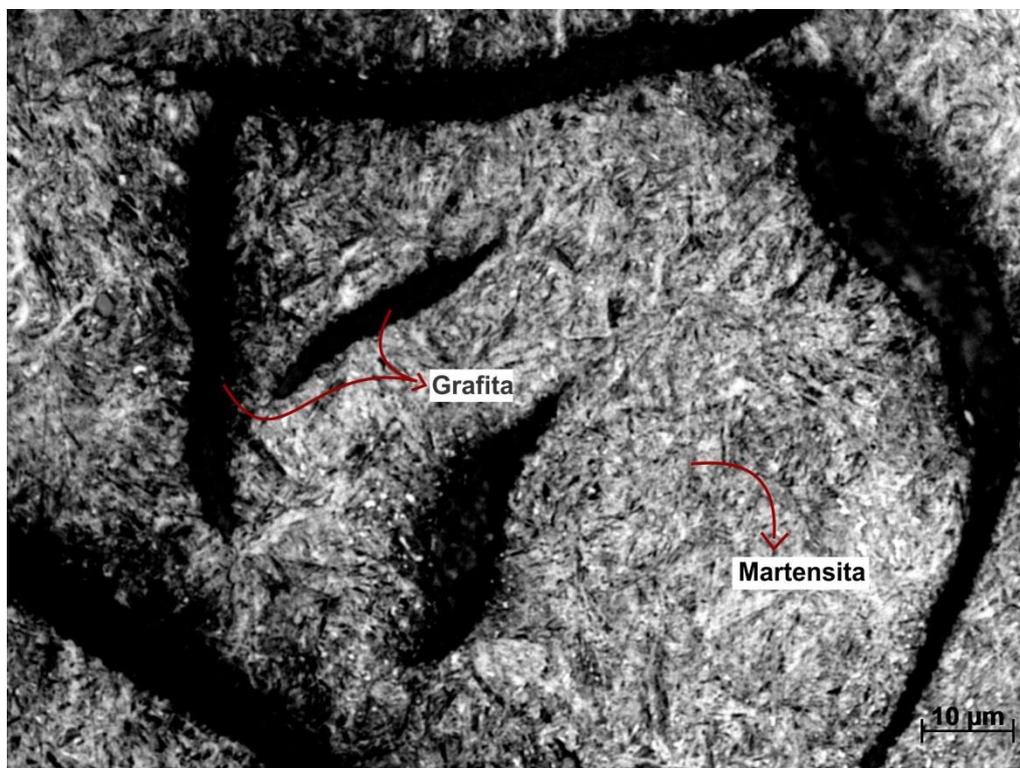
(a) Como indicam as setas finas, o carbono se difunde saindo da região ferrita e indo para a região Fe_3C , a seta larga indica a direção de crescimento da colônia de perlita. (b) Colônias de perlita, a cementita apresenta-se em relevo, mais alta que a ferrita.

Fonte: adaptado de Colpaert (2008)

A Figura 12 apresenta um exemplo de microestrutura perlítica adaptado de Colpaert (2008). O espaçamento entre as lamelas é afetado pela temperatura em que a perlita é formada ou pela velocidade do resfriamento. No caso da imagem de Microscopia de Força Atômica (a), apresenta uma perlita em aço eutetóide, ataque em Nital 2%.

A martensita, segundo Askeland (2008), resulta de uma transformação no estado sólido na ausência de difusão. Ocorre um rápido cisalhamento da rede cristalina e a nova fase se forma. Foi denominada martensita por Floris Osmond, em 1895, em homenagem ao metalurgista alemão Adolf Martens. A martensita não aparece no diagrama de fases por não ser uma fase de equilíbrio. A martensita é supersaturada em carbono, uma vez que a ferrita normalmente contém menos do que 0,0218% C à temperatura ambiente (COLPAERT, 2008; CHIAVERINI (2012). A Figura 13 apresenta o aspecto microscópico da martensita formado por placas e ripas.

Figura 13 – Micrografia da constituição da martensita em um FoFo cinzento tratado termicamente.
Parâmetros de operação em MO: Objetiva 100x Ataque Nital 2%.



Fonte: registro da autora.

A martensita (TTC) é muito dura e frágil. Quando o teor de carbono é baixo, a martensita cresce na forma de ripas, como placas estreitas que crescem lado a lado; com baixo teor de carbono, ela não é muito dura. Com teor maior de carbono, a martensita cresce na forma de placas planas e estreitas em vez de ripas, com essa microestrutura, conforme apresenta a Figura 13, a dureza máxima da martensita de alto C é 67 HRc segundo Chiaverini (2012).

Perante a variedade de tipos de aços disponíveis no mercado, foram criados sistemas de classificação, os quais são periodicamente submetidos à revisão (CHIAVERINI, 2012): podem ser classificados pela sua composição, como aços-carbono e aços-liga; processo de acabamento, como aços laminados a quente ou aços laminados a frio; assim como pela forma do produto acabado, como barras, chapas grossas, chapas finas, tiras, tubos ou perfis estruturais. A mais generalizada, citada por Chiaverini (2012), que, inclusive, serviu de base para a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é a que considera a composição

química dos aços, dentre os sistemas mais conhecidos são os da *American Iron and Steel Institute* (AISI) e da *Society of Automotive Engineers* (SAE).

2.3.3 Tratamentos Térmicos

Os metais ferrosos, em geral, são submetidos a processos de tratamentos térmicos, que vem a ser um conjunto de operações de aquecimento sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de esfriamento, as quais modificam, em maior ou menor escala, sua estrutura, com o objetivo de modificar suas propriedades ou atribuir característica específica e desejada aos materiais, tais como: remoção de tensões (oriundas de esfriamento, trabalho mecânico, outros), aumento ou diminuição da dureza, aumento da resistência mecânica, melhora na ductilidade, na usinabilidade, na resistência ao desgaste, a corrosão e ao calor, melhora nas propriedades de corte; melhora da resistência à corrosão, modificação das propriedades elétricas e magnéticas (CHIAVERINI, 1987) .

Os tratamentos térmicos são aplicados nos ferros fundidos com o objetivo de eliminar tensões residuais, melhorar a usinabilidade, homogeneizar as propriedades da peça, decompor os carbonetos, aumentar a tenacidade, a resistência mecânica e o desgaste. Os principais tipos de tratamentos aplicados nos FoFos, segundo Chiaverini (1987) e Guesser (2009), são:

Alívio de tensões: é o tratamento térmico mais generalizado, objetiva-se com esse tratamento remover as tensões residuais que foram introduzidas na peça em etapas anteriores, causadas geralmente pela diferença de temperatura entre diferentes regiões da peça, conduzindo a diferentes contrações. A presença dessas tensões pode diminuir a resistência a solicitações externas, ou conduzir à deformação na usinagem, modificando suas dimensões. Este tratamento consiste na exposição da peça a temperaturas suficientemente altas para que as tensões sejam superiores ao limite de escoamento, aliviando-as por deformação plástica. A velocidade de aquecimento geralmente é lenta, para evitar o trincamento da peça durante essa etapa; o resfriamento também é feito em velocidade lenta para evitar uma nova introdução de tensões.

Recozimento Pleno: é utilizado com o objetivo de remover tensões devidas aos tratamentos mecânicos a frio ou a quente, diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade, alterar as propriedades mecânicas, modificar características elétricas e magnéticas, ajustar o

tamanho de grão, regularizar a textura bruta de fusão, remover gases, entre outros. (CHIAVERINI, 1987). Consiste no aquecimento do aço acima ou dentro da zona crítica, seguido de um resfriamento lento, por exemplo, dentro do forno (COLPAERT, 2008).

O recozimento pleno em FoFos procura realizar a decomposição de carbonetos que ocorrem associados à segregação de elementos de liga, ou principalmente em seções finas em FoFos cinzentos ou nodulares. Com o emprego desse tratamento, ocorre a transformação de fase de Fe_3C para Austenita + grafita. O recozimento pode ser de ferritização, que visa obter uma matriz completamente ferrítica. E o recozimento pleno que efetua-se a austenitização, seguida de resfriamento lento, de modo que ocorra transformação eutetóide, resultando em matriz ferrítica.

Normalização: é o tratamento térmico indicado para obter uma estrutura homogênea e refinada. Este tratamento consiste no aquecimento do aço a uma temperatura acima da zona crítica, seguido do resfriamento ao ar. A normalização é aplicada em peças depois de laminadas ou forjadas, também usada como tratamento preliminar à têmpera e ao revenido, reduz a tendência ao empenamento e facilita a solução de carbonetos e elementos de liga (CHIAVERINI, 1987).

A normalização em FoFos objetiva aumentar a resistência mecânica ou então homogeneizar as propriedades mecânicas na peça. Efetua-se austenitização, seguida do resfriamento em condições específicas para atingir a microestrutura e dureza desejada. Este tratamento resulta em uma microestrutura tipo olho de boi, com perlita e ferrita, numa proporção dependente da velocidade de resfriamento, por exemplo, com resfriamento ao ar, obtém-se uma matriz completamente perlítica (COLPAERT, 2008).

O tratamento de Têmpera consiste no aquecimento do aço até sua temperatura de austenitização (entre 815° e $870^\circ C$), seguido do resfriamento rápido (CHIAVERINI, 1987). Os meios mais comuns de resfriamento são líquidos ou gasosos. No caso dos líquidos, os mais usados são: água, água contendo sal ou aditivos cáusticos, óleo ou soluções aquosas de polímeros. Os meios gasosos mais comuns são: gases inertes como nitrogênio, hélio e argônio, além do ar. Os objetivos desse tratamento, tendo em vista as propriedades mecânicas, são: aumento da dureza do aço e resistência à tração, redução da ductilidade, tenacidade e o aparecimento de apreciáveis tensões internas, que, se não forem bem controladas, podem ocasionar deformação, empenamento e fissuração (CHIAVERINI, 2012).

O Revenido normalmente acompanha a têmpera, pois elimina a maioria dos inconvenientes produzidos por esta, além de aliviar ou remover tensões internas, corrige as excessivas dureza e fragilidade do material, aumentando sua ductilidade e resistência ao choque (CHIAVERINI, 2012). Em alguns casos, como em aços ferramenta, por exemplo, pode ocorrer aumento da dureza no revenido, causado principalmente por endurecimento ou precipitação (COLPAERT, 2008). Na operação de revenido, é muito importante a temperatura do tratamento e o tempo de permanência à temperatura considerada (CHIAVERINI, 2012).

A têmpera e o revenido em FoFos são tratamentos realizados com o objetivo de aumentar a resistência mecânica e eventualmente a resistência ao desgaste. Esse tratamento envolve austenitização e resfriamento rápido, geralmente em óleo ou água. A temperabilidade pode ser aumentada com o uso de elementos de liga, destacando-se o manganês, o níquel e, principalmente, o molibdênio para FoFo nodular. No tratamento térmico de revenido, a temperaturas mais elevadas, ocorre decomposição dos carbonetos, geralmente em torno de nódulos, formando grafita.

2.3.4 Ferros Fundidos

A *Art Nouveau*, no século XX, foi um movimento que intensificou a utilização do ferro fundido, pois foi um período de ruptura com as técnicas construtivas tradicionais, utilizadas principalmente nas edificações. Um exemplo clássico é a entrada da estação de metrô de Paris (*Métropolitain*). Nesse período, os metais ferrosos foram amplamente empregados e incorporados às edificações, atribuindo provisoriamente, transparência e leveza, representando o “moderno” (DAMETTO, 2009). A principal característica da *Arte Noveau* era retratar-se com linhas em movimento, dando valor às formas. Essa possibilidade de se trabalhar formas fluidas e complexas é um atributo que agrega valor ao ferro fundido, especialmente para o desenvolvimento de produto. A Figura 14 traz aplicações que podem ser produzidas com ferro fundido.

Figura 14 – Exemplos de complexidade de morfologias que podem ser produzidas com ferro fundido



(a) Pedestal para luminária em praça pública de Porto Alegre/RS (b) Detalhe de um elemento com complexidade de detalhes, portão em Porto Alegre/RS.

Fonte: registro da autora.

A Figura 14 (a) ilustra elemento utilizado em áreas externas e com morfologias complexas, (b) detalhe de uma flor mostra as possibilidades de se trabalhar com o ferro fundido. A identificação visual de produtos em ferro fundido é mais simples do que a do aço e outros ferros. Normalmente a superfície do ferro fundido é mais granulada, em razão dos moldes de areia ou argila (DAMETTO, 2009).

O ferro fundido é designado, segundo Chiaverini (2012), da seguinte forma: “são ligas de ferro-carbono-silício, de teores de carbono, geralmente acima de 2,0%, em quantidades superiores às retidas em solução sólida na austenita, de modo a resultar carbono parcialmente livre, na forma de veios ou lamelas de grafita” (CHIAVERINI, 2012 p. 494).

Para a produção de ferro fundido, geralmente, é utilizado o forno cubilô, um forno refratário cilíndrico vertical, externamente revestido de aço contendo uma bica de vazamento na base. A matéria-prima geralmente é composta por uma mistura de sucata de aço, ferro-gusa, calcário (para separar as impurezas), ferro-silício, ferro-manganês, utiliza-se o coque como combustível. A carga metálica e o coque descem e os gases sobem, depositando o metal fundido que escorre por uma calha de vazamento. Nessa calha há uma bacia separando a escória do metal, esta flutua e escorre lateralmente para a panela de fundição. Esse forno é

mais simples já que não permite um controle rigoroso da composição química do metal. Por isso, ele é empregado para a produção de ferro fundido que será usado na fabricação de peças que não sofrerão grandes esforços (MOURÃO, 2007; GROOVER, 2014).

Segundo Chiaverini (2012), são dois os fatores principais que influenciam na estrutura dos FoFos: a composição química e a velocidade de resfriamento. Na composição química, a presença de certos elementos de liga pode mudar a forma como o carbono se deposita, alterando assim as propriedades do material, os principais elementos adicionais, segundo Colpaert (2008) e Chiaverini (2012), são:

Carbono (C): é o elemento que mais influencia na estrutura junto com o Si, o carbono determina a quantidade de grafita que se pode formar, geralmente está compreendido entre 2,0 e 4,0 % nos produtos industriais.

Silício (Si): é essencialmente elemento grafitizante, favorece a decomposição do carboneto de ferro; o Si reduz a estabilidade da cementita, favorecendo a sua decomposição em ferrita e grafita. Seu uso deve ser limitado para obter uma melhor resistência mecânica.

Manganês (Mn): este elemento dificulta a decomposição da cementita; em teores elevados, pode anular o efeito do Si. Sua principal função nos FoFos é neutralizar a ação do enxofre (S), também atua como dessulfurante, tem efeito oposto ao do Si, produz estrutura com matriz predominantemente perlítica.

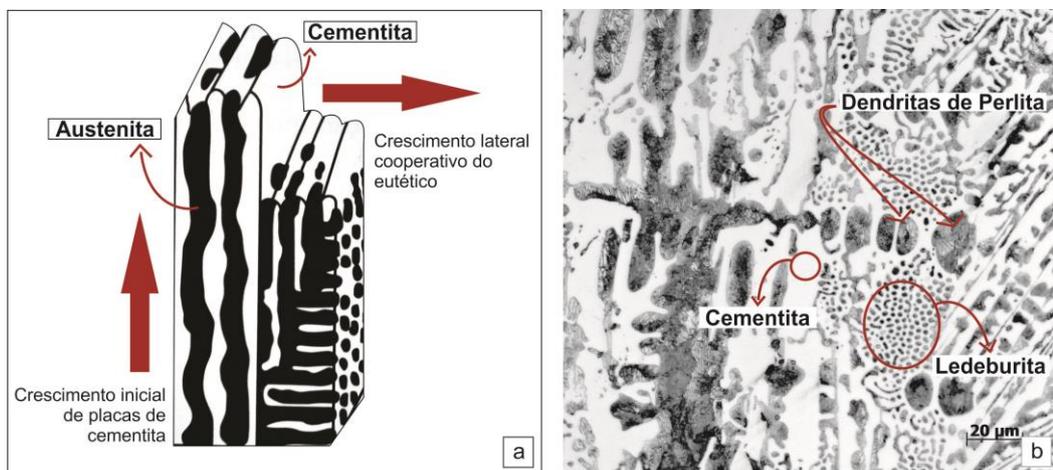
Enxofre (S) e Fósforo (P): são impurezas, o S tem papel importante na morfologia da grafita, e o P funciona como grafitizante quando em baixa porcentagem e alta resistência ao desgaste; são importantes para a garantia das propriedades mecânicas desejadas.

O processo de fundição é realizado em moldes. Feito após o posicionamento do macho (quando utilizado) e o travamento das duas metades do molde, sendo este separado após a solidificação e resfriamento (GROOVER, 2014). A velocidade de resfriamento, que ocorre durante a solidificação no interior dos moldes, é determinada pela espessura das peças moldadas - seções espessas- deve-se utilizar velocidade de resfriamento relativamente lenta, ao contrário de seções finas, que devem ser produzidas com velocidades rápidas. Com o resfriamento lento, em seções mais espessas, ocorre grafitização, dependendo do teor de silício, sendo a estrutura constituída de perlita e grafita, para este fim utiliza-se moldes de areia como o processo *Shell-molding*. Quando o resfriamento é rápido, tem pouco tempo para

a decomposição da cementita, por isso, dependendo dos teores de carbono e de silício, ocorre pouco ou nenhuma grafitização, então, há tendência para formar ferro fundido branco. São chamadas, na prática, seções coquilhadas. (CHIAVERINI, 2012, GROOVER, 2014).

Os ferros fundidos brancos podem ser hipoeutéticos, eutéticos ou hipereutéticos, com o valor eutético definido pelo ponto de equilíbrio entre a austenita e a cementita (aproximadamente 4,3%). Quando o ferro fundido eutético é solidificado, há formação de uma estrutura com fundo de cementita e glóbulos de austenita, denominada ledeburita. Continuando o resfriamento, abaixo de 727°C, permanecerá somente a ledeburita, composta por glóbulos de perlita sobre fundo de cementita. Um ferro fundido hipoeutético deve apresentar áreas de perlita, ledeburita e cementita. Um ferro fundido hipereutético apresenta cristais de cementita em forma de agulhas sobre fundo de ledeburita (COLPAERT, 2008 e GUESSER, 2010). A Figura 15 demonstra um esquema da formação da ledeburita e uma imagem da microestrutura.

Figura 15 – Representação esquemática da constituição da ledeburita e imagem de um FoFo branco hipoeutético.



Modelo esquemático da formação da ledeburita (b) Aspecto ampliado da microestrutura da ledeburita.

Parâmetros de operação em MO: Objetiva 50x Ataque Nital 2%.

Fonte: (a) adaptado de Colpaert (2008) e (b) registro da autora.

A Figura 15 adaptada de Colpaert (2008), mostra o esquema da formação da ledeburita (a). Inicialmente, o crescimento das placas de cementita representados na área clara não ocorre de forma cooperativa com a austenita representada na área escura. Em um certo ponto, ocorre condições para um crescimento conjunto, lateral, formando bastões de austenita em

placas de cementita, mantendo a cementita orientações cristalográficas preferenciais de crescimento. A Figura 15 (b) ilustra a microestrutura de um FoFo branco hipoeutético, sendo na região escura as dentritas de austenita transformadas em perlita, e a ledeburita transformada entre as dentritas na região clara, composta por cementita (clara) e perlita (pequenos pontos escuros).

Dentre a denominação descrita por Chiaverini (1996), Bramfitt e Benschoter (2001), Callister (2007), Colpaert (2008) e Guesser (2009), com base na composição química e modo de resfriamento, tem-se as seguintes ligas:

- **Ferro fundido cinzento:** possui teor de carbono entre 2,5 a 4,0% e outros elementos de liga, como: silício, importante, pois é um forte grafitizante; enxofre e fósforo são impurezas; manganês (em proporções específicas para o tipo de aplicação). O resfriamento é lento para dar tempo para a ferrita precipitar. As principais propriedades dessa liga são: fácil fusão e moldagem, boa resistência mecânica, mas frágil em tração, excelente usinabilidade, boa resistência ao desgaste e boa capacidade de amortecimento de energia vibracional; permite a fundição de peças com formas complexas, estão entre os materiais metálicos mais baratos. Em relação aos processos, pode ser utilizada a fundição em geral, jateamento, pintura, polimento, usinagem, soldagem inadequada. Dentre as aplicações: utensílios domésticos, anéis de pistão, produtos sanitários, blocos de motor, rotores, tubos, conexões, engrenagens, virabrequins, componentes diversos usados em conjuntos elétricos, mecânicos e automotivos, entre outros. Em relação à microestrutura, o fator predominante é a presença de grafita e carbono livre: quanto maior sua quantidade, mais mole e menos resistente será o material, além disso, as formas, dimensões e distribuição dos veios da grafita afetam suas propriedades (CHIAVERINI, 1996; CALLISTER, 2007 e COLPAERT, 2008). A Figura 16 ilustra os tipos de grafita presentes nos FoFos cinzentos.

Figura 16 – Aspecto gráfico dos diferentes tipos de grafita dos FoFos cinzentos.



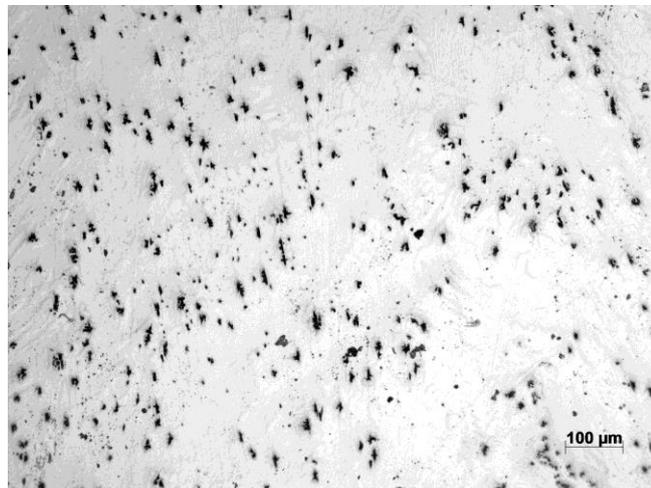
(a) Grafita tipo A (b) Grafita tipo B (c) Grafita tipo C (d) Grafita tipo D (e) Grafita tipo E.

Fonte: adaptado de Chiaverini (2012)

A ASTM (*American Society for Testing Materials*) classifica o aspecto da forma de apresentação da grafita em cinco tipos, conforme ilustra a Figura 16 (a), a grafita tipo A como irregular e desorientada; (b) a do tipo B, em forma de rosetas; (c) grafita do tipo C apresenta forma desigual irregular; (d) a grafita do tipo D possui forma interdendrítica desorientada; e último (e) a grafita do tipo E possui aspecto chamado interdendrítico orientado.

- **Ferro fundido branco:** possui teor de carbono entre 1,8 e 3,6% e outros elementos de liga, como: silício (baixa quantidade), enxofre, manganês e fósforo (em proporções específicas para o tipo de aplicação). Resfriamento rápido em coquilha para manter o carbono em solução. Em sua microestrutura, praticamente todo o carbono é apresentado na forma combinada de carboneto de ferro (Fe_3C), cuja superfície de fratura se dá na cor clara (CHIAVERINI, 1996; GUESSER, 2009 e COLPAERT, 2008). A Figura 17 ilustra o aspecto da microestrutura de um FoFo branco sem ataque químico seletivo.

Figura 17 – Aspecto da microestrutura sem ataque químico de FoFo branco. Parâmetros de operação em MO: Objetiva 10x sem Ataque.



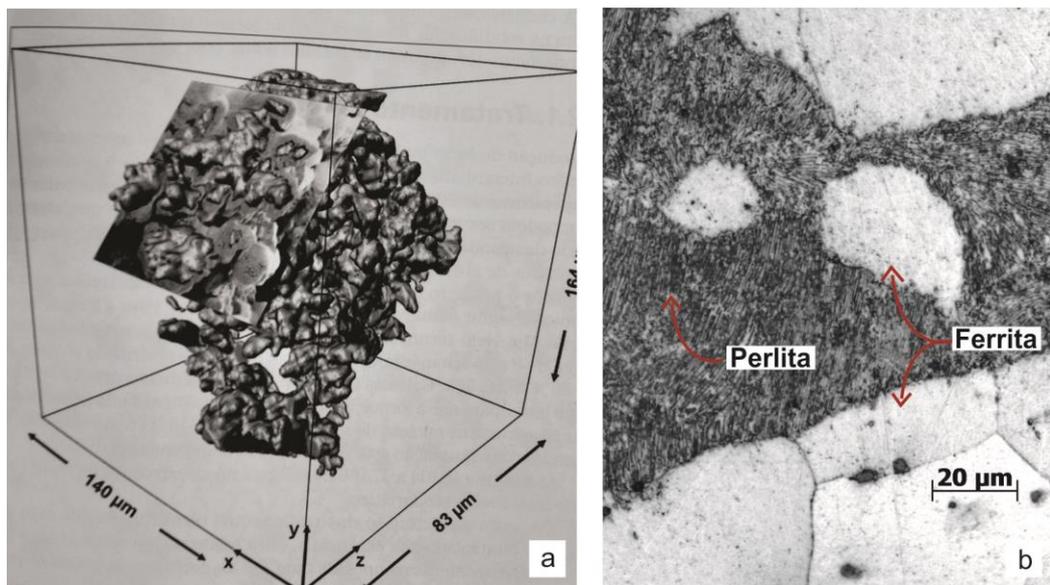
Fonte: registro da autora.

A Figura 17 mostra a microestrutura de um FoFo branco sem ataque químico, possuindo elevada dureza e resistência ao desgaste. Apresenta boa resistência à corrosão, excelente resistência à abrasão, baixa ductilidade. Em relação aos processos de fabricação, utiliza-se fundição em geral, jateamento, pintura, polimento e a soldagem não é adequada. Dentre as principais aplicações, tem-se equipamentos para manuseio de terra, mineração e

moagem, rodas de vagões, cilindros coquilhados, revestimento de moinhos, bolas de moinhos e outros (CHIAVERINI, 1996; CALLISTER,2007; COLPAERT, 2008).

- **Ferro fundido maleável:** possui teor de carbono entre 2,2 e 2,9 % e outros elementos de liga, como: silício, enxofre, manganês e fósforo (em proporções específicas para o tipo de aplicação). O ferro fundido maleável é uma liga a partir do ferro fundido branco após um processo térmico especial chamado maleabilização, que consiste em um aquecimento prolongado em condições previamente estabelecidas de temperatura, tempo e meio, provocando transformações de parte ou totalidade do carbono combinado em grafita ou até eliminar completamente o carbono (CHIAVERINI, 1996 e COLPAERT, 2008). A Figura 18 apresenta a microestrutura de um FoFo maleável.

Figura 18 – Aspecto da microestrutura de FoFo maleável.



(a) Reconstituição tridimensional de um nódulo de grafita de FoFo maleável (b) Microestrutura após processo incompleto de maleabilização por grafitização. Parâmetros de operação em MO:

Objetiva 50x Ataque Nital 2%

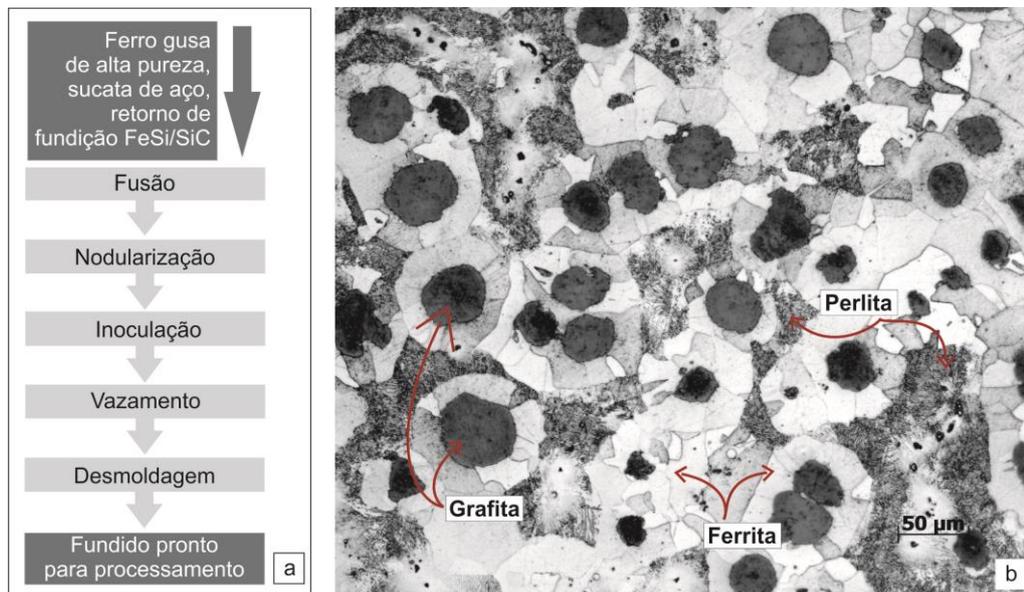
Fonte: (a) Colpaert (2008) e (b) registro da autora.

A Figura 18 (a) apresenta uma reconstituição tridimensional obtidas por FIB (*Focused Ion Beam*) de nódulo de grafita em FoFo maleável, mostrando grafita com morfologia compacta, sendo, segundo Colpaert (2008), complexa a quantificação metalográfica de grafita nesses FoFos. A Figura 18 (b) apresenta o aspecto de uma grafita cujo processo de maleabilização foi incompleto, identifica-se o início da decomposição da perlita e formação

de grafita, ataque Picral. Conforme sugere o nome, o material adquire maleabilidade, tornando-se mais dúctil e tenaz, praticamente todo o carbono é apresentado na forma combinada de carboneto de ferro (Fe_3C), cuja superfície de fratura é na cor clara. Suas propriedades características são elevada ductilidade, resistência mecânica, resistência ao desgaste e maleabilidade. É utilizado para fundição em geral, jateamento, pintura, polimento, usinagem e a soldagem não é adequada. Dentre as aplicações, tem-se flanges, tubos, peças de válvulas, acessórios diversos para equipamentos ferroviários, equipamento naval, peças de automóveis e compressores, virabrequins, bielas, engrenagens e outros (CHIAVERINI, 1996 e COLPAERT, 2008).

- **Ferro fundido nodular:** possui teor de carbono entre 3 a 3,4 % e outros elementos de liga, como: silício, enxofre, manganês e fósforo (em proporções específicas para o tipo de aplicação). Possuem elevada ductilidade, tenacidade superior aos FoFo's brancos e cinzentos, boa resistência a vibrações a altas temperaturas e elevada condutividade térmica como propriedades. Seus processos são basicamente fundição em geral, jateamento, pintura, polimento, usinagem e a soldagem não é adequada. Aplica-se em produtos como cubo de rodas, mancais, polias, cabeçotes de prensas, engrenagens, virabrequins, e outros. A Figura 19 (a) apresenta o processo elaboração de um FoFo nodular, que conforme Colpaert (2008) envolve as etapas de fusão controlada para garantir melhor eficiência na modularização ou esferoidização, posteriormente à inoculação, vazamento e desmontagem, estas etapas estão associadas ao controle da composição química do FoFo (CHIAVERINI, 1996 e COLPAERT, 2008).

Figura 19 – Esquema de inoculação e nodularização e aspecto da microestrutura de FoFo nodular bruto de fusão.



(a) Esquema de inoculação e nodularização (b) Aspecto da grafita de um FoFo nodular. Parâmetros de operação em MO: Objetiva 20X Ataque Nital 2%.

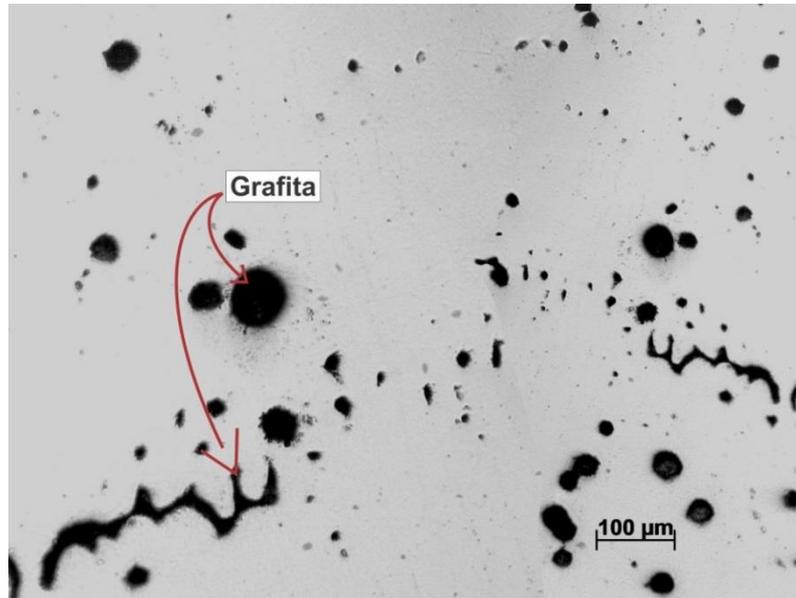
Fonte: (a) adaptado de Colpaert (2008) e (b) registro da autora.

A grafita, conforme mostra a Figura 19 (b), do ferro fundido nodular é apresentada na forma esferoidal que não interrompe a continuidade da matriz tanto quanto a grafita em veio, resultando em uma melhor ductilidade e tenacidade (COLPAERT, 2008).

- Ferro fundido de grafita compactada / Vermicular ou Semi dúctil: possui teor de carbono entre 2,5 a 40 % e outros elementos de liga, como: silício, enxofre, manganês e fósforo em proporções específicas para o tipo de aplicação. Ferro fundido com grafita vermicular. A forma da grafita se apresenta mais arredondada e mais grosseira, de modo que sua microestrutura pode ser considerada como intermediária entre o ferro fundido cinzento e o ferro fundido nodular. Possuem resistência mecânica intermediária entre os ferros fundidos cinzento e nodular, baixa ductilidade, boa absorção de vibrações, boa condutibilidade térmica, melhor resistência a choques térmicos (isto é, a fratura que resulta de mudanças rápidas na temperatura), baixa resistência à compressão, impacto e tração e menor oxidação em temperaturas elevadas. Utiliza-se processos de fabricação padrão como fundição em geral, jateamento, pintura, polimento, usinagem. Esse FoFo é utilizado para placas de suporte para grandes motores diesel, carters, caixas de engrenagens, carcaças de tubos alimentadores, garfos de ligação, suportes de mancais, rodas dentadas, disco de freio, outros (CHIAVERINI,

1996; CALLISTER, 2007, GUESSER, 2009 e COLPAERT, 2008).. A Figura 20 ilustra o aspecto da microestrutura de um FoFo de grafita compacta.

Figura 20 – Aspecto da microestrutura de FoFo de grafita compacta. Parâmetros de operação em MO:
Objetiva 10x sem ataque.

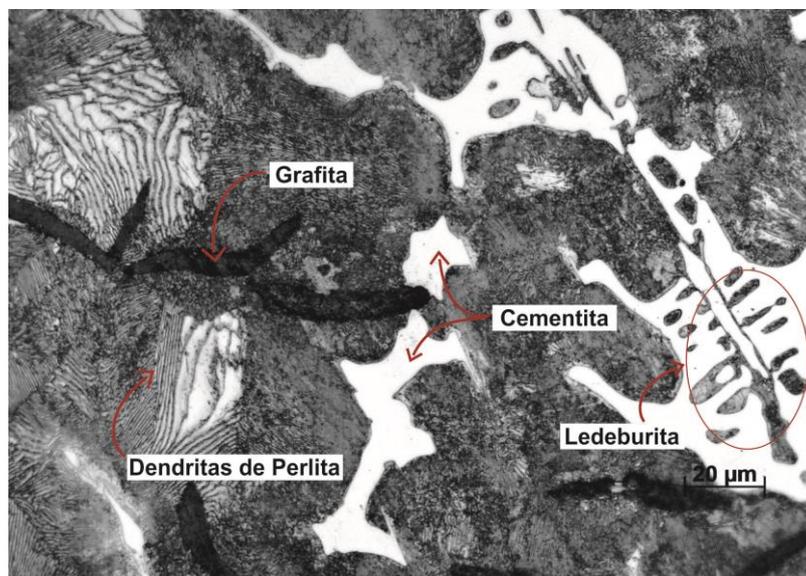


Fonte: registro da autora.

A Figura 20 apresenta uma imagem de metalografia de FoFo de grafita compacta sem ataque, exibindo grafita intermediária entre a grafita lamelar do FoFo cinzento e grafita em forma de esferas do FoFo nodular, concomitantemente com propriedades intermediárias aos FoFos nodulares (COLPAERT, 2008).

Bramfitt e Benschoter (2001) designam uma liga que possui na aparência micro estrutural uma mistura de Fofo cinza e branco, chamam-se mesclados, que ocorre após um resfriamento rápido na superfície e de um resfriamento lento no centro, resultando na transição entre o FoFo Cinzento e o FoFo Branco. A Figura 21 mostra o aspecto de uma microestrutura de um FoFo mesclado.

Figura 21 – Aspecto da microestrutura de FoFo mesclado. Parâmetros de operação em MO: Objetiva 50x
Ataque Nital 2%.



Fonte: registro da autora.

O FoFo mesclado, segundo Colpaert (2008), tem propriedades interessantes, possui um balanço entre a alta dureza e resistência ao desgaste de um FoFo Branco e as elevadas tenacidade, condutividade e capacidade de amortecimento de vibrações do FoFo Cinzento.

Com relação à aparência, a identificação visual de produtos em ferro fundido é mais simples do que a do aço e outros ferros. Normalmente, a superfície do ferro fundido é mais granulada, em razão dos moldes de areia ou argila. Os ferros e os aços podem trazer, em sua superfície, marcas de batidas causadas por máquinas ou manualmente e, também, por cilindros de laminação (DAMETTO, 2009).

A verificação exata do tipo de metal, das ligas e propriedades mecânicas, físicas e químicas, pode ser feita através da metalurgia física, que estuda a estrutura interna dos metais e se apoia em diversas técnicas especializadas, como metalografias. Entende-se por metalografia o ramo da metalurgia física que estuda a constituição, a estrutura e a textura dos metais, suas ligas e produtos metálicos e seu relacionamento com as propriedades mecânicas, físicas, químicas e processos de fabricação (COLPAERT, 2008).

Um dos problemas mais interessantes da avaliação de micro e macroestruturas de metais é o fato de que, na maioria das vezes, as técnicas analíticas disponíveis permitem a

observação de seções bidimensionais de estruturas que têm características tridimensionais. A micrografia é empregada para designar os documentos que reproduzem a microestrutura, em tamanho natural ou com ampliações maiores de 10 vezes, obtida em microscópio óptico. Consiste no exame do aspecto de uma peça ou amostra metálica, segundo uma seção plana devidamente polida e, geralmente, atacada por um reativo apropriado. (CHIAVERINI, 1996 e COLPAERT, 2008).

2.3.5 Acabamentos: revestimentos superficiais

Segundo Lesko (2004), o acabamento está relacionado à aparência de um material, que, por sua vez, é definida pela forma e, muitas vezes, um fator decisivo no sucesso ou fracasso de um produto. No entanto, os aspectos funcionais de proteção do acabamento são importantes. Acabamento pode ser a conformação de um material através do molde de texturas, encrespamento ou telas, através de corte abrasivo, polimento, lixamento, escovação, ou ainda formas de acabamento por recobrimentos protetores, estes contribuem com a proteção do material (LESKO, 2004, GENTIL, 1982).

Um dos aspectos que danifica a superfície de um material e pode causar danos reversíveis é a corrosão, definida por Gentil (1982) como a deterioração de um material, que ocorre geralmente de forma espontânea em geral nos materiais metálicos, por meio de ações químicas ou eletroquímicas do meio ambiente. Essa deterioração causada ao material proporciona alterações não desejáveis prejudicando-o, alteram o desgaste da superfície ou mesmo variações químicas que modificam a estrutura do material, interferindo na sua performance.

Todos os metais estão sujeitos a ataques corrosivos quando expostos a meios agressivos, isso exige investimentos e aplicações que permitam a durabilidade e resistência à corrosão. Durante o processo de seleção de materiais, é importante que se faça um estudo que envolve o conjunto: material metálico – meio corrosivo – e condições operacionais (GENTIL, 1982).

Segundo Gentil (1982), os meios práticos para diminuir a taxa de corrosão em materiais são muitos. Os métodos descritos estão relacionados com revestimentos protetores da superfície do material. Podem ser através de tratamentos químicos ou eletroquímicos da superfície, revestimentos orgânicos como tintas, resinas, polímeros e outro, revestimentos

inorgânicos com esmaltes cerâmicos, revestimentos metálicos e protetores temporários. Os tratamentos de superfície mais usuais para FoFos são:

Tinta, que é definida por Gnecco et al (2003 pag.46) como “uma composição líquida que depois de aplicada sobre uma superfície, passa por um processo de secagem ou cura e se transforma em um filme sólido, fino, aderente, impermeável e flexível”. Existe uma variação significativa em trabalhar com tintas para acabamentos. Segundo Gnecco et al (2003), as tintas aderem aos metais por ligações físicas, químicas ou mecânicas e, para serem aplicadas, o material necessita de uma preparação prévia, que consiste em executar operações que permitam obter limpeza para eliminar os materiais estranhos e rugosidade para aumentar a superfície de contato, também ajudando a melhorar a aderência.

Um dos processos utilizados para preparar a superfície para receber a pintura é o jateamento com areia a seco ou úmido. A diferença entre eles é que, no úmido, introduz-se água em uma corrente de ar e areia. Esse processo visa à eliminação de impurezas como óxidos no material. Se os resíduos não forem completamente removidos, podem causar bolhas e corrosão, principalmente em frestas e superposições de chapas expostas em ambientes úmidos (GNECCO et al 2003).

Após essa etapa, é necessário efetuar a homogeneização da mistura que, segundo Gnecco et al (2003), é de fundamental importância para a obtenção de uma tinta uniforme, seguido da diluição e afinação, pois são, em geral, fornecidas mais grossas (alta viscosidade). As condições que podem influir no desempenho das tintas e, portanto, devem ser respeitadas pelo pintor são: temperatura da tinta, temperatura do ambiente, temperatura da superfície, umidade relativa do ar e ponto de orvalho. Os métodos de aplicação podem ser por pincel, a rolo, por imersão, que pode ser realizada com ou sem corrente elétrica, e por pistola. Este último é o método de aplicação mais tradicional utilizado na indústria (GNECCO et al 2003).

As tintas esmaltadas são um diferencial, elas funcionam bem como anticorrosivo, por possuir alta espessura, alta impermeabilidade por ser epóxi e conter pigmentos lamelares, de alta aderência por causa da resina e de aditivos, alta flexibilidade por causa da resina e do catalisador e que contém pigmentos anticorrosivos modernos sem metais pesados e por conter pigmentos coloridos pode ser usada como acabamento (GNECCO et al 2003).

Figura 22 – Panelas para cozinhar e bules com revestimento superficial de esmalte cerâmico.



Fonte: registro da autora obtido em ferragem da cidade de Porto Alegre/RS.

A Figura 22 mostra produtos em ferro esmaltados. Para a aplicação do esmalte nesse caso, os produtos são limpos, seguido da decapagem, logo, aplica-se uma goma abrangente e, em seguida, o esmalte, em forma de pó e através de peneira, são esmaltados os dois lados da peça (TOSTES, 1974).

Conforme recomenda Gnecco et al. (2003), o projetista deve ter em mente que um bom projeto leva em conta que a tinta não é eterna e deve prever condições de acesso para manutenções e para que durante a vida útil das pinturas sejam evitados acúmulos e infiltrações de água.

Um meio utilizado para todos os tipos de materiais é a anodização, um processo industrial eletroquímico para artificialmente tornar mais espessa, mais uniforme e mais resistente à abrasão a camada de óxido que se forma naturalmente (oxidação). A camada de óxido aumentada artificialmente, sendo parte do material, é de difícil remoção (LESKO, 2004).

É fundamental para a obtenção de uma camada anódica compacta e uniforme o absoluto controle dos parâmetros de processo: composições químicas dos diferentes banhos, temperaturas, tempos de imersão, agitação da solução e correntes elétricas que atravessam o material. O processo para a aplicação desse revestimento baseia-se em coloração e selagem. Alguns desses tratamentos são puramente químicos, alguns são eletroquímicos, depois de feitos são banhados em água limpa, para lavagem dos resíduos químicos que permanecem no material, com um tempo de permanência controlado rigidamente. Após esse banho de selagem, o material é seco, desenganchado e embalado. Esse processo é utilizado para colorir e proteger produtos arquitetônicos, detalhes automotivos, produtos de cozinha, mobília e equipamentos esportivos (LESKO, 2004; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 1996).

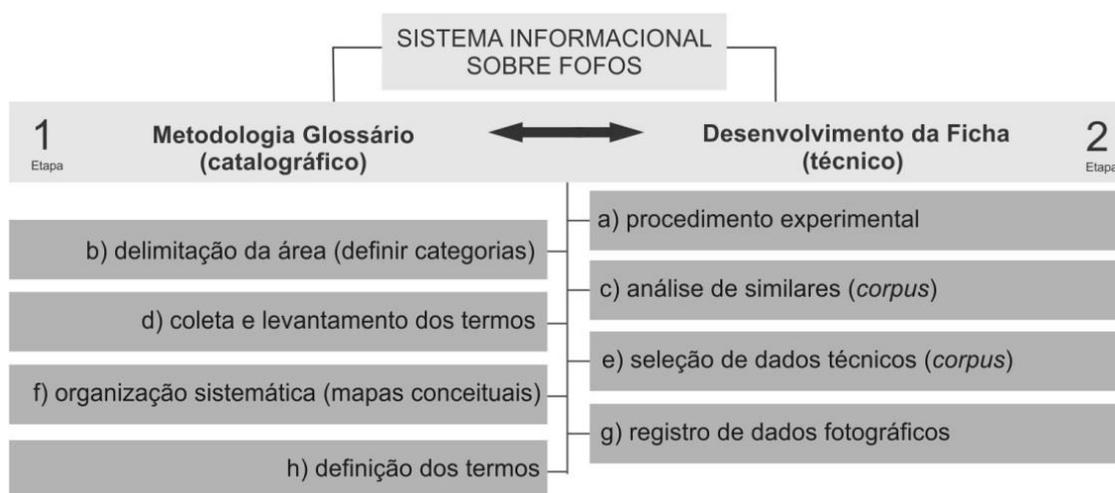
3 PROCEDIMENTO TERMINOGRÁFICO E EXPERIMENTAL

Entende-se inicialmente que as palavras que integram o glossário para Ferros Fundidos são termos, e o produto do sistema informacional são as fichas técnicas frente e verso de cada tipo de FoFo. Para este trabalho, os termos selecionados para definição serão únicos e exclusivamente os termos que estiverem integrando a ficha técnica. Diante disso, o trabalho se estrutura a partir das seguintes etapas:

3.1 TERMINOGRAFIA

Na apresentação dos procedimentos terminográficos, busca-se explicitar o caminho do desenvolvimento da ficha técnica, produto da pesquisa. São apresentados os procedimentos utilizados no processo de levantamento dos dados pela ótica da TCT (teoria comunicativa da terminologia) estipulada por Cabré (1999) e seguindo os conceitos de terminografia referenciados por Krieger e Finatto (2004). O Quadro 6 apresenta a metodologia utilizada para a realização da pesquisa.

Quadro 6 – Fluxograma referente ao processo utilizado para a realização das atividades de elaboração do glossário e desenvolvimento das fichas técnicas. As etapas 1 e 2 foram desenvolvidas em paralelo, de maneira que, na etapa 1 realizou-se métodos para a elaboração do glossário e na etapa 2 com o suporte dos dados extraídos na etapa subsequente foi desenvolvida e direcionada a execução da ficha técnica.



O fluxograma apresentado no Quadro 6 mostra o processo utilizado para essa pesquisa. Compreende duas etapas principais: etapa 1 consiste na definição das fontes de pesquisa (*corpus*) e delimitação da área de estudo, ou seja, levantamento das categorias principais sobre o tema, através da elaboração de um mapa temático genérico envolvendo os conceitos e

termos relacionados aos FoFos. Após é definida a organização sistemática desses termos através de mapas conceituais das categorias definidas. Em paralelo e com o apoio das informações extraídas na etapa 1, a etapa 2 conforme indica o Quadro 6, foi responsável pela execução das tarefas para o desenvolvimento e concretização das fichas técnicas, através do sistema experimental e análise crítica de sistemas informacionais similares (*corpus*) ativos no Brasil e no exterior, visando à atualização e à seleção de termos e informações a serem disponibilizadas na ficha. Para auxiliar na compreensão dos dados técnicos optados, sugeriu-se um glossário de termos sobre FoFos, dessa forma, os termos selecionados foram organizados em ordem alfabética após sua definição.

Os termos escolhidos para serem definidos e constarem no glossário foram extraídos do produto final do sistema informacional, a ficha técnica frente verso para cada tipo de FoFo (totalizando 6 fichas). Também foi realizado o levantamento e seleção de dados técnicos, micrografias, fotografias e criação de pictogramas referenciando aplicações

Detalhamento da pesquisa:

1) Elaboração do glossário que dependerá das seguintes etapas:

- a. delimitação da área e levantamento das fontes (*corpus*), para a coleta dos termos em situação discursiva;
- b. coleta do *corpus* textual (análise de similares);
- c. organização sistemática dos termos e delimitação dos conceitos;
- d. representação conceitual dos ferros fundidos;
- e. seleção dos termos;
- f. análise dos dados coletados;
- g. elaboração de uma ficha síntese;
- h. redação das definições;
- i. registro desses termos através da elaboração de um glossário em ordem alfabética;

2) Desenvolvimento de fichas técnicas de ferros fundidos

- a. análise crítica de similares sobre sistemas informacionais e fichas técnicas ativas (*corpus*);

- b. reunião de dados referentes à função e propriedades de ferros fundidos pertinentes a atividade projetual: imagens que demonstrem produtos acabados em ferro fundido; criação de pictogramas de produtos que representem a aplicação desse material, identificação dos processos de fabricação e tratamentos térmicos para cada tipo de ferro fundido;
- c. procedimento de metalografia dos materiais e aquisição de imagens da microestrutura do material através da análise das amostras em microscópio óptico;
- d. desenvolvimento e concretização das fichas técnicas com o suporte do glossário adquirido na etapa 1 e dos dados coletados na etapa 2;

3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os materiais utilizados para metalografia foram ferros fundidos, também conhecidos como Fofos: cinzento, branco, maleável, nodular, mesclado e gráfico compacto.

O procedimento experimental envolveu materiais que auxiliaram na preparação da amostra: Lixas granulométricas (220, 320, 400, 600, 1000) e pano Arotec AMA para Politriz, alumina 3 μm e álcool etílico.

A técnica de preparação de amostras metalográficas para a realização de análises micrográficas em microscópio óptico foi realizada da seguinte forma:

- escolha da localização da seção estudada e corte transversal;
- embutimento a quente para fixação da amostra em baquelite;

- obtenção da superfície plana após o lixamento, o qual é feito com o intuito de eliminar gradativamente riscos do corte e de tornar a superfície isenta de deformações plásticas e mecânicas. O lixamento parte com uma lixa mais grossa, reduzindo gradativamente para lixas mais finas. Foram utilizadas lixas de granulometrias 220, 320, 400, 600 e 1000, girando a peça a 90° para eliminar os riscos da lixa anterior.

- polimento, que visa eliminar irregularidades da superfície para posterior observação em microscópio. O polimento é feito geralmente em politrizes com material abrasivo, foi utilizado para este fim alumina 3 μm .

- ataque da superfície por Nital 2% ácido nítrico (HNO_3) e 98% álcool etílico (reagente químico), para possibilitar o contraste da superfície do material;

- análise das amostras com e sem ataque químico seletivo ao microscópio óptico (MO) modelo Axio Lab. A1 da marca Zeiss e registro das ocorrências visíveis utilizando a câmera AxioCam ERc 5s da marca Zeiss;

Também no procedimento experimental, foi feita uma análise de Ferros Fundidos tratados termicamente. Para esse fim, utilizou-se um disco de freio. O Quadro 7, explicita o procedimento utilizado para a realização dos tratamentos térmicos.

Quadro 7 - Fluxo do processo utilizado para a realização de tratamentos térmicos no disco de freio seguido de análise de metalografia. Disco de freio cortado na (a) cortadeira metalográfica, (b) peça seccionada, (c) embutimento em baquelite, (d) observação da amostra em microscópio óptico (MO) e espectroscopia de energia dispersiva (EDS), (e) processo de normalização, recozimento pleno, têmpera e revenido, (f) ensaio de dureza BRINELL.



O Quadro 7 é um modelo esquemático que identifica através das letras as etapas realizadas para a elaboração dos tratamentos térmicos seguido de análises de metalografia. Primeiramente, o disco de freio foi cortado (a) na cortadeira metalográfica Pancut 100 da PANTEC com um disco abrasivo à base alumina, em função da ductilidade e da dureza do

material. Essa peça precisou ser avaliada, a fim de identificar o material, assim, a peça seccionada (b) foi novamente cortada em um tamanho menor, este procedimento Visa a obtenção de uma superfície tão plana quanto possível, embora de uma forma ainda grosseira, essa operação de corte e desbaste são deletérias para a amostra, pois o calor desenvolvido e os esforços locais afetam a estrutura do material criando uma zona que necessita ser posteriormente removida (lixamento e polimento) a fim de não falsear os resultados da observação. A vista radial foi definida para visualização da natureza do material (se aço, FoFo, não-ferroso, microestrutura, homogeneidade da seção (porosidades, inclusões...) e efeitos de tratamento térmico.

Após o corte foi feito embutimento da peça em baquelite (c) por um tempo de 10 minutos a uma temperatura que oscila entre 180° C e 200° C com pressão de 150 kgf/cm², após dez minutos para resfriamento. Esse processo ocorreu da mesma forma que as peças anteriormente descritas, ou seja, lixamento, polimento e secagem. Após o polimento é realizado um ataque químico seletivo com Nital 2% ácido nítrico (HNO₃) , este reagente químico permite a visualização da microestrutura do material. A etapa seguinte foi a observação da amostra em microscópio óptico (MO) modelo Axio Lab. A1 da marca Zeiss, nesta etapa do processo, foi identificado o material como um FoFo cinzento.

Em seguida (d) foi efetuada uma observação no microscópio eletrônico de varredura (MEV) *Hitachi TM 3000 Tabletop* com espectroscopia de energia dispersiva (EDS) acoplado, para identificar a composição química (elementos presentes) do material, com o objetivo de determinar os parâmetros dos tratamentos térmicos. Foi observada maior quantidade em porcentagem dos elementos Si (1,365%) e Mn (1,435), a análise obtida via EDS está inserida no Apêndice A dessa pesquisa.

Os tratamentos realizados (e) compreenderam a normalização, recozimento pleno, têmpera em água e óleo e posterior revenido resfriado ao ar. Os parâmetros para a realização dos tratamentos térmicos foram estipulados com base no Heat Treater's Guide (1995) e no ASM handbook (1991).

A temperatura que o FoFo é submetida para tratamento de normalização, visando à grafitização do material (formação de perlita), segundo Heat Treater's Guide (1995), geralmente varia entre 870-910°C, seguido de resfriamento lento ao ar por um tempo específico, e para determinar esse tempo é calculado 2 minutos por mm de espessura da peça mais 20% com base no Heat Treater's Guide (1995). Para a efetivação desse tratamento na

peça retirada do disco de freio foi estipulada a temperatura de 900°C para permanência no forno. Como a peça mede 10 mm de espessura o tempo foi de 24 minutos e resfriado ao ar, realizado no Forno Elétrico *Sanchis* tipo mufla.

O recozimento é considerado um dos tratamentos mais comuns para FoFos, consiste em aquecer o material a uma temperatura suficientemente elevada para amolecer e/ou para minimizar ou eliminar carbonetos, melhorando assim a sua usinabilidade (ASM handbook, 1991). Para a realização desse tratamento conforme Heat Treater's Guide (1995), a temperatura deve ficar entre 700 a 760°C.

Para o tratamento de recozimento pleno foi utilizado forno de marca *Sanchis* a vácuo com atmosfera controlada de argônio 5.0. A amostra foi aquecida a uma taxa de 20 C/min até a temperatura de 750°C, permanecendo a essa temperatura por 24 minutos (obedecendo aos 2 mm por mm de espessura). A seguir o forno foi desligado e a amostra teve seu resfriamento lento dentro do forno (HEAT TREATER'S GUIDE, 1995).

Segundo AHM handbook (1991), a temperatura para tratamento de têmpera em materiais com as quantidades descritas de Si e Mn é aproximadamente 800° C. A têmpera foi realizada a uma temperatura de 840° C com resfriamento em água e óleo. O tratamento de revenido que ocorre na peça temperada, conforme AHM handbook (1991), para alívio de tensões de têmpera, deve ser aquecido a uma temperatura de 150° C, resfriado ao ar. O tempo de permanência no forno para ambos os tratamentos foi de 24 minutos e foram realizados no Forno Elétrico *Sanchis* , tipo Mufla.

Em (f), foi realizado o ensaio de dureza Vickers (HV) com carga de 5 kgf , utilizando o durômetro *Emcotest* modelo DJ – 10 a fim de verificar os efeitos dos diferentes tratamentos térmicos no desempenho do material. Foram realizados 10 testes para cada amostra em distintas regiões na área do material. Destes foram selecionados 5 valores mais próximos para calcular uma média, sendo que os valores máximos e mínimos de dureza também foram considerados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fotografias das microestruturas dos ferros fundidos têm a finalidade de compor as fichas técnicas, considerando que a compreensão desse segmento na área de materiais colabora na formação de estudantes e auxilia no campo profissional do designer, durante o processo de seleção de material para um projeto. Uma justificativa para o estudo da microestrutura dos FoFos é que facilita a comunicação entre profissionais de áreas interligadas, uma vez que o design de produto caracteriza-se por ser uma atividade interdisciplinar e, geralmente, trabalha em parceria com engenheiros, estabelecendo uma conexão entre as áreas. De acordo com Kindlein e Guanabara (2006), essa integração de conhecimento reforça a necessidade de instaurar uma organização da atividade de gestão e concepção.

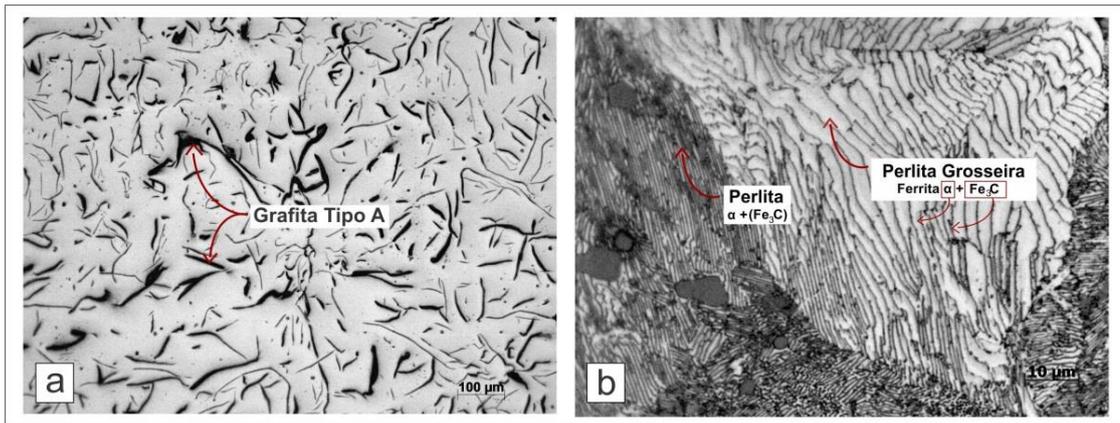
4.1 METALOGRAFIA DOS FOFOS

O processo de metalografia visa à identificação da estrutura interna com e sem ataque químico seletivo dos ferros fundidos, a classificação da grafita em suas diferentes formas e a determinação das microestruturas analisadas, identificando o tipo de FoFo.

As imagens estão organizadas para identificar a microestrutura de duas maneiras distintas: com ataque químico seletivo e sem ataque químico. O ataque químico é comumente chamado de ataque metalográfico, a diferença da imagem com o ataque é que este procedimento melhora o contraste da superfície. Dos métodos, o mais usual é o ataque químico em que reagentes apropriados são empregados para formação de pilhas eletroquímicas localizadas corroendo seletivamente os diferentes elementos estruturais que constituem a matriz do material. Este procedimento foi realizado por imersão, quando a superfície da amostra é imersa na solução de ataque, no caso Nital 2% ácido nítrico (HNO_3) e 98% álcool etílico (reagente químico), utilizado para todos os tipos de FoFos e outros materiais metálicos, produz ótimo contraste entre perlita e ferrita ou cementita, também revela o contorno de grão. A fotografia sem ataque químico seletivo foi realizada para todas as amostras com lente objetiva 10x, estas imagens não identificam a estrutura presente na matriz do material, mas sim, identifica a orientação dos veios de grafita.

Os ferros fundidos cinzentos, mostrados na Figura 23 (a, b) são os mais utilizados, pois possuem fácil fusão e moldagem, boa resistência mecânica, excelente usinabilidade dentre outras propriedades.

Figura 23 – Micrografia do Ferro Fundido Cinzento. (a) Presença de grafita livre sem ataque (b) Grafita livre e microestrutura com matriz perlítica.

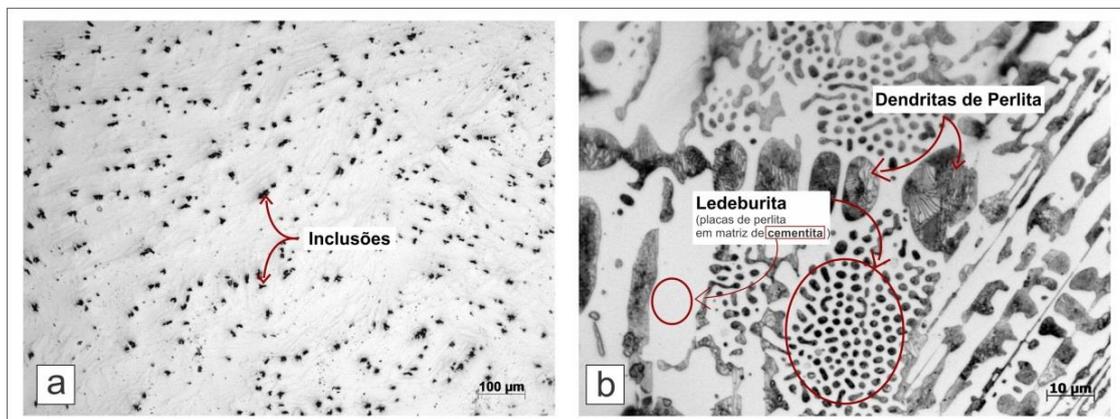


Parâmetros de análise em MO: (a) Grafita livre, objetiva 10x sem ataque (b) Detalhe das lamelas de perlita ($\alpha + Fe_3C$), objetiva 100x Ataque Nital 2%

A Figura 23 (a) mostra uma micrografia típica de ferro fundido cinzento, com veios de grafita relativamente grandes, do tipo A. A figura 23 (b) respectivamente apresenta veios de grafita e matriz perlítica e visivelmente identifica as lamelas de perlita ($\alpha + Fe_3C$).

A Figura 24 apresenta imagens de micrografias obtidas através de microscópio óptico de ferro fundido branco, em (a) sem ataque, e (b) com ataque químico de Nital 2%.

Figura 24 – Micrografia do Ferro Fundido Branco Hipoeutético. (a) Presença de inclusões no FoFo sem ataque (b) Dendritas de Perlita (áreas escuras) e Ledeburita (demais regiões).

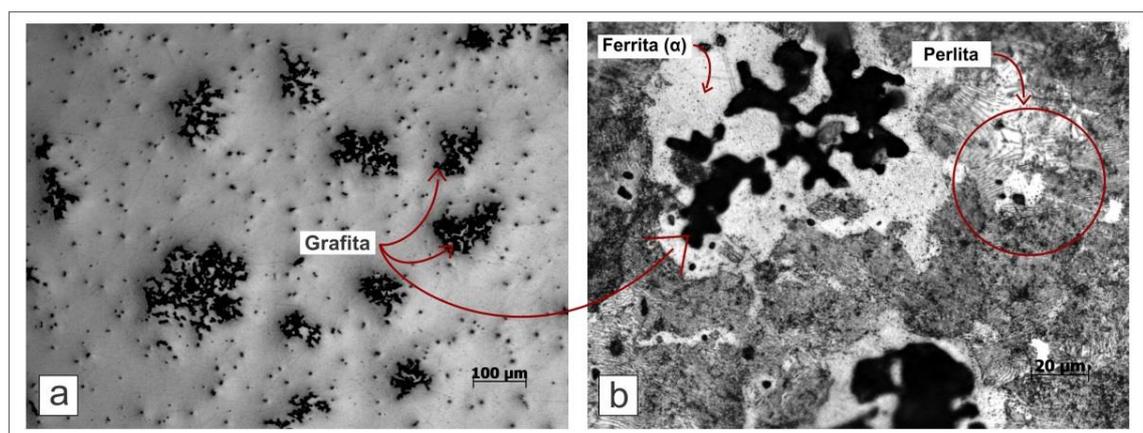


Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 10x sem ataque (b) Objetiva 100x, Ataque Nital 2%.

A microestrutura identificada na Figura 24 (b) mostra as regiões de áreas escuras como sendo dendritas de perlita e as demais regiões indicam a presença de ledeburita entre as dendritas de perlita. A ledeburita é composta por bastões ou placas de perlita em uma matriz de cementita. Os Ferros fundidos brancos possuem alta dureza que se eleva com o teor de carbono, porque a quantidade de cementita na microestrutura aumenta. Possuem elevadíssima resistência ao desgaste, naturalmente uma ductilidade baixa, seu emprego se restringe a aplicações em que se buscam dureza e resistência ao desgaste muito alto (CHIAVERINI, 2012).

O ferro fundido maleável é adquirido através do processo de maleabilização, que consiste em submeter um tipo de ferro fundido branco de composições bem definidas a um tratamento térmico especial que consiste num aquecimento prolongado, em condições previamente estabelecidas de temperatura, tempo e meio, eliminando assim parte do carbono, para adquirir maleabilidade. Existem dois processos fundamentais de maleabilização, os quais originam o FoFo maleável de núcleo branco e o FoFo maleável de núcleo preto (CHIAVERINI,1996). A Figura 25 exibe a grafita e a microestrutura do FoFo Maleável de núcleo branco.

Figura 25 – Micrografia do Ferro Fundido Maleável de núcleo branco (a) Presença de grafita livre sem ataque (b) Ferrita (área clara), Grafita (área escura) e Perlita (demais regiões)



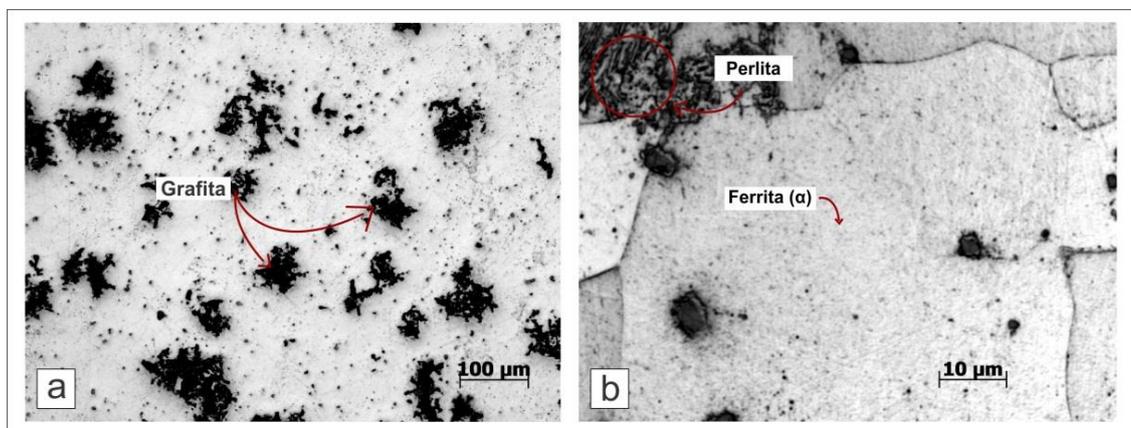
Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 10x sem ataque ; (b) Objetiva 50x, ataque Nital 2%.

A Figura 25 (a) mostra a grafita rendilhada de um FoFo maleável de núcleo branco, tipo Europeu ou ainda maleável branco, sem ataque, cuja estrutura é constituída essencialmente de

ferrita. É gerado através do processo de maleabilização por descarbonetação (redução de carbono), esses FoFos apresentam uma fratura de aspecto claro no centro da peça, podem ser produzidos de forma relativamente barata em fornos cubilôs. A Figura 25 (b) mostra uma região não descarbonetada constituída por ferrita, perlita e grafita, nota-se a perlita que é constituída de lamelas de cementita numa matriz de ferrita (COLPAERT, 2008).

A Figura 26 apresenta o ferro fundido Maleável de núcleo preto obtido por grafitação.

Figura 26 – Micrografia do Ferro Fundido Maleável de núcleo preto (a) Presença de grafita livre sem ataque (b) Grafita livre mais Perlita.

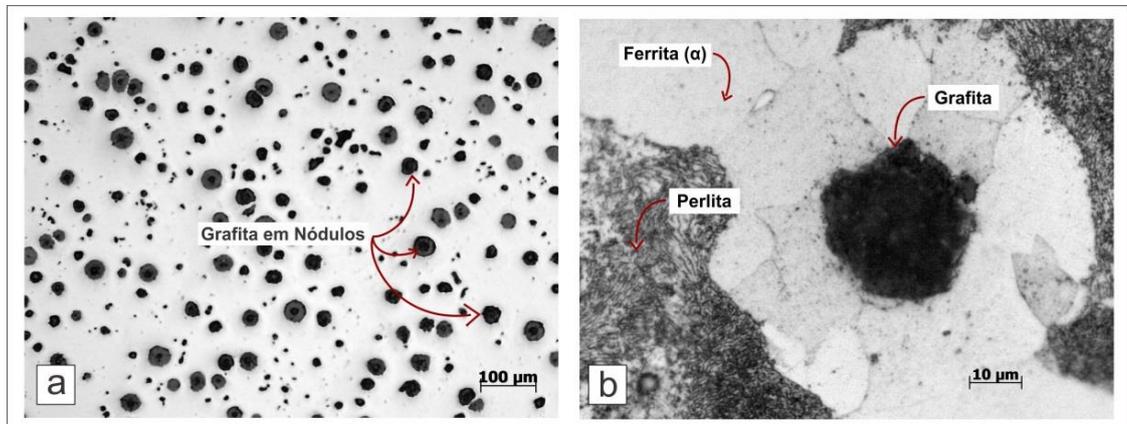


Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 10x sem ataque ; (b) Objetiva 100x, ataque Nital 2%.

A figura 26 (a) mostra as grafitas destorcidas, indefinidas e desalinhas em forma de flocos de um FoFo maleável de núcleo preto. Caracteriza-se pelo aspecto escuro da sua fratura, cuja estrutura é constituída essencialmente de grafita em nódulos sobre um fundo de ferrita, já na Figura 26 (b) nota-se a matriz ferrítica.

O ferro fundido Nodular, identificado na Figura 27, apresenta a microestrutura de um FoFo nodular bruto de fusão.

Figura 27 – Micrografia do Ferro Fundido Nodular (Bruto de Fusão), (a) Nódulos de grafita sem ataque (b) Nódulos de grafita rodeados por ferrita, demais regiões presença de perlita.

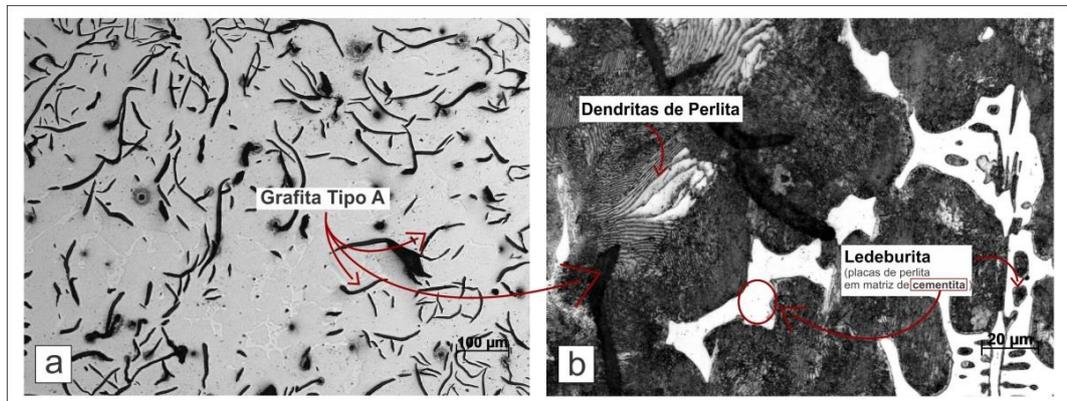


Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 10x sem ataque ; (b) Objetiva 100x, ataque Nital 2%.

A característica fundamental está no ajuste da composição química e na nodularização com o manganês (agente nodularizante) favorecendo a grafita em nódulos, e resultando em um aumento na resistência mecânica. A imagem da Figura 27 (a) e (b) mostra a microestrutura de um ferro fundido nodular, bruto de fusão. Na Figura 27 (a) sem ataque, observa-se os nódulos de grafita (carbono) como recebidos pelo fabricante e (b) identificam os ferros fundidos nodulares em uma matriz composta por ferrita (áreas claras) e perlita (áreas escuras), conforme indica a Figura. A zona empobrecida de carbono ao redor do nódulo de grafita lembra um olho. Este FoFo permite combinar propriedades interessantes dos ferros fundidos e dos aços, como: elevada ductilidade, boa resistência a vibrações a altas temperaturas, boa condutividade térmica, entre outras.

O ferro fundido Mesclado possui um aspecto de fratura intermediário entre os FoFos branco e cinzento, apresentando numerosas áreas escuras em um fundo claro como apresentado na Figura 28 (a) e (b).

Figura 28 – Micrografia do Ferro Fundido Mesclado. (a) Grafita em veios (tipo A) orientadas ao acaso sem ataque (b) Ledeburita (bastonetes) e demais regiões com Dendrita transformada em Perlita.

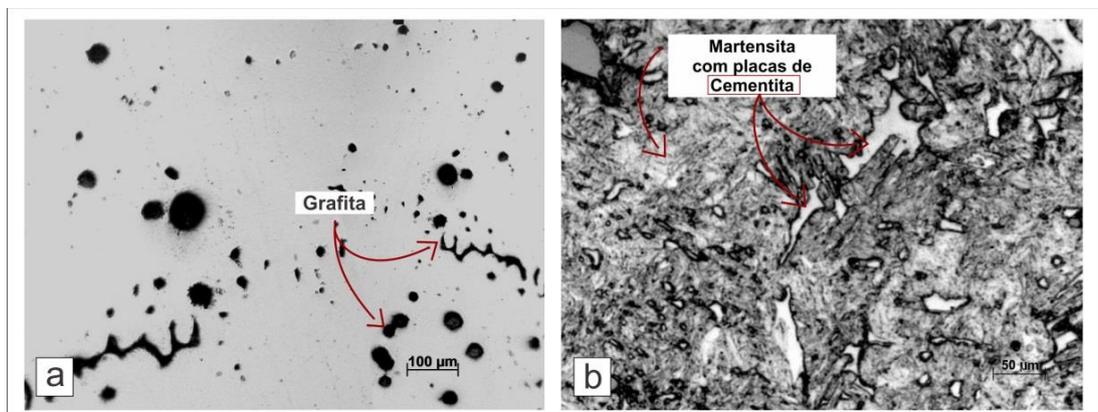


Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 10x sem ataque ; (b) Objetiva 50x, ataque Nital 2%.

Observa-se na Figura 28 (a) uma micrografia de um FoFo mesclado sem ataque, evidenciando a presença de veios de grafita. Já na Figura 28 (b) após ataque químico com Nital 2% é revelada uma estrutura em veios, texturizada. Evidenciando a estrutura eutética da ledeburita (bastonetes de perlita em matriz de cementita), cercada pela perlita.

A Figura 29 mostra o ferro fundido em grafita compacta (ou vermicular). Esse FoFo é intermediário entre o FoFo cinzento e o nodular, sendo assim, suas propriedades ficam também entre esses FoFos, como a resistência mecânica. Destaca-se por possuir um bom acabamento em usinagem. A forma da grafita é destacada na Figura 29.

Figura 29 – Micrografia do ferro fundido de grafita compacta ou vermicular (a) Grafita compacta sem ataque (b) Microestrutura de martensita com placas de cementita.



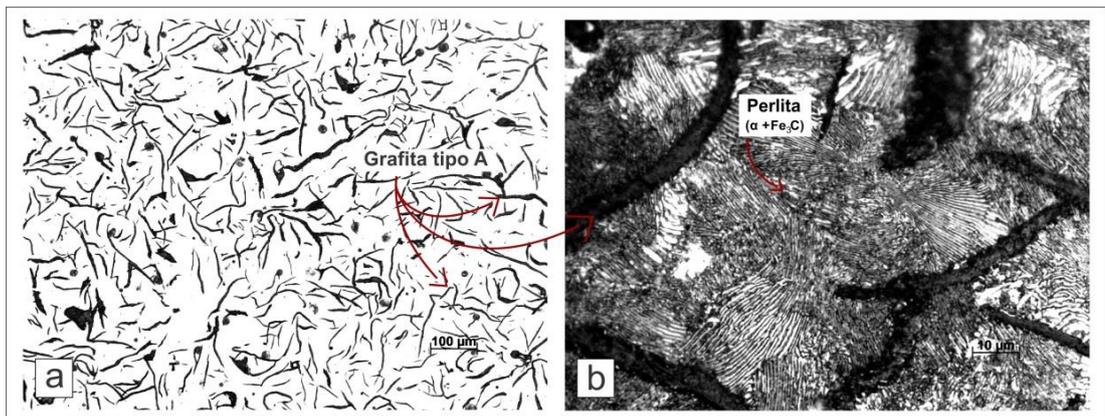
Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 10x sem ataque ; (b) Objetiva 20x, ataque Nital 2%.

A Figura 29 (a) apresenta a microestrutura de um FoFo grafita compacta sem ataque. Nota-se os veios de grafita com morfologias intermediárias entre o FoFo cinzento e o nodular. Uma das maiores aplicações para esse FoFo é na fabricação de moldes de lingote, em que a vida útil do molde é maior de 20 a 70% em comparação com os moldes feitos a partir de FoFo cinzento (BRAMMFITT E BENSCOTER, 2001).

Os FoFos, objeto de estudo nesta pesquisa, contém uma série de propriedades que podem ser adequadas e adaptadas para uma finalidade específica através da ação de tratamentos térmicos adequados. A forma da grafita em FoFo é dispersa na matriz com uma microestrutura que é determinada pela composição e pelo tratamento térmico, sendo a microestrutura usual uma matriz de perlita e grafita (ASM handbook, 1991). Ainda o FoFo, devido ao resfriamento rápido e baixo Si, apresenta C na forma de cementita. Sua aplicação é adequada em situações que requerem resistência ao desgaste (CHIAVERINI, 2012).

Em termos de composição, foi verificado através do EDS (Apêndice A) que o FoFo em questão possui o elemento Mn e, segundo ASM handbook (1991) quando a quantidade de Mn for maior de aproximadamente 1,2% caracteriza-se FoFo perlítico. A Figura 30 mostra a identificação da microestrutura obtida diretamente do disco de freio.

Figura 30 – Micrografia do Ferro Fundido cinzento, peça obtida diretamente do disco de freio (a) Veios de grafita tipo A (b) FoFo normalizado de matriz perlítica e grafita.



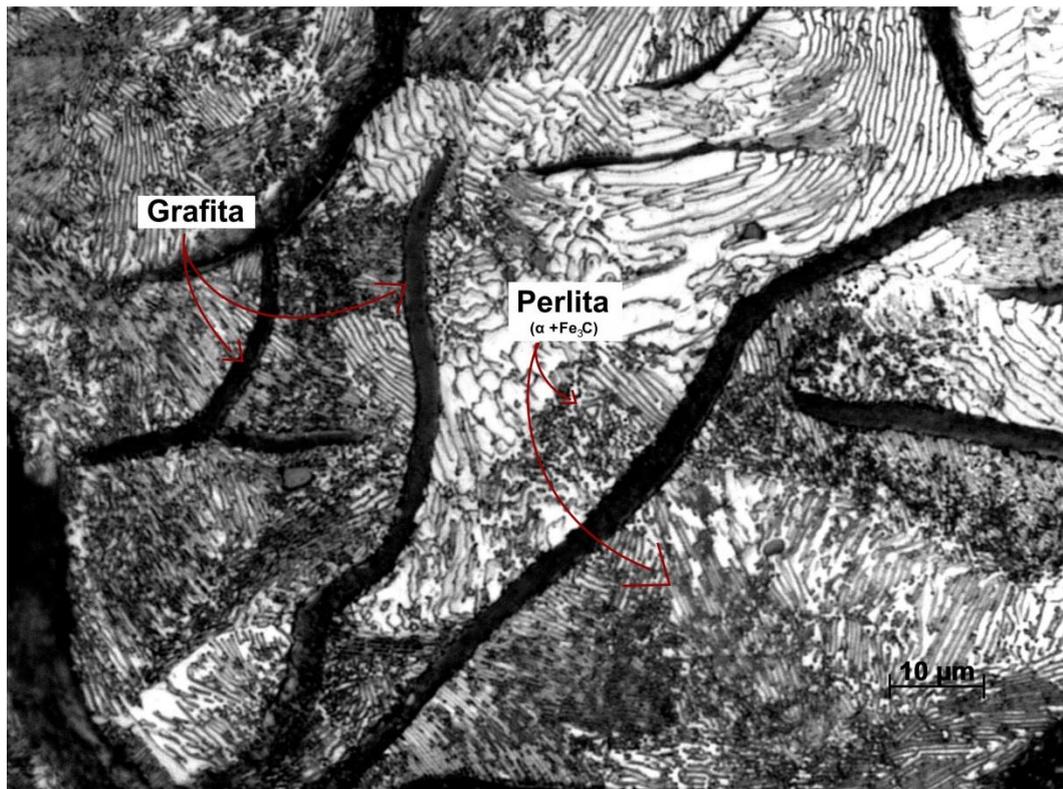
Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 10x sem ataque ; (b) Objetiva 100x, ataque Nital 2%.

A Figura 30 (a) apresenta o tipo A de grafita e (b) apresenta a matriz perlítica, e regiões escuras os veios de grafita. A normalização observada na amostra original foi confirmada via tratamento térmico de normalização posterior. Esse tratamento térmico é utilizado para melhorar propriedades mecânicas, como resistência à tração e dureza, com o objetivo de

homogeneizar a microestrutura e as propriedades do estado bruto de fusão que apresenta perlita e ferrita (CHIAVERINI, 2012).

A micrografia após ataque químico seletivo com Nital 2% do FoFo cinzento após recozimento pleno é apresentada na Figura 31.

Figura 31 – Micrografia do FoFo cinzento tratado termicamente por recozimento pleno. Matriz perlítica e grafita.



Parâmetros de análise em MO: Objetiva 100x, ataque Nital 2%.

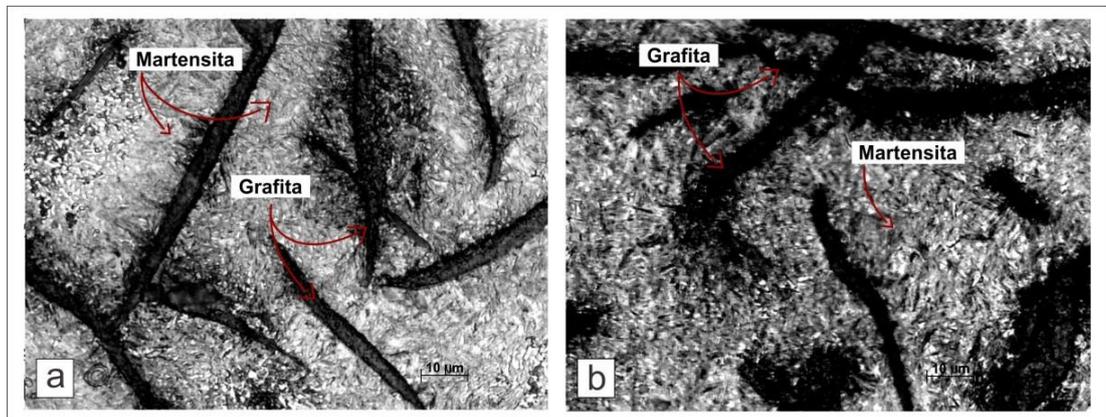
A Figura 31 apresenta a microestrutura de um FoFo recozido, na qual nota-se que a morfologia da estrutura não difere com intensidade da imagem anterior. No entanto, segundo Chiaverini (2012), a resistência mecânica e a dureza diminuem, ao mesmo tempo que as tensões residuais são aliviadas. Este tratamento conforme Askeland (2008) “apaga” as estruturas resultantes de outros tratamentos sofridos anteriormente, isso ocorre porque, ao passar pela zona crítica acontece a nucleação e crescimento de novos grãos. A temperatura entre 700 e 760°C é recomendada para a maioria dos FoFos cinzentos (ASM handbook, 1991).

O tratamento térmico de têmpera geralmente exige um resfriamento rápido, sendo a velocidade do resfriamento um dos fatores mais importantes para um bom resultado. A

escolha do meio de resfriamento para o processo de têmpera depende da dureza que se quer atingir, da forma e dimensões da peça. Os meios de resfriamento mais usuais para os FoFos são óleo em agitação e, eventualmente água. O óleo em agitação é um meio de resfriamento mais brando que a água, isto é, o choque térmico no resfriamento é menor, diminuindo a probabilidade de empenamento (CHIAVERINI, 1987). A têmpera e posterior revenido aumentam consideravelmente a resistência ao desgaste e à abrasão a um custo menor (HEAT TREATER'S GUIDE, 1995).

A Figura 32 ilustra a microestrutura do FoFo cinzento temperado; temperado e revenido, ambos resfriados no óleo em agitação.

Figura 32 – Micrografia do FoFo cinzento tratado termicamente por (a) Têmpera com resfriamento rápido em óleo (b) Têmpera e posterior revenido com resfriamento ao ar.



Parâmetros de análise em MO: (a) Objetiva 100x, ataque Nital 2% (b) Objetiva 50x, ataque Nital 2%.

A Figura 32 (a) expõe a morfologia do FoFo cinzento temperado seguido de resfriamento rápido em óleo: esse tratamento aumenta a dureza e a resistência mecânica e, em consequência, a resistência ao desgaste. No entanto, peças com formas complexas e grandes diferenças de espessuras não podem ser aquecidas muito rapidamente e o resfriamento deve ser lento, diminuindo as tensões residuais em peças com formas complexas (CHIAVERINI, 1987). A Figura 32 (b) expõe o Fofo revenido: esse tratamento é levado a efeito a temperaturas de acordo com a dureza final desejada.

Os testes de dureza são ensaios complementares à análise de microscopia. Assim o Quadro 8 apresenta os resultados dos tratamentos térmicos realizados no disco de freio de FoFo cinzento, nesse caso o ensaio de dureza Vickers.

Quadro 8 – Ensaio de Dureza Vickers nos FoFos tratados termicamente.

	Dureza Vickers (HV)		
	MIN	MÁX	MÉDIA
FoFo cinzento	202	215	209
Normalização	211	257	235
Recozimento Pleno	186	195	191
Têmpera em água	508	536	521
Têmpera em óleo	435	528	497
Revenido pós têmpera em água	453	509	471
Revenido pós têmpera em óleo	424	467	444

O Quadro 8 apresenta o resultado do ensaio de dureza de todos os tratamentos térmicos realizados no FoFo cinzento. Entre os dados tem-se a dureza mínima (MIN), máxima (MÁX) e média. Observa-se que o FoFo cinzento original, conforme a micrografia da Figura 32, recebeu o tratamento térmico de normalização, isso foi observado através dos valores de dureza de 199 por 223 HV. Já o FoFo recozido apresentou uma pequena diminuição de dureza uma vez que ocorreu um maior alívio das tensões residuais quando comparado com a amostra normalizada.

As têmperas em água e óleo visam o aumento da dureza do material, pois a taxa de resfriamento é consideravelmente maior quando comparado com o recozido (resfriamento com o forno desligado) e a normalização (resfriamento ao ar). Os testes mostraram que a dureza da amostra temperada em água é maior. Isso ocorre devido a taxa de resfriamento da água ser maior que a do óleo, conseqüentemente as tensões internas são maiores resultando em placas e ripas de martensita mais grosseira. O tratamento térmico de revenido após as têmperas que objetiva o alívio de tensões uma vez que transforma a estrutura tetragonal de corpo centrado da martensita em ferrita e cementita, mantendo a estrutura de ripas e placas (CHIAVERINI, 1996).

4.2 ESTUDO TÉCNICO E CATALOGRÁFICO

O estudo catalográfico e técnico inicia a fase de execução de métodos para a elaboração do glossário conforme indica o Quadro 6, exemplificado no capítulo 3.1. Através da avaliação do *corpus* (citado no capítulo 1.4) com base na análise de similares distribuídas em meios

distintos, porém com a mesma finalidade: a de informar o projetista sobre materiais. Após o estudo, foi elaborada uma lista contendo requisitos e restrições para contribuir na seleção dos dados para a ficha técnica. Foi desenvolvido um mapa conceitual que abrange o maior número possível de elementos e termos que integram a área relacionado aos FoFos para auxiliar na definição das principais categorias, a fim de organizar a pesquisa. Para os termos que integram a ficha frente e verso, foi elaborada uma proposta de glossário, com o viés de auxiliar o usuário na compreensão no momento da consulta.

4.2.1 Análise de similares: informações técnicas

Para auxiliar na seleção dos dados técnicos, a fim de definir aspectos de maior relevância para que possam constituir a ficha, foram identificados, através de uma análise, os dados disponibilizados por ferramentas informacionais em geral sobre materiais. Foram selecionados para a pesquisa sites disponíveis via internet, nacionais e internacionais: FEEVALE de Novo Hamburgo/Brasil (acadêmico), MATERIABRASIL de Rio de Janeiro/Brasil (acadêmico e comercial), MATERIA de Naarden/ Holanda (comercial) e LdSM de Porto Alegre/Brasil (acadêmico). Ferramentas disponíveis via meio bibliográfico: TRANSMATERIAL (Brownell, 2010), MADEIRAS BRASILEIRAS (PEREIRA, 2013). Ferramentas via *software*: *Cambridge Materials Selector* – CMS 2.0, com o apoio de desenvolvedores da Granta Design.

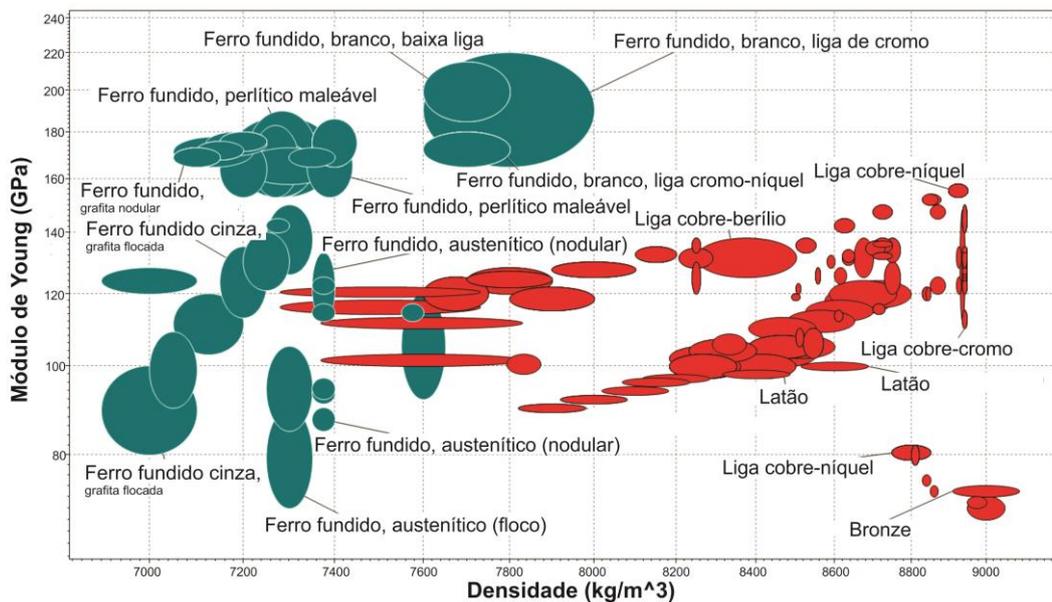
Para a organização do estudo, foi feita uma análise inicial para identificar aspectos positivos e possíveis falhas nos sistemas, levando em consideração itens como facilidade de acesso às informações, quantidade de informações disponíveis, riqueza das mesmas, linguagem visual, como ícones cujo objetivo seja a representação de conceitos referente aos materiais. Paralelamente foi elaborado um fluxograma organizando as informações em ordem hierárquica para compreender quais atributos estão sendo disponibilizados e quais são considerados mais importantes pelos especialistas. Para isso, usou-se um critério de avaliação que consiste em organizar cada categoria em cores distintas.

a) Sistema Informacional via Software - *Cambridge Engineering Selector*

Em busca de evolução nas técnicas de seleção de materiais, surgem os mapas de propriedades dos materiais, originalmente introduzidos por Ashby (1989). Estes procuram

agrupar todas as famílias dos materiais em gráficos cujas coordenadas compõem, sempre que possível, as propriedades. Essa ferramenta é versátil e adequada ao projeto de produto, uma vez que possibilita a visualização e a comparação direta de todos os materiais e suas classes. O software, em primeira análise, requer um entendimento prévio do usuário e algum treino. A Figura 33 foi disponibilizada através do software *CES - Edupak (Cambridge Engineering Selector)* da Granta Design, dando origem aos mapas de propriedades dos materiais, licenciado pela UFRGS para o LdSM.

Figura 33 – Esquema de representação do Mapa de Propriedade (MP) indicando o módulo de Young em função densidade dos materiais metálicos.

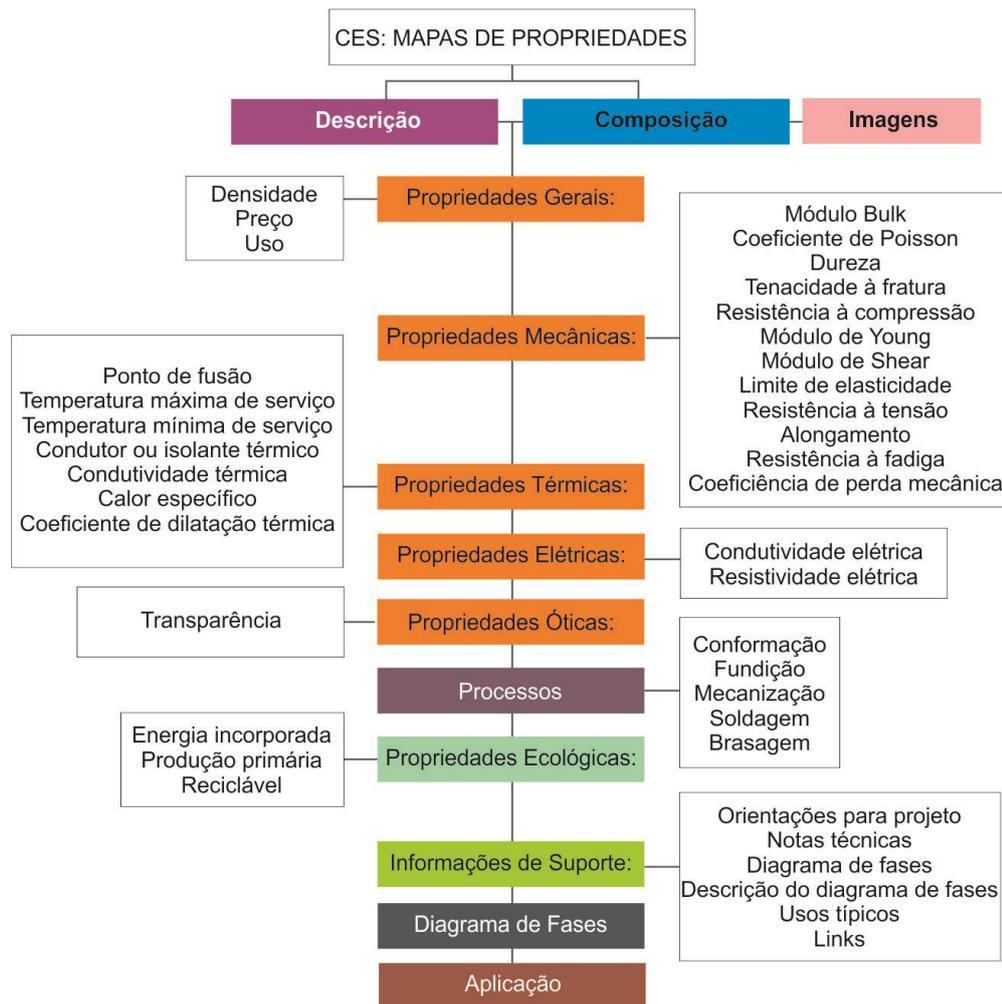


Fonte: Software Cambridge Engineering Selector

A Figura 33 mostra o esquema de representação da elaboração de um mapa de propriedade, indicando o módulo de Young em função densidade dos materiais metálicos. Nota-se, no exemplo, que os FoFos, dependendo do tipo, possuem diferentes níveis em relação ao módulo de elasticidade (Young) e a distinção do material em comparação com as ligas de cobre. Estes gráficos são visualizados de forma que os materiais enquadrados na etapa de seleção, apresentem-se através de elipses as quais determinam áreas de ocupação, apontando seu posicionamento diante de outros materiais através do cruzamento de elementos de comparação, que se referem a propriedades mecânicas, físicas, elétricas, térmicas e outras, também como custos de matéria prima, desempenho frente a intempéries, limitando o campo de possíveis requisitos valorizados no projeto pela influência do design (SILVA, 2005).

A Figura 34 segue demonstrando de uma forma mais clara em fluxo todas as informações que constam disponíveis no *software*, sobre um determinado material.

Figura 34 – Fluxograma referente à forma que as informações são organizadas no Software *Cambridge Engineering Selector*. Os itens em destaque são: descrição, composição química e imagens. As propriedades estão distribuídas em: gerais, mecânicas, térmicas, elétricas, óticas e ecológicas. Processos, informações de suporte, diagrama de fases e aplicações também constam no sistema.



A Figura 34 identifica as informações disponibilizadas pelo *software*. É um dos mais completos sistemas informacionais, os itens que integram a primeira linha da página indicam prioridade, são: Descrição geral do material, Composição química e Imagens de produtos acabados. Além das propriedades estarem divididas em mecânicas, térmicas, elétricas e óticas, acrescenta, ainda, um item com propriedades gerais que inclui a densidade, preço e primeiro uso. Refinam, citando processos de fabricação principais, propriedades ecológicas, informações de suporte, aplicação e, por fim, é o único sistema que informa o diagrama de

fases no caso dos materiais metálicos, elencando esse item como uma informação importante para seleção de materiais metálicos, principalmente os FoFos.

b) Sistema Informacional Online - Feevale

Observa-se um problema ainda na etapa inicial da pesquisa referente ao portal que contém as informações acerca da materioteca da Feevale. Convém ressaltar que ao iniciar o processo de busca pela página da internet da Feevale em sites específicos de busca (como o *Google*, site utilizado pela grande maioria de usuários), o endereço não aparece, o que está disponível é o portal da Universidade da Feevale, o qual, em um link específico, cita o endereço eletrônico para consulta de acervos dos materiais. O usuário passa, então, por um processo de exaustão e uma razoável perda de tempo antes mesmo de poder explorar o conteúdo propriamente dito. A Figura 35 traz a página introdutória da materioteca da Feevale, disponível virtualmente.

Figura 35 – Dados disponíveis no portal da Materioteca da Feevale – Novo Hamburgo/RS. (5). Em destaque campos de busca por Acervo (1), glossário (2) e código (3). A Busca por material (5) direciona para uma página na qual é possível filtrar características como: classe (7), formas comerciais (8), meio (9), desempenho (10), descrição (11), processos de fabricação (12) e juntas duas propriedades de meio mais desempenho (13).

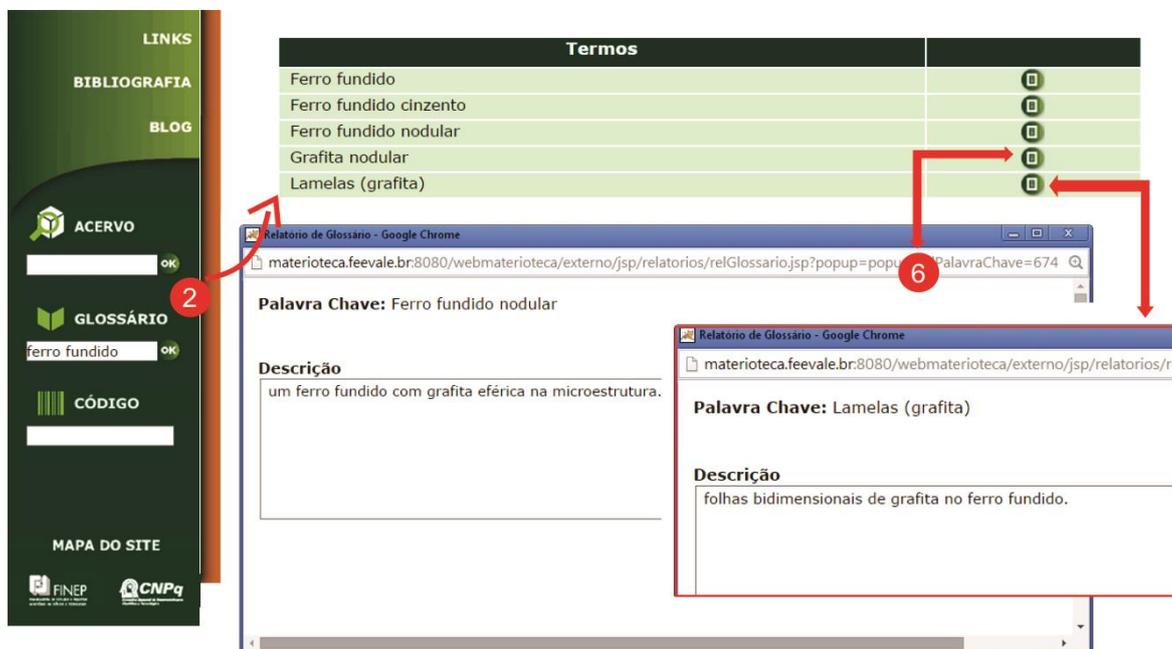


Fonte: <http://materioteca.feevale.br>

A página principal da Feevale possui três caixas para pesquisa: ACERVO (1), GLOSSÁRIO (2) e CÓDIGO (3). A primeira identificada no item 1, leva a uma página contendo dois links distintos para busca, o link identificado na Figura 35 como (4), o qual diz Busca Amostra. Para isto, o usuário necessita ter a amostra em mãos ou saber exatamente o que pretende filtrar e deve existir no banco de dados da materioteca, ou pode filtrar por classe de materiais, o qual trará uma lista com os materiais pertencentes à mesma. Já a Busca Material (5) direciona para uma página (FIGURA 35) na qual é possível filtrar determinando algumas características como classe (7), formas comerciais (8), como: barras (m), bloco (m), caibros (m), chapas (m), fios (m), folhas (g/m²), lâminas (m), lingote (m), manta (m²), peça (un), perfis (m), placas (m), ripas (m), rolo (m), tubos (m). meio (9), desempenho (10), descrição (11), processos de fabricação (12) ou mesclar meio mais desempenho (13).

Um item que vem ao encontro com a proposta deste trabalho é o Glossário - Figura 35, item 2, que, por sua vez, realiza a busca por palavra-chave ou termos que se deseje. Mostrou-se pouco consistente em relação à definição do termo, como identificado na Figura 36 (6) sobre FoFo nodular, descrevendo como um ferro fundido com grafita esférica na microestrutura, no entanto não explicita o que é microestrutura. Outra peculiaridade é que o termo FoFo não foi encontrado no Glossário, mostrando que é pobre em quantidade de termos, suas especificidades e interpretação. A Figura 36 mostra claramente essa problemática.

Figura 36 – Dados disponíveis no portal da Materioteca da Feevale – Novo Hamburgo/RS. A busca através do Glossário (2) direciona para uma página de termos, a qual possui uma ferramenta (6) para um relatório sobre o material desejado, contendo palavra chave e descrição do material.

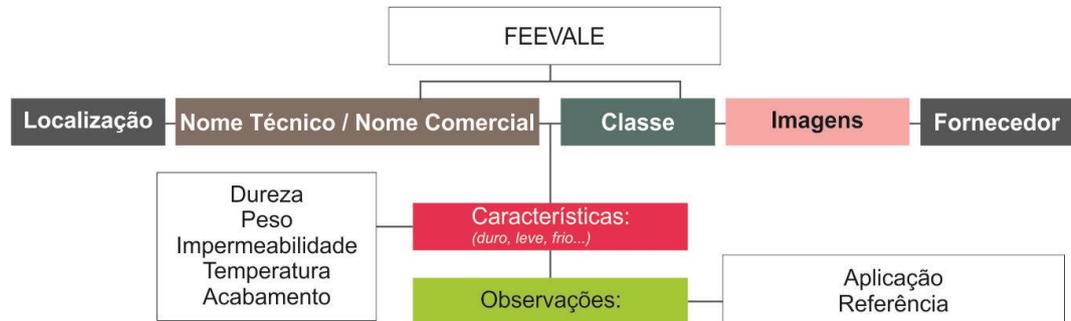


Fonte: <http://materioteca.feevale.br>

A Figura 36 ilustra o sistema informacional da Feevale e mostra-se impreciso no quesito de busca por termos específicos sobre materiais, não possui informações sobre todos os tipos de FoFos, aliás, durante a busca online, não foram encontrados materiais pertencentes a essa categoria.

Por fim, na busca por Código - Figura 35, item 3, é necessário estar na materioteca ou digitar o código cadastrado no banco de dados, o que o torna menos utilizado. Quando selecionado o material em qualquer uma das opções de busca, o sistema resultou em ícones - Figura 36, item 6 -, os quais geram fichas dos materiais em forma de tabela, mostra também dentro de cada ficha a imagem do material e todas suas características, como composições químicas, tipos de aplicação, as propriedades e processos relacionados ao produto, no entanto, nenhuma ficha contendo informações técnicas sobre ferros fundidos foi encontrada. A Figura 37 mostra o fluxograma representando as informações disponíveis sobre alguns materiais no portal da Feevale.

Figura 37 – Fluxograma referente à forma que as informações são organizadas no portal da materioteca da Feevale. Como itens principais destacam-se localização, nome técnico e comercial, classe, imagens e fornecedor da amostra. Quanto às propriedades: características e observações.



As informações no portal da Feevale são de difícil acesso e incompletas. A Figura 37 demonstra a ínfima quantidade de informações, o que chama a atenção quando o site, no primeiro impacto, parece conter muita informação, pois existem inúmeros links para busca. As informações são repetidas como nome técnico e nome comercial, também demonstra carência de informações técnicas. A maneira mais fácil de conhecer e identificar um material através desse sistema é utilizando a ferramenta de código de barras que a materioteca disponibiliza, assim, é mais rápido, mas o usuário precisa estar na materioteca e fica restrito aos materiais catalogados.

c) Sistema Informacional Online - Materia Brasil

As informações são disponibilizadas através de um questionário fornecido pelos fabricantes. Tem-se um ponto negativo: entre todos os materiais disponíveis, não foi encontrado nenhum referente à classe de materiais metálicos. Quanto à pertinência de informações, o portal da Materia Brasil do Rio de Janeiro, no Brasil, possui características interessantes as quais são designadas Direcionadores de Sustentabilidade, para cada item tem-se um símbolo e um texto sobre o mesmo, como Ciclo (Figura 38 (7)), o qual trata sobre a matéria-prima ser proveniente de manejo sustentável, biodegradável, se é reciclável ou renovável tanto para o material quanto para a embalagem. Segurança (8): questões relativas a componentes químicos e toxicidade. Fatores humanos (9): se promove a inclusão social de mulheres, deficientes físicos, jovens, entre outras questões sociais. Energia (10) e Água (11): se utiliza alto ou baixo consumo das mesmas e Gestão (12): esse último item não possui uma especificação coerente, demonstra-se amplo demais. A Figura 38 exibe a página online.

Figura 38 – Dados disponíveis no portal da MATERIABRASIL – Rio de Janeiro/RJ. Em destaque: nome genérico/comercial (1), imagem (2), classe (3), descrição do material (4), disponibilidade (5), local de produção (6) e características (12). Informações referentes à sustentabilidade como: ciclo (7), segurança (8), fatores humanos (9), energia (10), água (11) e gestão (12).

MateriaBrasil Sobre Portfólio Contato Explore Cadastre Pesquise por materiais ou fornecedores... Login

Laminado estrutural de fibras vegetais

3 Compósito
EST-Cfn-00201

4 Painel laminado composto por fibras vegetais e resina biodegradável a base de óleo de mamona. A base para produção do VegPlac são fibras de pupunha, descartadas no processo de corte do palmito de manejo agroecológico e orgânico, misturadas a outras fibras de espécies variadas, sem o uso de aditivos ou corantes.

5 Disponibilidade
Em desenvolvimento

6 Local de produção
Brasil

Você quer o contato do fornecedor deste material?
Login

7 Ciclo **8** Segurança **9** Humano **10** Energia **11** Água **12** Gestão

A matéria-prima é proveniente de manejo sustentável
Biodegradável
Matéria-prima virgem e renovável na composição é menor que 50%

12 Características

Uso	Estrutural
Forma	Chapa corrugada
Visuais	Brilhante, Fosco, Opaco
Táteis	Áspero, Liso, Rígido, Texturizado
Densidade/gramatura	4,4 kg/m ²

Fonte: <http://materiabrasil.com>

As demais informações limitam-se a nome do material Figura 38 (1), Imagem (2), Classe (3), descrição acerca do material em questão (4), como pontos positivos e comerciais. Disponibilidade (5) e local de produção (6) também são informados. Características (12), como: Uso ou aplicação, Formas de comercialização, Características visuais e táteis, tais

como: brilhante, opaco, fosco, áspero, liso, rígido, texturizado e outros. Por fim, densidade e/ou gramatura. A Figura 39 esquematiza o conteúdo disponível.

Figura 39 – Fluxograma referente à forma como as informações são organizadas no portal da Materia Brasil. Os itens em destaque são: imagens, classe, descrição, disponibilidade e local de produção. Apresentam informações adicionais como direcionadores de sustentabilidade e algumas propriedades em características.



A Figura 39 demonstra nitidamente a forma com que as informações são expostas, de maneira simples e objetiva, mostrando que não é necessário acrescentar uma infinidade de dados para obter informações importantes, mas sim, apresentá-las através de uma linguagem acessível e compreensível para o profissional do design. Os direcionadores de sustentabilidade são um item que agrega valor ao conteúdo, mas não são todos disponíveis, alguns materiais possuem informações somente sobre Energia, por exemplo. No entanto, faltaram as propriedades técnicas básicas, como propriedades mecânicas e processos de fabricação, que são essenciais para a seleção de um material. Uma observação interessante é a similaridade entre esse sistema com o sistema online da Materia na Holanda, comentado na Figura 38, tanto na disposição das informações quanto no conteúdo das mesmas.

d) Sistema Informacional Online - *Materia*

A *Materia Exposições* em Naarden, na Holanda, é considerada uma rede global na área de materiais inovadores, que incentiva a inovação conjunta sobre o estabelecimento de um ambiente construído, mais bonito, sustentável e de alta qualidade. A página contendo as informações sobre seu acervo de materiais online é apresentada na Figura 40.

Figura 40 – Dados disponíveis no portal da Materia em Naarden/ Holanda. Em destaque nome genérico (1) do material, seguido do código do material (2), país (3) e marca (4) e imagem do produto acabado (5). Divulgação do material (6) e acesso a um link (7) para contatar a marca. Dentre as propriedades (8) sensoriais e (9) técnicas.

1 NEDZINK NATUREL

Category: Metals **2** Code: MET231 **3** Country: Netherlands **4** Brand: NedZink B.V. pro

5

6 17 April 2014 - story by materia

NedZink Naturel is a durable and aesthetic material that in the course of time develops a unique charm by the progressive patination of roof and façade cladding as well as roof gutters and rainwater drainage systems. The patina layer originates by the formation of a zinc carbonate base, which forms an oxide skin that is also a natural protective coating. This process starts under the influence of the weather conditions. It has a natural course, so the full grey shade is obtained after one to four years. NedZink Naturel is self-healing and is mainly used where a natural and lively appearance, cost-effectiveness and a long life are required. It is available in a natural colour, with a smooth rolled surface and in coils or sheets.

7 CONTACT BRAND

8 MATERIAL PROPERTIES

SENSORIAL	TECHNICAL	TAGS
GLOSSINESS: MATTE	FIRE RESISTANCE: GOOD	METALS
TRANSLUCENCE: 0%	UV RESISTANCE: GOOD	
STRUCTURE: OPEN	WEATHER RESISTANCE: GOOD	
TEXTURE: SMOOTH	SCRATCH RESISTANCE: MODERATE	
HARDNESS: HARD	WEIGHT: MEDIUM	
TEMPERATURE: COOL	CHEMICAL RESISTANCE: MODERATE	
ACOUSTICS: POOR	RENEWABLE: NO	
ODOUR: NONE		

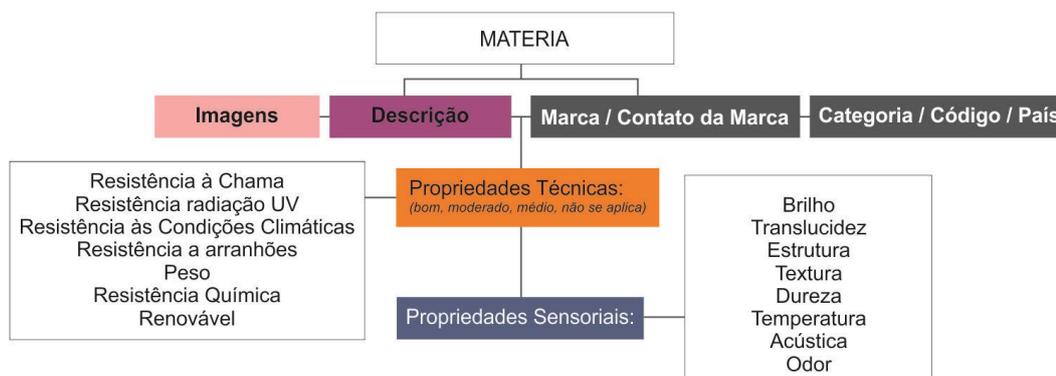
PREVIOUS POST NEXT POST

Fonte: <http://materia.nl/>

A Figura 40 mostra que esse sistema é muito semelhante ao método de disponibilização de informações do Materia Brasil (FIGURA 38), inclusive o aspecto visual da página, pois ambos possuem o conteúdo completo em uma única página, assim, não há a necessidade de se

procurar ou clicar diversas vezes. A Figura 40 (1) identifica o nome atribuído ao material, o código do material (2), país (3) e marca (4) estão na primeira linha em destaque. São expostas algumas imagens do produto bruto e também do produto acabado (5). Abaixo da imagem disponibilizam um conteúdo informacional, um texto que abrange as principais características do produto, na forma de divulgação do material (6), na Figura 40 (7) um *link* para contatar a marca, demonstrando ser um portal com fins comerciais. Nos itens (8) propriedades sensoriais e (9) propriedades técnicas. Para simplificar e entender essa disposição, foi elaborado um fluxograma exibido na Figura 41.

Figura 41 – Fluxograma referente à forma como as informações são organizadas no portal da Materia. Destacam-se imagens do produto acabado, descrição, marca e contato da empresa, código do material e país que foi desenvolvido. Propriedades técnicas e sensoriais descritas.



O Fluxograma apresentado na Figura 41 demonstra o quanto as informações são apresentadas de maneira sucinta. As propriedades técnicas estão identificadas através de um método simples como bom/moderado/médio ou não se aplica, facilitando quando o usuário não possui conhecimentos em engenharia. Para os designers, que muitas vezes não estão buscando algo preciso, somente algum requisito específico, como por exemplo, se o material possui resistência a condições climáticas.

e) Sistema Informacional Online - Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM)

O site possui uma tela de apresentação, nele não é necessária a realização de cadastro para a utilização do mesmo. No link materiais, encontram-se os mesmos disponíveis por categorias (Compósitos, Metais, Polímeros, outros). A Figura 42 exhibe a tela onde as informações estão inseridas.

Figura 42 – Dados disponíveis no portal do LdSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS. O portal reúne diversas informações pertinentes como: composição química (11), aplicação (12), propriedades (1,2,3,4,5) e processos (6,7,8,9,10) diversos e quatro imagens de produtos acabados (13).

The screenshot displays the LdSM website interface. At the top, there is a navigation bar with the LdSM logo on the left and the UFRGS logo on the right. The main navigation menu includes: Linhas de Pesquisa, Materiais e Processos, Ensino, Extensão, Consultoria, and LdSM. Below this, a sub-header reads "Laboratório de Design e Seleção de Materiais".

The main content area is titled "Metais - Ferrosos - Ferro Fundido". On the left, there is a sidebar menu with categories: Polímeros, Cerâmicos, Metais (with sub-items for Ferrosos and Não Ferrosos), Naturais, and Compósitos. The "Ferrosos" category is selected.

The central content area provides the following information:

- 11 Composição:** Fe com 1.7 - 4.5%C
- 12 Aplicação:** Bases de máquinas, blocos de motores, rodas, polias, componentes mecânicos.
- 13** Four images of finished cast iron products.
- Propriedades:**
 - 1 Dados para Projeto
 - 2 Propriedades Mecânicas
 - 3 Propriedades Elétricas
 - 4 Propriedades Físicas
 - 5 Propriedades Térmicas
- Processo:**
 - 6 Acabamentos Superficiais
 - 7 Uniãoes
 - 8 Usinagem
 - 9 Conformação
 - 10 Outros

On the right side, there is a list of material types with "Ferro Fundido" highlighted in a red box:

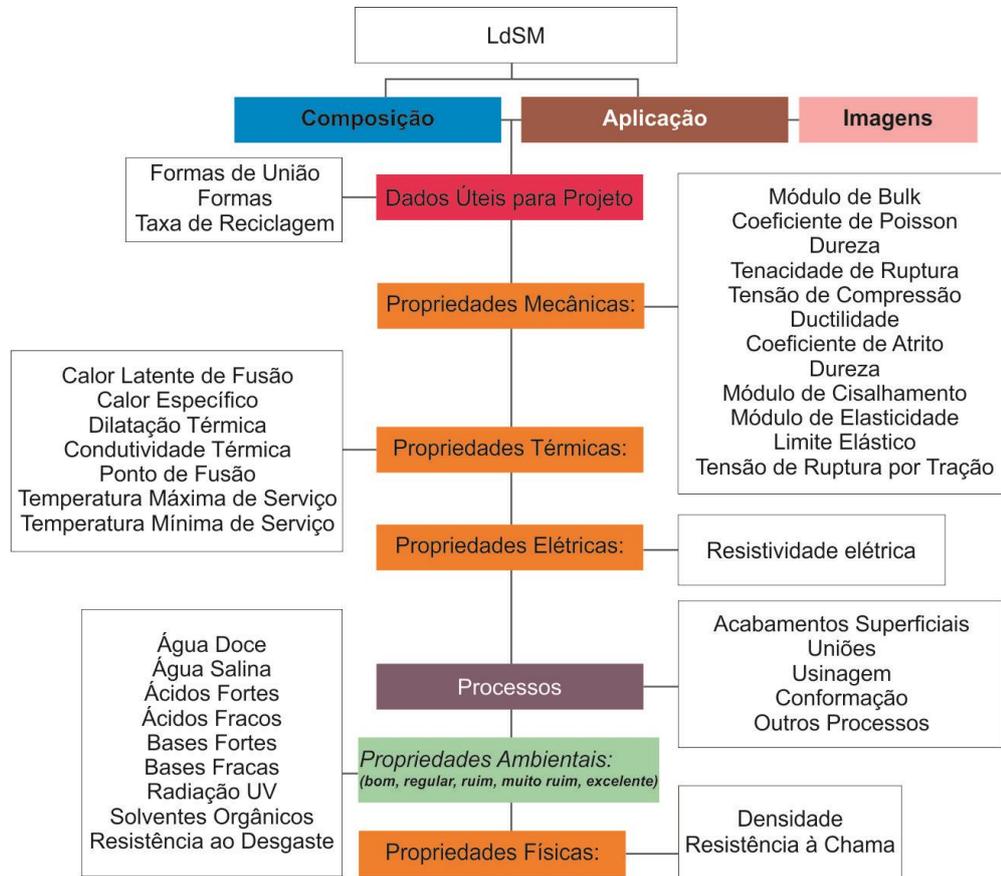
- Aço Alto Teor de Car
- Aço Baixo Teor de C
- Aço Inox Austenítico
- Aço Inox Ferrítico
- Aço Médio Teor de C
- Ferro Fundido**

At the bottom left, the LdSM logo and contact information are provided: Av. Osvaldo Aranha, 99/R04, Centro - Porto Alegre - RS, Fone/Fax: (51) 3308 3349. At the bottom right, there is a "Voltar" button.

Fonte: <http://www.ndsm.ufrgs.br/>

A Figura 42 mostra o quanto completo é esse sistema, a quantidade e riqueza de informações é muito semelhante às disponibilizadas no *software Cambridge Materials Selector*, ainda mais completo em relação a particularizações de um material, por exemplo, sobre ferros fundidos encontram-se cinco diferentes categorias para Propriedades e cinco categorias para Processos, além de Composição Química, Figura 42 (11), Aplicação (12) e imagem de produtos acabados (13). Segue a Figura 43 para ilustrar todas as informações disponíveis no site.

Figura 43 – Fluxograma referente à forma com que as informações são organizadas no portal do LdSM. Dentre os itens em destaque: composição, aplicação e imagens. O portal exibe ainda: dados para projeto, propriedades divididas em: mecânicas, térmicas, elétricas, ambientais e físicas. Ainda Processos de fabricação.



A Figura 43 mostra como este sistema é completo no quesito de quantidade e riqueza das informações, no entanto, muitas vezes o site não está disponível, em manutenção ou simplesmente não é possível acessá-lo. Além de que, o usuário deve ter um prévio conhecimento sobre materiais, pois para chegar aos FoFos foi necessário clicar na classe de materiais metálicos - Ferrosos, sendo que não possui um sistema de busca, por palavra-chave, por exemplo, e as informações nem sempre estão atualizadas. Este é um sistema que tornar-se-ia ainda mais eficiente se fosse adicionado um glossário sobre termos específicos para cada classe de materiais.

f) Sistema Informacional Bibliográfico - Madeiras Brasileiras: guia de combinação e substituição.

Disponível em bibliografia acoplada a noventa fichas mostruário sobre madeiras brasileiras, o Livro *Madeiras Brasileiras: guia de combinação e substituição*, por Pereira (2013), traz uma discussão sobre as dificuldades observadas em relação à transferência de informações sobre estes materiais. Com esse objetivo, traz informações para a aplicabilidade do material em mobiliário e em interiores, valorizando os aspectos sensoriais das inúmeras madeiras e suas características técnicas e comerciais. A Figura 44 apresenta a frente e o verso das fichas sobre madeiras brasileiras.

Figura 44 – Ficha distribuída como guia de combinação e substituição referente a madeiras brasileiras do livro *MADEIRAS BRASILEIRAS: Guia de combinação e substituição*. O guia apresenta repetidamente o nome comercial (1) e o nome comum (2). Ainda imagem macroscópica (material bruto) (3) e microscópica (4) e características sensoriais (5). No verso: aplicação (6), cor (7), propriedades físicas e mecânicas (8), durabilidade (9), secagem (10), processo de fabricação (11), e ainda observações(12).

1 Uxi
ENDOPLEURA UCHI

2 Nomes mais comuns:
Açuá, cumatê, paruru, pururu, uxi-pucu, uxi-liso, uxi-verdadeiro.

3 Imagem macroscópica (material bruto)

4 Imagem microscópica

5 CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS

Cor da madeira:
Marrom-avermelhado-claro

Cor da madeira envelhecida:
Marrom forte

Grã: Direita **Textura:** Média

Figura / Brilho / Cheiro / Gosto:
Anéis de crescimento distintos; linhas vasculares destacadas (face tangencial); brilho moderado; cheiro indistinto.

6 Usos mais comuns: (Ícones de aplicação)

7 Madeira Marrom

8 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

Densidade média (Kg/m³): 930 – pesada
Dureza *janka* (Kgf): 1.059 – dura
Contr. Tangencial: 9,6% – média
Contr. Radial: 6,4% – alta
Contr. Volumétrica: 15,6% – média

9 DURABILIDADE NATURAL

Insetos: *
Fungos: Resistência moderada*

10 SECAGEM

Ao ar livre
Facilidade: ---
Riscos: ---

Em estufa
Facilidade: Muito rápida
Riscos: Tendência moderada ao torcimento forte

11 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

USINAGEM			
Serra	Plana	Furadeira	Torno
Facilidade: ---	Facilidade: Regular	Facilidade: ---	Facilidade: Regular
Resultado: ---	Resultado: Ruim	Resultado: ---	Resultado: Ótimo
UNIÃO		ACABAMENTO	
Cola	Prego	Lixa/Polimento	Pintura/Verniz
Facilidade: ---	Facilidade: ---	Facilidade: Regular	Facilidade: ---
Resultado: ---	Resultado: ---	Resultado: Ruim	Resultado: ---

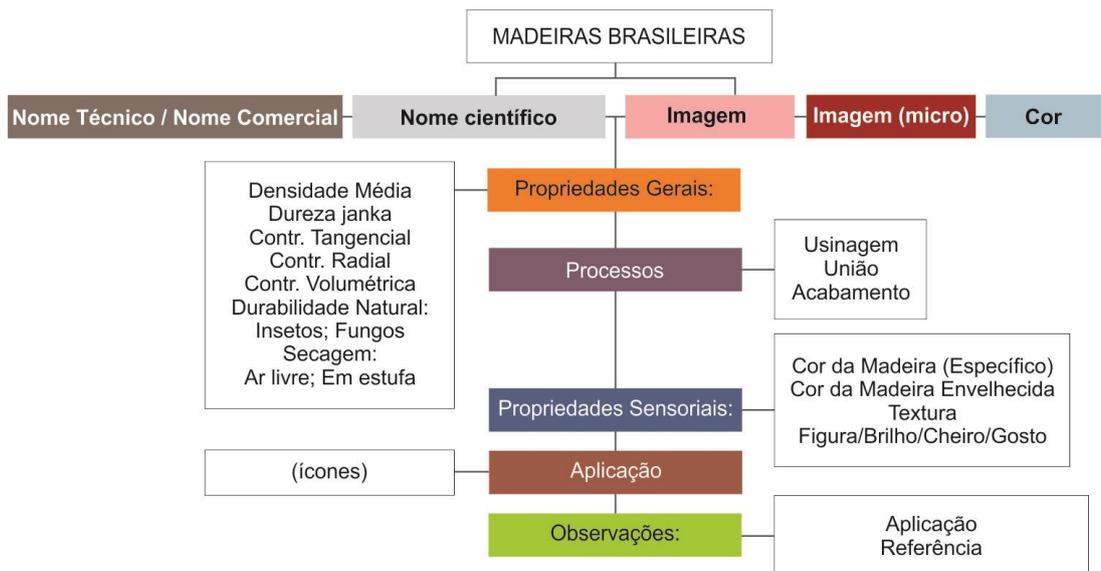
12 Observações: * Cerne pouco permeável às soluções preservativas – sob pressão.

Fonte: PEREIRA (2013)

Foi importante analisar este sistema mesmo tratando-se especificamente de uma classe de materiais - as madeiras - por que esta pesquisa busca também o conhecimento de uma classe específica, a princípio, os Ferros Fundidos. A Figura 44 (1) traz o nome comercial e (2) o nome mais utilizado, mas essa informação é repetida e convém ressaltar que o tamanho da ficha é limitado. O item (3) apresenta a imagem macroscópica (material bruto) e o mais interessante (4) imagem microscópica, sendo o único sistema informacional trazendo imagem da microestrutura do material. Ainda na Figura 44 (5) características sensoriais, no verso, item (6) aplicação em forma de ícones, uma forma visual e de fácil compreensão para o usuário, no

item (7) cor, (8) propriedades físicas e mecânicas, (9) durabilidade, (10) secagem, (11) processo de fabricação, (12) observações. A Figura 45 apresenta um fluxograma contendo todas as informações citadas.

Figura 45 – Fluxograma apresenta as informações que constam na ficha sobre Madeiras Brasileiras. Em destaca tem-se: nome técnico, comercial e científico, seguido das imagens macro e microscópico além da cor característica da madeira. Propriedades gerais e sensoriais relevantes para o material, aplicações e observações.



A Figura 45 demonstra a riqueza em quantidade de informações e também a relevância das mesmas, porém em alguns casos o espaço destinado para a informação está em branco, ou seja, há informações insuficientes o que dificulta a comparação entre um material e outro. Essa é uma variável que foi considerada para a proposta desse trabalho. Os ícones foram considerados como um ponto positivo e aplicável para a compreensão do designer, uma vez que designam de forma gráfica e simplificada as aplicações típicas.

g) Sistema Informacional Bibliográfico - Transmaterial

O Transmaterial é definido como um catálogo de materiais que redefine o ambiente físico a que pertencemos. Uma coleção composta por três volumes, editado por Blaine Brownell (2010), a qual reúne uma série de materiais inovadores, devidamente separado por classes, como: concreto, mineral, metal, madeira, plástico e borracha, tecido, iluminação e digital. É destinado a ser um recurso claro, conciso, acessível e cuidadosamente editado, que

fornece informações sobre as mais recentes e os mais intrigantes materiais disponíveis comercialmente. A Figura 46 apresenta o conteúdo informacional disponível nas páginas do livro.

Figura 46 – Página referente a materiais metálicos do Transmaterial . Em destaque: classe (1), nome comercial do produto (2) e descrição da peça (4). Outros dados incluem: conteúdo ou tipo do produto (5) aplicação (6), tamanhos e medidas (7), ambiente (8), limitações (9) e (10) Contato da empresa fornecedora.

City Servings N° 124616-001

1 Metal

2 VESSELS MADE FROM REPURPOSED METALS

3 

4 City Servings are bowls made from metal washers and discs reclaimed from former industrial uses. Artist Tammy Roy crafts each bowl by hand, welding collections of the flat metal objects together to form graceful, shallow vessels. In her careful repurposing of common industrial materials bound for disposal, Roy demonstrates that recycling can actually be "upcycling," and waste can be made into art.
Roy's Aaben bowl consists of welded metal washers, and the Lukket bowl is made of welded metal discs.

5 **CONTENTS**
Reclaimed metal washers and discs

6 **APPLICATIONS**
Container, art object

7 **TYPES / SIZES**
Aaben 7 x 3 1/2" (17.8 x 8.9 cm),
10 x 5 1/2" (25.4 x 14 cm),
13 x 5 1/2" (33 x 14 cm);
Lukket 20 x 3" (50.8 x 7.6 cm)

8 **ENVIRONMENTAL**
Reuse of disposable material

9 **LIMITATIONS**
Indoor use only

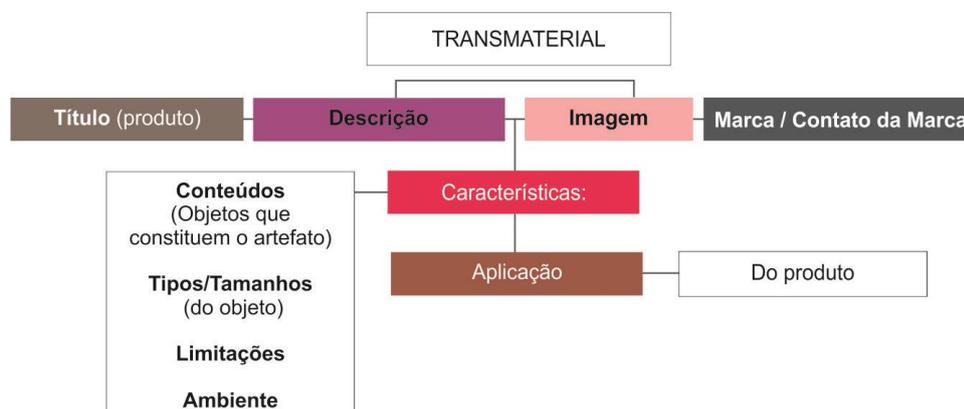
10 **CONTACT**
Realm Dekor
4308 Timber Valley Drive
Columbus, OH 43230
Tel: 614-893-1089
www.realmdekor.com
info@realmdekor.com

REPURPOSED PRODUCT

Fonte: Blaine Brownell (2010).

A Figura 46 identifica o conteúdo presente nas páginas do *Transmaterial*, onde uma página possui a descrição contendo informações como discos e anilhas de metais recuperados, (5) conteúdo, (6) aplicações como no exemplo objeto de arte. Ambiente (7), se o material pode ser reutilizável ou descartável, limitações (9) e medidas das chapas e contato de fornecedores (7), também uma breve descrição da artista responsável, dos processos de fabricação e da união utilizada, além das imagens do produto acabado. É possível visualizar essas informações em forma de fluxograma na Figura 47.

Figura 47 – Fluxograma referente ao conteúdo disponível no livro do Transmaterial. O sistema informa um título para o produto, descrição da peça, imagem do produto acabado, contato e nome da marca. Algumas características básicas e aplicação para o produto e não sobre o material.



A Figura 47 apresenta todas as informações disponíveis, uma forma simples, organizada e prática, principalmente por ser um material físico. O foco do *Transmaterial* é informar sobre o produto, mais do que sobre o material, apesar de as informações estarem distribuídas por classes de materiais. Ele informa o designer que desenvolveu o produto, o tamanho do produto e não do material, aplicações e características também sobre o produto. Outra bibliografia que utiliza princípios de disseminação de informações semelhantes é o *Materials For Inspiration Design* de Chris Lefteri (2006).

Após a conclusão das análises atuais do sistema e da arquitetura informacional dos sistemas similares, esses fluxogramas foram alinhados lado a lado para comparação de todos os sistemas através das cores, e foi elaborada uma lista com base nos critérios de seleção de materiais estipulados por Ferrante, Walter (2010) e Karana et al (2007) para auxiliar na escolha dos termos técnicos que integrarão a nova proposta de ficha técnica. A Figura 48 apresenta a lista de requisitos e restrições organizada em ordem decrescente.

Figura 48 – Quantitativo em ordem decrescente das informações disponibilizadas pela maioria dos sistemas. Informações, requisitos e restrições para projeto da ficha técnica.



A Figura 48 apresenta a lista de requisitos e restrições organizada em ordem decrescente. As setas indicam a importância relativa que esses aspectos são considerados pelos sistemas expostos.

A imagem e aplicação são requisitos utilizados por todos os sistemas, a diferença é que parte deles apresentam o material bruto, outros o produto acabado, outros ainda aplicam ambas as imagens. Os itens Característica e Descrição são confusos, por que cada sistema utiliza informações distintas, percebe-se isso se procurarmos na lista o item propriedades técnicas, não será encontrado, essas propriedades estão inseridas em categorias distintas, ora em Características ora em Descrição, para esse fim utilizam outros termos como Propriedades Gerais e Observações.

As informações tidas como requisitos foram selecionadas a fim de serem avaliadas. Em primeira opção já considerada para compor a ficha é a imagem microestrutural, seguido de

classe, aplicação e processos, itens essenciais para que um designer possa realizar a seleção de um determinado material e possível fabricação de um produto.

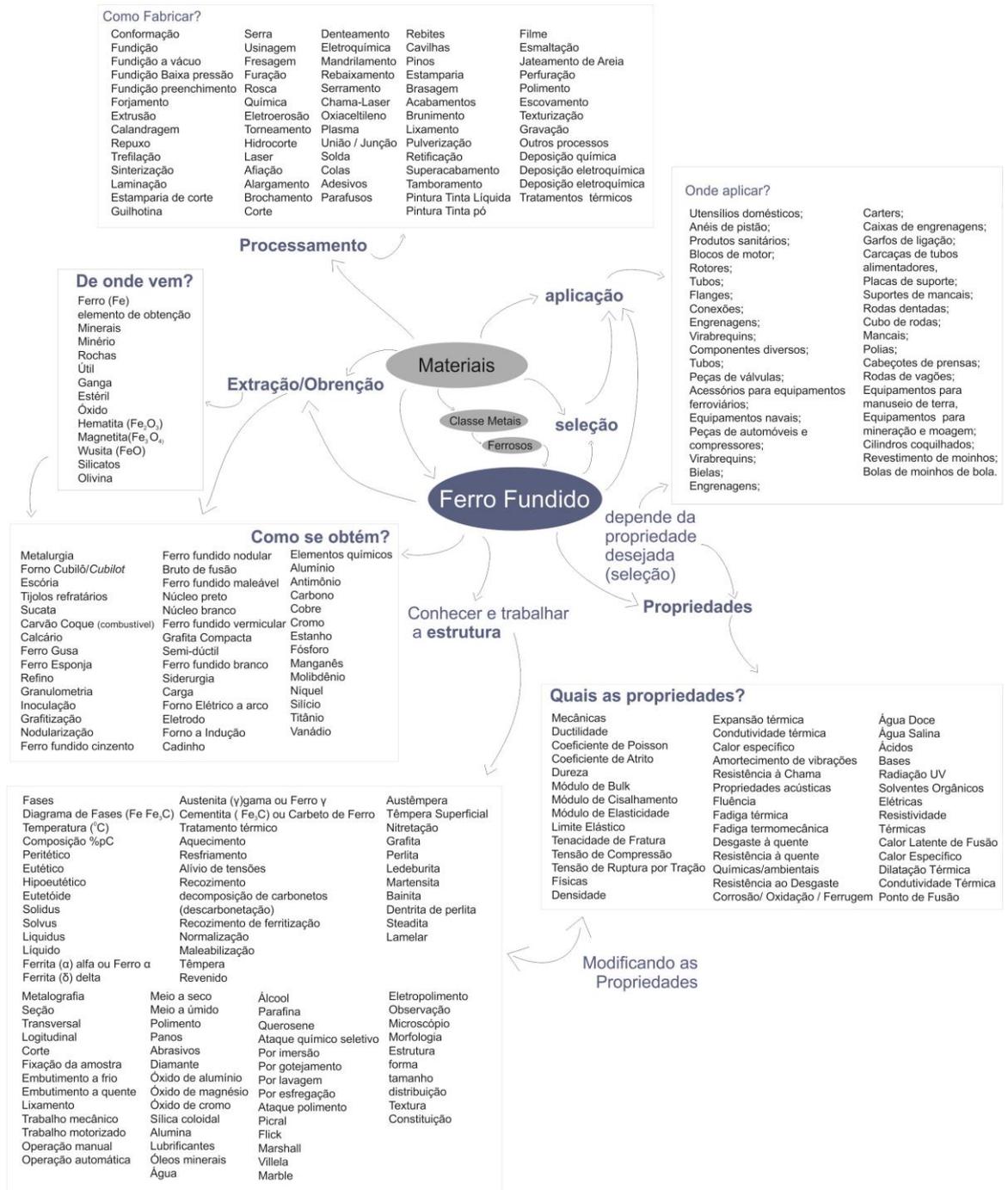
4.2.2 Definição das Categorias Principais

Atualmente, os mapas conceituais são empregados para representar o conhecimento, apresentar as diferentes relações entre os níveis que o constituem e aproximar o terminólogo da área em questão identificando os inter-relacionamentos dos conceitos de uma área (IENSEN, 2013). A aprendizagem Segundo Tavares (2007), é tida como um processo no qual o aprendiz relaciona a informação que lhe é apresentada com seu conhecimento prévio sobre esse tema, sobre isso o autor cita o exemplo de construção de um conceito: “A construção do conceito sobre um objeto como cadeira, tem características comuns a todos nós (forma, funcionalidade) mas existe algo de específico na maneira que cada um de nós a vê , refletindo na forma que construímos esse conceito” (TAVARES, 2007).

O mapa conceitual da Figura 49 foi desenvolvido com base no Mapa conceitual tipo sistema, citado por Tavares (2007). Este método organiza a informação no formato que é semelhante ao fluxograma, e tem como vantagem mostrar relações entre os conceitos de uma determinada área. Assim, segue um mapa conceitual que abrange a natureza dos Ferros Fundidos, representado na Figura 49.

É importante observar que o esquema apresentado na Figura 49 é base para que se possa entender a dinâmica do meio que integra o material ferro fundido e também para traçar as relações que se estabelecem no processo. Mostra, de forma gráfica, as relações básicas que se estabelecem e um ordenamento para representar o fluxo das informações e uma compreensão do tema.

Figura 49 – Representação conceitual referente ao fluxo de atividades e informações que integram o material Ferro Fundido.



O mapa conceitual (Figura 49) auxiliou na definição das grandes categorias, como por exemplo: processos de obtenção dos FoFos, desde a extração do óxido de Ferro através dos minérios que passam pela metalurgia para serem transformados em matéria-prima. A microestrutura dos FoFos apontando termos relacionados ao processo de metalografia, os elementos químicos que são utilizados nas ligas, e outros. Ainda as propriedades, processos

de fabricação e aplicação. Estas três últimas categorias foram selecionadas como cruciais itens informacionais para a consulta do designer e engenheiro, por isso são detalhadas a seguir.

4.3 PROPOSTA DE GLOSSÁRIO PARA FOFOS

Objetivou-se, realizar um trabalho pragmático-comunicativo, como prevê a Teoria Comunicativa da Terminologia (TCT), a partir de processos de comunicação in vivo e sua conformação nos campos do Design e da Engenharia. A Terminografia não estabelece a priori uma metodologia de trabalho completa e a que aqui adotada foi desenvolvida e adequada aos propósitos dessa investigação de forma a resultar na sugestão de um glossário especializado com uma linguagem acessível para aos profissionais e estudantes do design e das engenharias.

Esse procedimento visa permitir que qualquer pessoa que venha a ter acesso ao conteúdo estipulado nas fichas técnicas e que não conheça seu significado encontre sua definição. Também se pensou no fato de que nem sempre os meios utilizados para esse fim, utilizam os mesmos termos com o mesmo intuito, ou seja, em muitos casos, cunham seus próprios termos, utilizando-os de maneira aleatória, confundido seu real significado.

Assim, se na sequência da pesquisa, obteve-se um banco de dados considerável para dar suporte a uma possível materioteca, ou simplesmente informar estudantes e afins, o especialista terá acesso aos termos relativos, no caso, sobre FoFos, caso esses dados venham a ser digitalizados e disponibilizados via *web*. A proposta de glossário para Ferros Fundidos compõe-se de duas partes principais:

1. Conjunto de categorias organizadas em ordem sistemática (sistema conceitual);
2. Termos ordenados alfabeticamente e seus respectivos significados.

Desse modo, o usuário poderá encontrar o termo que procura seguindo a partir da ordem sistemática, visualizando o lugar que esse termo ocupa dentro do conjunto das unidades tratadas. Quanto a ordem alfabética pode ser consultada em caso de dúvida sobre algum termo que conste na Ficha Técnica.

4.3.1 Termos em ordem sistemática

Considerada etapa fundamental para os estudos terminológicos, a elaboração da árvore de domínio de dicionários e glossários terminológicos, que deu origem ao Comitê Técnico 37 da International Standardization Organization (ISO). Segundo Krieger e Finatto (2004) o diagrama é composto por termos-chave de uma especialidade, semelhante a um organograma, as autoras utilizam o termo “árvore de domínio”. A ferramenta é considerada importante recurso metodológico para que ocorra a aproximação com a área de conhecimento em estudo (IENSEN, 2013).

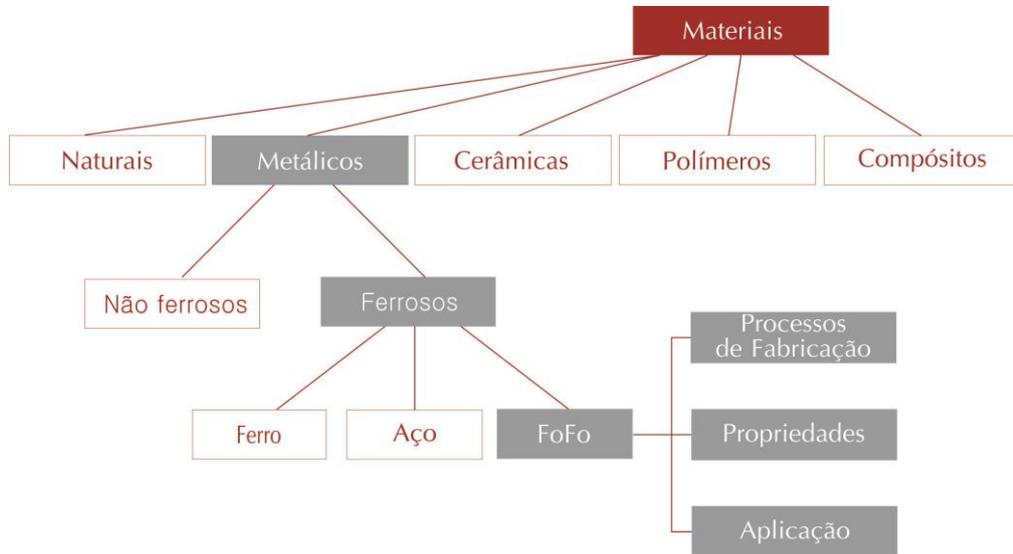
Ainda Tavares (2007) ressalta que esses organizadores gráficos são efetivos, pois tem potencial de melhorar a acessibilidade e usabilidade durante uma pesquisa por apresentarem marcas visuais-espaciais, e os usuários localizam mais informações quando elas são apresentadas em formas de mapas ao invés de textos.

O conjunto terminológico que compõe a nomenclatura do glossário para ferros fundidos foi organizado em um sistema conceitual, ou seja, em um sistema estruturado de termos e conceitos construídos com base nas relações estabelecidas entre esses e, no qual, cada termo é determinado por sua posição dentro do conjunto. Assim, os termos que designam ramos dos materiais (I), foram organizados em uma estrutura hierárquica, que vai do mais genérico ao mais específico.

I. Materiais

A Figura 50 exhibe a representação temática identificando a hierarquização dos materiais, áreas de conhecimento, dividindo em grandes grupos que compreendem o material de estudo de caso dessa pesquisa.

Figura 50 – Representação conceitual hierárquica para materiais metálicos/ferrosos /FoFo, identificando as três categorias indispensáveis para conhecimento no desenvolvimento de um projeto de produto: Processo de Fabricação, Propriedades, Aplicação.



A Figura 50 mostra o sistema hierárquico para identificar onde se enquadra no sistema o material escolhido para estudo de caso e a separação dos mesmos em classes. As áreas relacionadas que possuem ligação direta com o estudo e a compreensão de materiais. Os três grupos categóricos indicados à direita: Processos de Fabricação, Propriedades e Aplicação, foram definidos para serem explicitados e integrem o sistema informacional (fichas técnicas), uma vez identificado a dificuldade de reunir todas as informações pertinentes em um único meio. Essas categorias foram assim organizadas para que o usuário possa compreender a amplitude de informações:

II. Processos de Fabricação

A Figura 51 apresenta o fluxograma que engloba todos os processos de fabricação disponíveis para trabalhar o ferro fundido.

Figura 51 – Representação conceitual referente as atividades e informações disponíveis para a fabricação de um produto de Ferro Fundido.

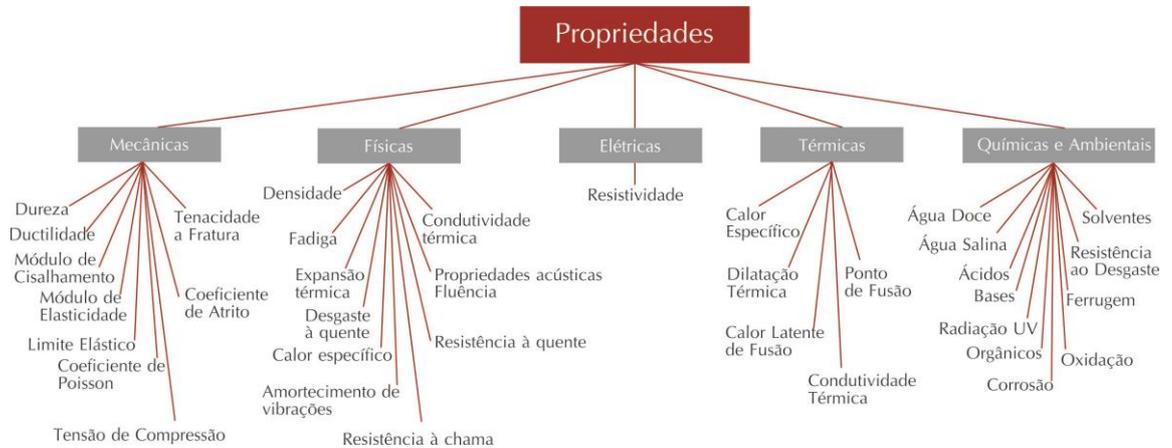


A Figura 51 identifica a diversidade de processos que podem ser utilizados para a fabricação de produtos com o material ferro fundido, dentre as opções tem-se 5 categorias principais, a Conformação Líquida que mostra os meios de fundir o material, a Usinagem que abrange todos os tipos de processos que tem como princípio a retirada do material como por exemplo por furação, retificação e outros, também menciona processos para fins de Acabamentos, formas de União e Outros como os tratamentos térmicos.

III. Propriedades

A Figura 52 apresenta as diversas propriedades que devem ser levadas em consideração para trabalhar com o material de estudo.

Figura 52 – Representação conceitual identificando as propriedades principais relacionadas ao material Ferro Fundido: Mecânicas, Físicas, Elétricas, Térmicas, Químicas e Ambientais, devidamente segmentadas.

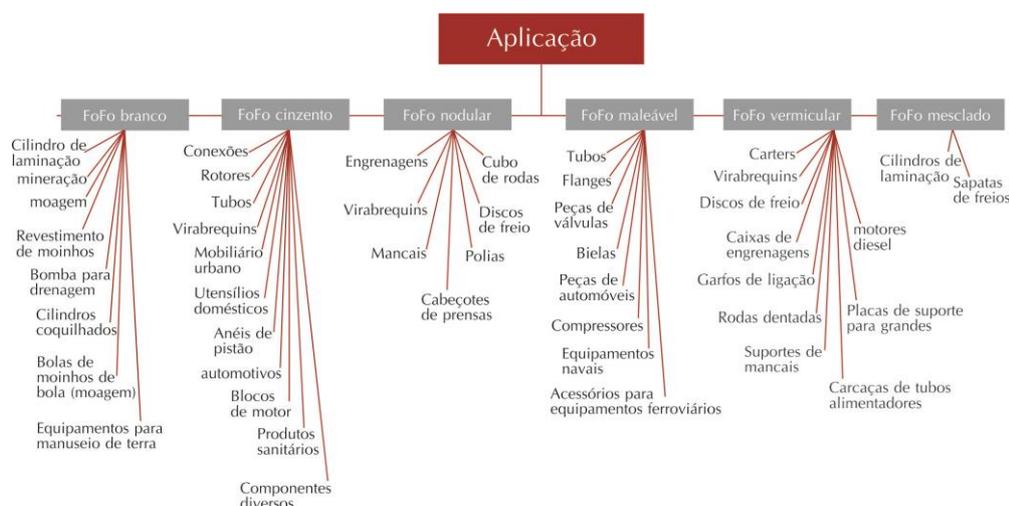


As propriedades exibidas na Figura 52 estão segmentadas, sendo que há diversos modos de classificar as propriedades dos materiais. Nesse sistema, foram compreendidas e definidas as propriedades que têm relação com o material de estudo de caso, os FoFos. São mecânicas, físicas, elétricas, térmicas, químicas e ambientais.

IV. Aplicação

Através da observação da Figura 53, pode-se perceber a variedade de aplicações finais utilizando um FoFo. Foram delimitados os usos para cada tipo de FoFo: Branco, Cinzento, Nodular, Maleável, Vermicular e Mesclado.

Figura 53 – Representação conceitual informando aplicações possíveis para produtos finais para cada tipo de FoFo.



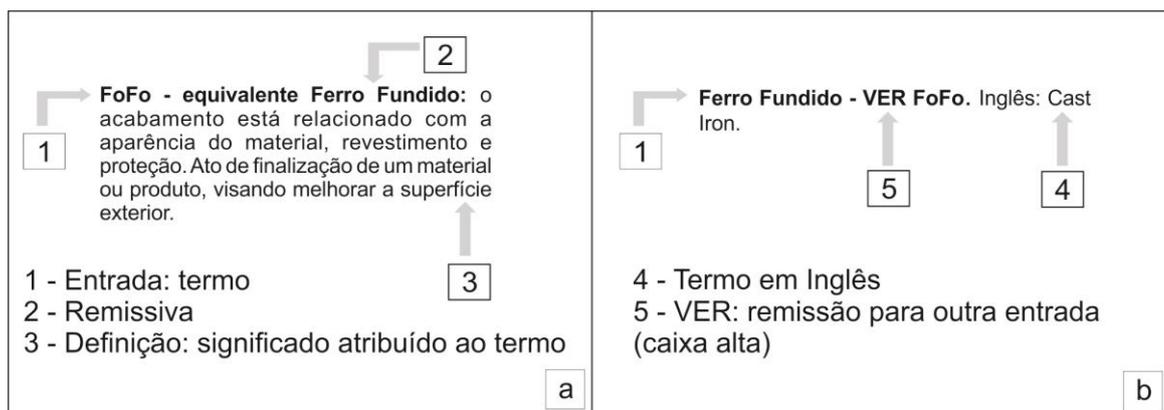
Essa segmentação dos grupos foi extraída e refinada por meio da Figura 49, o qual traz o levantamento inicial das relações estabelecidas para representar o fluxo das informações. Uma das dificuldades percebidas para a elaboração de um sistema que realmente auxilie o profissional na busca por um material é a dificuldade de organizar todas essas informações consideradas essenciais em um espaço delimitado, por exemplo, uma única página de internet, ou uma ficha com informações frente e verso. Por isso, foi desenvolvida a forma de representação temática com o viés de organizar as informações e disponibilizá-las em conjunto com a ficha principal, permitindo ao usuário acesso à todas as informações.

4.3.2 Termos em ordem alfabética

A apresentação em ordem alfabética, de acordo com a TCT, conforme Krieger e Finatto (2004) ajuda a localizar o termo, principalmente no caso de uma publicação especializada. Sugere-se que alguns termos devem estar presentes com seu significado e que este deve ser compreensível, ou seja, ser descrito de forma amigável para as áreas em questão.

Por isso, foi desenvolvida uma proposta de glossário com os termos que compõem a ficha técnica. Este será alocado após a sexta ficha, caso haja a necessidade de consulta pelo usuário. A Figura 54 ilustra a configuração dos elementos que compõem o termo.

Figura 54 – Configuração de Termo no Glossário para Ferros Fundidos.



Fonte: adaptado de Iensen (2013)

A Figura 54 demonstra, com base em Iensen (2013), o modelo proposto para o Glossário de Ferros Fundidos. As entradas dos verbetes (1) se estruturam em ordem alfabética e consistem nos termos técnicos utilizados com mais frequência, além de termos não técnicos, genéricos, populares e oriundos de diferentes meios, por isso a remissiva (2) quando o termo considerado principal para a pesquisa possuir outro termo equivalente, este deve ser direcionado pelo termo VER em caixa alta. Os termos em inglês (4) foram obtidos através do Dicionário técnico de fundição e metalurgia: multilíngue: português, inglês, espanhol, francês, de Schwarz (2011), e visam agregar informação ao termo, ampliando as possibilidades para um viés universal. A definição (3) do termo, com uma linguagem informal e amigável para o usuário, com base no *corpus* bibliográfico. E a remissão (5) que faz o papel de informar a localização do termo ou entradas relacionadas.

O glossário para ferros fundidos compõe-se de 28 termos, mais três remissivas, totalizando 31 termos. Desses, 17 foram extraídos do *corpus* da análise de similares dentre as informações técnicas em diversos meios e plataformas. Outros 4 termos foram extraídos de requisitos propostos por Ferrante e Walter (2010) e Karana et al (2007). Na sequência da coleta, verificou-se a necessidade de acrescentar termos de grande uso na área, mas que não constou no *corpus* de pesquisa, os 10 termos restantes foram complementados com uma terminologia de uso comum no design e ainda, têm ocorrência nas bibliografias consultadas, em especial: Chiaverini (1996), Callister (2007), Askeland (2008), Colpaert (2008), Ashby e Jones (2007), Ferrante e Walter (2010). Este último também foi base para o registro das respectivas designações para cada termo, sejam termos científicos, nomes populares, regionais ou outros. Na sequência segue os termos elencados:

Acabamento: está relacionado com a aparência do material, revestimento e proteção. Ato de finalização de um material ou produto, visando melhorar sua superfície exterior. Inglês: *finish*.

Aplicação: está relacionado com a função, ou seja, o uso do material ou produto para fins determinados. Ato de adaptar ou empregar algo à alguma coisa. Inglês: *use*

Cementita (Fe_3C): o Fe_3C tem 6,67% de carbono e é extremamente duro e frágil como uma cerâmica . Está presente em todos os aços comerciais, e com o viés de ajustar as propriedades mecânicas são feitos tratamentos térmicos para controlar a quantidade, o tamanho e a forma da cementita. Inglês: *cementite*.

Composição Química: está relacionado com o teor relativo de um elemento químico da tabela periódica em uma liga para o desenvolvimento de um material. Inglês: *chemical composition*.

Condutividade Térmica: propriedade relacionada com o transporte de calor nos materiais. Indica a quantidade de calor transferido por unidade de área e unidade de tempo. Parâmetro que caracteriza a habilidade de um material em conduzir calor. Inglês: *thermal conductivity / temperature diffusivity*.

Conformabilidade Líquida: está relacionado com a capacidade de um material conformar na fase líquida, antes da solidificação. Conformação em estado fundido. Propriedade que permite o material moldar-se para obter formas complexas. Inglês: *conformity*.

Coquilha: molde permanente de aço carbono para processo de fundição por resfriamento rápido. Possui mecanismos de abertura e fechamento dos machos metálicos, sendo este separado após a solidificação e resfriamento. Inglês: *Permanent mold casting*.

Corrosão VER: Desgaste. Inglês: *corrosion / resistant*.

Desgaste - equivalente Corrosão: perda degradativa da superfície de metal. Tendência que muitos materiais têm de reagir com o oxigênio (produtos químicos ou outros agentes) através de uma interação química com o meio de exposição. Inglês: *wear*.

Densidade: está relacionado com a massa e o diâmetro dos átomos, a eficiência com a qual eles são empacotados para preencher o espaço. Mede o grau de concentração de massa em determinado volume. Inglês: *density*.

Desempenho: está relacionado com as propriedades do material. Ato de desempenhar, capacidade de realizar algo ou capacidade de executar uma função específica, atribuição, performance para realizar uma determinada função. Inglês: *performance*.

Dureza: está relacionado com a microestrutura e está ligada à resistência mecânica. Medida da resistência de um material à deformação. Ato de quantificar atributos como resistência à abrasão, a riscos e amassaduras. Inglês: *hardness*.

Expansão Térmica: está relacionado com a temperatura de fusão ou degradação. Inversamente proporcional ao ponto de fusão, materiais com alto ponto de fusão expandem-se menos. Inglês: *thermal expansion*.

Ferrita: Ferro puro ou acos que contenham teores de carbono abaixo do limite de solubilidade da cementita na fase CCC (ferrita) a temperatura ambiente (monofásico). Na ferrita, somente pequenas concentrações de carbono são solúveis (solubilidade máxima de 0,022%p a 727C°). Esta fase é relativamente macia e é ferromagnética. Inglês: *Ferrite*.

Ferro Fundido – VER: FoFo. Inglês: *cast iron / iron casting*

FoFo – equivalente Ferro Fundido: liga ferrosa com teor de carbono geralmente acima de 2,0%. Microestrutura na forma de veios ou lamelas de grafita. Teores de Carbono para a maioria dos FoFos comerciais fica entre 2,5 e 3,8 %.

Grafita: este elemento apresenta morfologias diferenciadas na microestrutura do material e influencia nas propriedades. Carbono natural cristalizado, coloração cinza escuro, macio e quebradiço. Inglês: *Graphite*.

Ledeburita: estrutura composta por bastões ou placas de perlita em uma matriz de cementita (são encontrados a temperatura ambiente e partir de resfriamento em coquilha). Possui elevada dureza e resistência ao desgaste, boa resistência à corrosão, excelente resistência à abrasão, baixa ductilidade. Inglês: *ledeburite*.

Martensita: resulta de uma transformação no estado sólido na ausência de difusão. Com maior teor de carbono, a martensita cresce na forma de placas planas e estreitas em vez de ripas assim, é muito dura e frágil. Quando o teor de carbono é baixo, a martensita cresce na forma de ripas, como placas estreitas que crescem lado a lado; assim, ela não é muito dura. Inglês: *martensite*.

Material Metálico: está relacionado com os metais, compostos de átomos de mesmo tipo. Ligas metálicas compostas de dois ou mais elementos químicos, um elemento sendo metal. Classe de materiais dividida em materiais ferrosos e não-ferrosos. Inglês: *metallic material*.

Material Ferroso: Rede cristalina constituída em CCC, CFC e tetragonal de corpo centrado no estado sólido. Determinado pela taxa de resfriamento do líquido para o sólido (Fe_3C). Este material é determinado pela presença de teor de carbono. Inglês: *ferrous material*:

Microestrutura: está relacionada com a estrutura interna do material. A microestrutura pode ser alterada para se fazer uso de propriedades mais adequadas em determinadas aplicações. Estudo dos materiais visando conhecer a morfologia, microestrutura, eventuais falhas, entre outros, com auxílio de um microscópio. Inglês: *microscopic structure / microstructure*.

Módulo de Elasticidade - equivalente Módulo Young: propriedades físicas do material. Depende da força de atração entre os átomos. A razão entre a tensão e a deformação quando a deformação é totalmente elástica. Medida de rigidez de um material. Inglês: *modulus of elasticity*.

Módulo Young VER: Módulo de Elasticidade. Inglês: *young's modulus*.

Perlita: é um importante microconstituente dos aços. A perlita ocorre através do crescimento cooperativo sob a forma de placas duas faseses paralelas de ferrita (dúctil) e cementita (alta dureza), chamadas lamelas. Possui elevada dureza, alta resistência mecânica, resistência ao desgaste e resistência à fadiga, e tenacidade à fratura razoáveis. Inglês: *perlite*.

Processos de Fabricação: está relacionado com a tecnologia. A transformação de um material em produto acabado. Relacionados com atividades técnicas na indústria. Ato de produzir um produto através de sistemas de ações dinâmicas. Mecanização e manufatura. Inglês: *manufacturing method*.

Produtos Acabados: está relacionado com o desenvolvimento de produtos. A forma final produzida. Produto pronto para a comercialização. Inglês: *product finished goods*.

Propriedade: atributos que controlam reações aos estímulos externos. Características para uma função específica. Inglês: *property*.

Reciclabilidade: está relacionado com a capacidade de reciclagem de um material ou produto. Processo que visa à transformação de materiais ou produtos usados em materiais ou produtos novos. Relaciona-se com os 3Rs (reciclar, reduzir, reutilizar). Inglês: *recyclability*.

Resistência à Compressão: está relacionado à resistência mecânica de um material. Resistência à ação de forças externas (que vai comprimir). Carga máxima que um material pode suportar antes de romper. Inglês: *compression strength*.

Resistividade Elétrica: medida de resistência de um material à passagem de corrente elétrica. Capacidade que o material tem de resistir a correntes elétricas. Inglês: *resistivity electrical*.

Temperatura de Fusão designa o ponto em que o material atinge o estado líquido. Designa o ponto de solidificação, do estado líquido para o estado sólido. Temperatura que o metal é fundido. Inglês: *melting temperature*.

Usinabilidade: está relacionado com qualquer processo mecânico de remoção de material. Inglês: *workability / ease of working / machinability*.

Para tornar o glossário mais atrativo e capaz de facilitar a busca do termo na ficha, entende-se que a implementação de um índice temático poderia trazer mais facilidade na localização e na compreensão dos termos, de acordo com o contexto. No entanto, muitas vezes atendendo às condições do usuário, prioriza-se a ordem alfabética, o que é mais comum.

4.4 PROPOSTA DE FICHA TÉCNICA PARA FOFOS

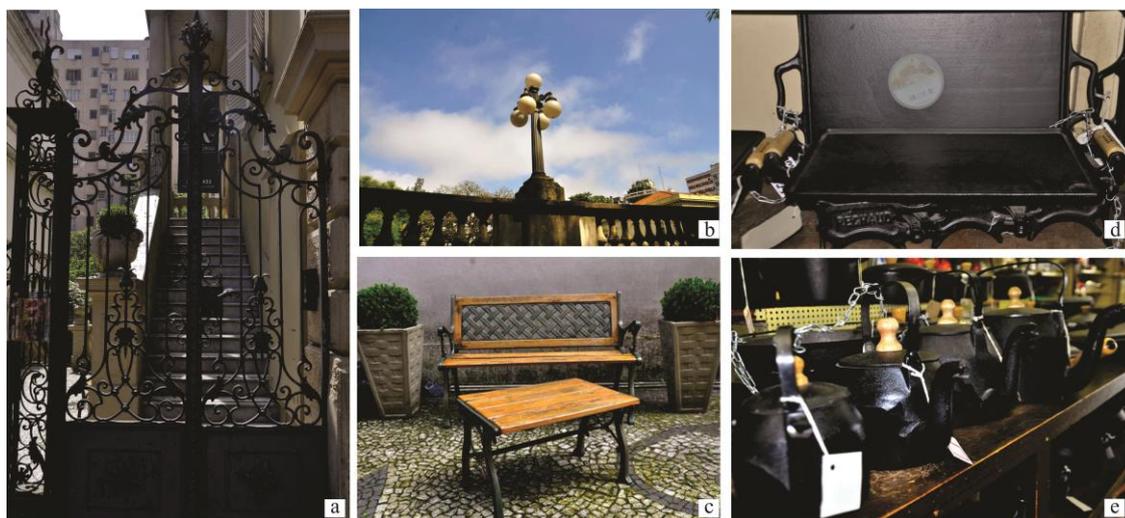
Com a análise gráfica de sistemas similares realizada, foi possível avaliar os pontos positivos e negativos de cada um, podendo, assim, utilizar essas observações para dar continuidade ao trabalho e seguir para a etapa de direcionamento do projeto.

A ficha técnica tem a função didática de fornecer dados científicos, concisos e compreensíveis para a linguagem do profissional que busca pela informação. Deve proporcionar uma base concreta que não deve somente limitar a escolha dos materiais, mas sim incentivar a criação de novas funções para os mesmos, quebrando este paradigma e estabelecendo razões para influência do Design. Também servirão para uso dos professores, nos planos de aula.

4.4.1 Direcionadores de projeto

As fichas técnicas foram desenvolvidas como um dispositivo de informação, o qual constitui a parte do sistema que fornece informações ao usuário, para que este possa tomar decisões. Segundo Iida (2005) a visão e a audição do ser humano são células sensíveis e importantes no contexto do trabalho, a visão, em particular, se destaca como principal órgão para recepção de informações. As imagens foram obtidas via câmera fotográfica *Nikon- Quick Guide D 90*. A Figura 55 apresenta algumas selecionadas para compor as fichas. O painel traz imagens e produtos distintos em utilização de ferro fundido. Foram obtidas na cidade de Porto Alegre.

Figura 55 – Painel com imagens obtidas para compor a ficha técnica. Para (a) estruturas, (b) e (c) mobiliário urbano e (d) e (e) utilitários domésticos.



A Figura 55 (a) mostra um portão no qual se destaca a complexidade da morfologia, uma dentre as muitas possibilidades de aplicação estrutural do FoFo e (b) demonstra a possibilidade de usar o material em ambientes externos sujeitos a intempéries, também nota-se no item (c) a elegância da utilização do ferro em conjunto com outros materiais. Outra característica é a infinidade de aplicações em utensílios domésticos, conforme indica a Figura 43 (d) e (e), devido sua propriedade de alta condutividade térmica.

Iida (2005) mostra que as regras Gestalt, ou seja, quando se olha para uma imagem qualquer, o cérebro tende a organizá-la, acrescentando-lhe um significado, dependendo das características visuais da imagem, tais como: formas, proporções, localizações e interações entre os seu elementos. Segundo Iida (2005), os princípios do Gestalt são:

- Figura/fundo: a percepção destaca uma parte da imagem, que é considerada mais importante, chamado de objeto ou figura;
- Simetria: está presente em quase todos os objetos e figuras consideradas mais belas e equilibradas;
- Proximidade: conjunto de objetos ou figuras que se situam próximos entre si e são percebidos como um conjunto único;
- Similaridade: objetos ou figuras com formas semelhantes são percebidos como um conjunto;
- Continuidade: a percepção tende a fazer prolongamentos e extrapolações às trajetórias;
- Fechamento: figuras incompletas tendem a ser percebidas como completas.

Essas regras podem ser aplicadas no arranjo dos elementos gráficos e visuais de um mostrador (como as características do material, imagens e descrições). Ou seja, em cada setor podem ser agrupados os elementos que tenham formas semelhantes entre si ou funções semelhantes. Iida (2005) também ressalta recomendações sobre textos escritos e impressos, visando facilitar a leitura:

- usar tipos de letras mais simples;
- usar letras maiúsculas apenas para início da frase ou em nomes e títulos, evitar palavras inteiras com letras maiúsculas;
- usar letras minúsculas para textos;
- deve haver uma proporcionalidade entre a largura e altura das letras;
- o espaçamento entre linhas deve ser proporcional ao seu comprimento;
- deve-se assegurar um bom contraste figura/fundo.

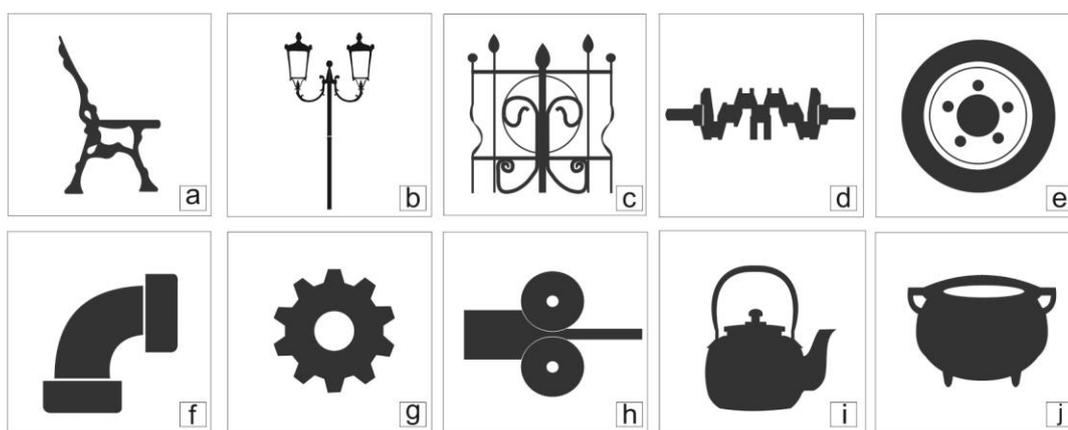
Esses cuidados, referentes à ergonomia, através das formas de organizar e apresentar as informações faz com que o usuário possa captar e processar o conteúdo com mais eficiência. As informações que estão no Sistema Informacional aqui proposto foram selecionadas através do estudo de Karana et al (2007), Ferrante e Walter (2010) e da análise de similares realizada neste estudo. Além disso, levaram-se em conta alguns apontamentos feitos por professores e

pesquisadores nessa área especializada além da própria experiência através da visitação de espaços destinados a este propósito.

4.4.2 Projeto da ficha técnica

Na análise de similares, a ficha sobre madeiras brasileiras é a única apresentando formas de aplicação através de pictogramas gráficos, no entanto, observou-se que a escala da ficha é muito reduzida e, ao invés de auxiliar na compreensão, o usuário precisa esforçar-se para identificar a imagem. A Figura 56 apresenta os pictogramas desenvolvidos, a fim de identificar de maneira gráfica e sucinta as diferentes formas de aplicação para o FoFo.

Figura 56 – Pictogramas desenvolvidos para representar as aplicações do FoFo.



(a), (b) e (c) mobiliário urbano (d) virabrequins (e) disco de freio (f) conexões (g) engrenagens (h) cilindros de laminação (i) e (j) utilidades domésticas

Os pictogramas apresentados na Figura 56 estão inclusos na lista de requisitos citada anteriormente após a análise de similares. As opções são (a), (b) e (c) representação de mobiliário urbano, (d), (e), (f) e (g) equipamentos para e indústria mecânica, (h) equipamentos industriais e (i) e (j) utilidades domésticas. Na avaliação, entendeu-se que essa forma de representar a aplicação facilita a compreensão do usuário por ser um meio amigável e de rápido processamento, conforme os princípios citados por Redig (2004). No sistema aqui proposto, pretende-se utilizar os pictogramas em escala maior. Esses cuidados, referentes à ergonomia, através das formas de organizar e apresentar as informações foram considerados.

As informações que estão no Sistema Informacional aqui proposto foram selecionadas através do estudo de Karana et al (2007), Ferrante e Walter (2010) e da análise de similares realizada neste estudo. Além disso, levaram-se em conta alguns apontamentos feitos por professores e pesquisadores nessa área especializada, além da própria experiência através da visitação de espaços destinados a este propósito.

O estudo realizado levou a formação do instrumento terminológico e técnico exposto nas Figuras 57 e 58, respectivamente. É apresentada a configuração da proposta considerada nessa pesquisa adequada para a organização da informação e como ela se estrutura na ficha técnica.

Figura 57 – Ficha Técnica sobre FoFos, frente da ficha identificando a disposição das informações. Para exemplo foi selecionada a ficha desenvolvida para o FoFo cinzento.

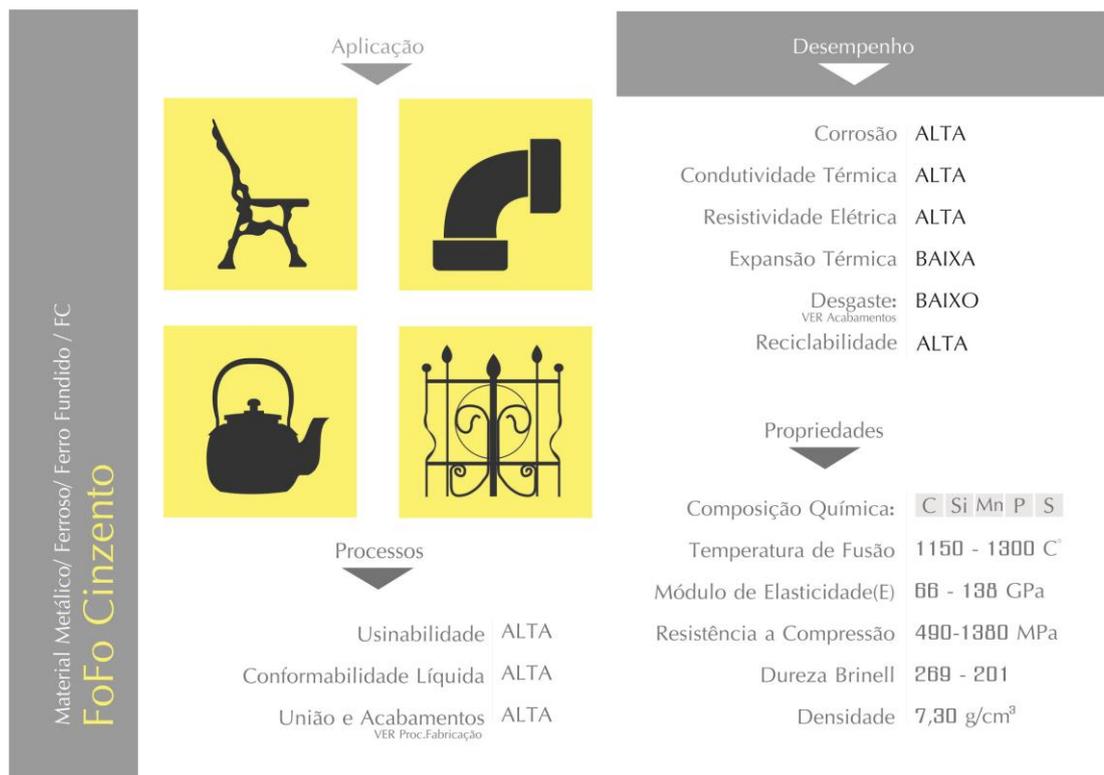
The technical sheet is organized into several sections:

- Notas de projeto:** A text box containing technical specifications and properties of the material.
- Produto Acabado:** A photograph showing several finished cast iron pots on a wooden surface.
- Microestrutura:** Two micrographs showing the internal structure of the material. The left one is labeled 'Grafita Tipo A' and the right one is labeled 'Perlita (α+Fe₃C)'. Both include a 10 μm scale bar.
- Vertical Label:** A grey vertical bar on the right side contains the text 'Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido / FC' and 'FoFo Cinzento' in a larger font.

A primeira página de apresentação identificada na Figura 57 traz conteúdos como notas de projeto, um resumo sobre especificações básicas de propriedades e microestrutura do FoFo em questão. Evitou-se a presença de texto extenso, acreditando que o usuário necessita de informações precisas e busca minimizar o tempo gasto pela busca de informações. Ao lado, foi inserida uma imagem de aplicação do produto acabado, como visto, faz com que o usuário possa captar e processar o conteúdo com mais eficiência.

As imagens da microestrutura aparecem como um diferencial, tendo em vista que os sistemas analisados não possuíam essa informação. Cabe aqui o resgate do tetraedro da engenharia de materiais, conforme mencionado no capítulo Materiais e Processos de seleção (Figura 10), o qual indica o desenvolvimento da correlação composição – microestrutura – processamento – desempenho, empregado por Askland (2008). Esse tetraedro demonstra que todos os aspectos estão interligados e não devem ser tratados separadamente, além de possuírem o mesmo grau de relevância ao serem representados por vértices idênticas. Outro aspecto que deve ser incluído é a questão ecológica, sendo que, atualmente, seria inadmissível o desenvolvimento de um projeto de produto sem a preocupação com essa problemática, pois esse item deve caminhar junto com os demais, em todas as fases de projeto. Esse item foi identificado na Figura 58 informando se o material é passível de reciclagem.

Figura 58 – Ficha Técnica sobre FoFos, verso da ficha identificando a disposição das informações. Para exemplo foi selecionada a ficha com as informações técnicas para o FoFo cinzento.



As propriedades selecionadas na Figura 58 foram definidas com base no *corpus*, apoiado a literatura, também apontamentos de especialista na área de materiais e metalurgia, sendo estas informações consideradas relevantes para o material em questão e, caso não sejam suficientes, ainda podem ser consultados os fluxogramas, por isso a ficha identifica com uma

fonte intermediária para consultar Proc. de Fabricação, um exemplo em União e Acabamentos.

A maneira de informar o usuário por meio dos termos Alto, Médio e Baixo dispensa o uso de legenda e auxilia na compreensão, tendo em vista que esse sistema está direcionado principalmente para duas áreas do conhecimento: o design e as engenharias e, segundo Silva e Kindlein (2006), o conhecimento dos materiais, por muito tempo, esteve voltado à área de engenharia de materiais, no entanto, têm-se ampliado os estudos sobre seleção de materiais e processos de fabricação aplicados ao design, envolvendo, assim, uma participação conjunta entre esses profissionais. Busca-se apresentar, nesse sistema, uma quebra de paradigma sobre essa questão, com o viés de melhorar a sinergia entre as áreas, mostrando que um único dispositivo de informação pode suprir ambos os profissionais, disponibilizando um conteúdo com uma linguagem adequada e amigável.

Figura 59 – Modelo da Ficha Técnica sobre FoFos sendo consultada pelo usuário.



A Figura 59 apresenta o modelo físico do sistema informacional, como o nome sugere, é utilizado na forma de sistema de representação técnica sobre o ferro fundido, ou seja, o conteúdo desenvolvido deve ser utilizado em conjunto e a forma que o profissional vai consultá-lo dependerá do ponto de vista de cada área. Segundo Guanabara e Kindlein (2006), o Engenheiro deve ser aberto de espírito o suficiente para compreender o ponto de vista mais

holístico, e o designer deve ser capaz de compreender os aspectos técnicos ligados aos materiais e processos de fabricação.

O sistema informacional proposto compreende seis fichas técnicas frente e verso, uma para cada classe de FoFo, uma ficha contendo o Glossário de termos e quatro fichas desenvolvidas através do estudo terminológico, constituindo a representação temática, a primeira informando a hierarquização de onde se enquadra o ferro fundido entre as classes de materiais e a representação contendo informações para projetos de três grupos principais: Propriedades, Processos de Fabricação e Aplicação. Essa ordem pode não ser estática, sendo que todos os itens elencados conforme Askeland (2008) possuem o mesmo nível de importância e essa consulta pode ocorrer simultaneamente, ora o usuário necessitará de informações sobre processos convenientes ora sobre propriedades.

Sugere-se que a forma para consulta desse sistema seja definida pelos profissionais de cada área, por exemplo, o Designer vai utilizar o sistema com as fichas técnicas em primeiro plano e as demais serão separadas na ordem de Aplicação, Propriedades, Processos de Fabricação. Enquanto o Engenheiro, por sua vez, pode organizar-se de outra maneira, por exemplo: Processos de Fabricação, Propriedades e Aplicação.

O diferencial da Ficha Técnica física é que não há o deslocamento e o usuário pode acessar na comodidade do ambiente que se encontra, seja acadêmico ou profissional, no entanto, convém ressaltar que esse sistema funciona melhor quando o intuito é compartilhar informações técnicas sobre os materiais, sendo as informações sensoriais difíceis de transmitir através desses métodos sem o contato físico com o material. Tem como princípio básico otimizar o processo de aquisição da informação nos sistemas de comunicação e transmitir conteúdo claro, preciso e eficiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES

Todas as fontes citadas, assim como as materiotecas construídas, que contam com acesso virtual, apresentam na maioria, dados técnicos sobre materiais, muitas vezes incompletos, com pouco cruzamento de dados, o que dificulta a comparação entre materiais similares, mesmo que seja a busca por informações simples sobre materiais tradicionais, como, por exemplo o ferro fundido.

A partir dos similares elencados no Brasil, não há um sistema metodológico específico, tão pouco uma forma mais utilizada pelos profissionais durante o processo de seleção de materiais e cada profissional trabalha de uma maneira diferente, levando em conta seus próprios conhecimentos. Assim, a proposta de pesquisa, para estes profissionais é fornecer informações precisas e de abrangência. Desta forma, usando como estudo de caso os FoFos, as fichas desenvolvidas visam auxiliar na decisão de quais materiais devem ser usados para desenvolver seus produtos.

As análise por microscopia óptica visa agregar informações úteis para o sistema aqui proposto. Para um banco de dados completo e para o conhecimento destes materiais, principalmente quando sua microestrutura é influenciada através da ação de tratamentos térmicos ou por deformação, que alteram propriedades mecânicas e físicas. O entendimento que há uma relação interdependente entre processos de fabricação, estrutura e propriedades na aplicação e desempenho dos produtos é relevante. Esse conhecimento para os designers promoveria com profissionais afins, uma discussão construtiva de alto nível para a elaboração de um novo produto.

Poucos designers sabem as possibilidades de se trabalhar o ferro fundido, e poucos têm aproveitado a versatilidade do material em seus projetos. Essa capacidade que o material oferece de trabalhar formas fluídas para morfologias complexas, principalmente, baixo custo, aplicações para sistemas estruturais, mecânicos e outros, possuindo, ainda, um vasto espectro de utilização para processos de fabricação, o que pode ampliar e muito as opções de seleção para o designer. Esse material também é passível de reciclagem, esse item influencia no custo, uma vez que reciclar metal é mais barato do que a produção a partir das matérias-primas, por isso, esse aspecto do meio ambiente foi contemplado, acrescentando a informação de 100% recicláveis.

Por tratar-se de um sistema, com o viés de transmitir informações sobre material e design, a pesquisa contribui com a disseminação do conhecimento técnico específico, o qual permitirá o envolvimento do designer, engenheiro, estudante e pesquisador para com o desenvolvimento de produtos via seleção de materiais, oportunizando a coleta de informações através da ficha técnica física e possível de ser implantado em bibliotecas de materiais.

Ainda, este sistema atinge um aprimoramento no design através da informação, comunicação e também educação, pois o conceito de portabilidade permite que a ficha possa ser conduzida facilmente por um profissional e utilizada para fins didáticos em sala de aula, no escritório, em indústrias ou até mesmo em casa.

Cabe destacar que este estudo buscou auxiliar na difusão da informação especializada bem como na contribuição para a recuperação da informação sobre Ferros Fundidos sob o ponto de vista da linguagem. Também facilitando a compreensão de termos técnicos através de uma linguagem acessível para estudantes e profissionais.

Dentre as proposições para trabalhos futuros destacam-se: a expansão das fichas para as demais classes de materiais; o desenvolvimento de uma linguagem de programação, utilizando os dados aqui adquiridos para serem disponibilizados via ferramenta web. Podem ser efetuadas análises desse material por microtomografia computadorizada, obtendo as imagens tridimensionais da microestrutura e prototipando via impressora 3D, ampliando o sistema com dados científicos para agregar ao banco de dados. Pode-se fazer uma pesquisa com o usuário para verificar a usabilidade das fichas técnicas com suporte da representação temática. Ainda na área de comunicação e biblioteconomia, cabe a elaboração de um glossário completo acerca de todos os termos levantados nessa pesquisa; e uma metodologia de catalogação para estes termos.

CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho foi desenvolvido através do Programa de Pós-Graduação em Design (PGDesign), no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com o auxílio do Laboratório de Caracterização (LACAR). Financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ASM handbook . **Metals handbook** : formerly edition. V.4:ASM handbook, 1991.
- ASHBY, M. F. **Materials selection in mechanical design**. Oxford; New York : Pergamon Press, 1992.
- ASHBY, M.F.; JOHNSON, K. **Materials and Design - the art and science of material selection in product design**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002.
- ASHBY, M.F. e JONES, D.R.H. **Engenharia de Materiais: uma introdução a propriedades, aplicação e projeto**. Rio de Janeiro: Elsevier,v.1. 2007.
- ASSOCIACÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Guia Técnico do Alumínio. Tratamento de Superfície**. 1 ed., Vol. 3. São Paulo, 1996.
- ASKELAND, Donald R., PHULÉ, Pradeep P. **Ciência e Engenharia dos Materiais**. Editora CENGAGE Learning, 2008.
- BATISTA, E. de. **Sistemas de informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento**. São Paulo. Saraiva, 2004.
- BAXTER, Mike. **Projeto de Produto – Guia prático para o design de novos produtos**. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2011 .
- BRAMFITT, Bruce L., BENSCOTER Arlan O. **Metallgrapher´s Guide – Practices and Procedures for Iron and Steels**, 2001.
- BROWNELL, Blaine Erickson. **Transmaterial 2: A catalog of materials that redefine our physical enviroment**. New York: Princeton Architectural Press, 2010.
- CABRÉ, M.T. **La terminología: representación y comunicación**. Barcelona, Universitat Pompeu Fabra, 1999.
- CALLISTER, Jr., William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7.ed.Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- CAMPOS, M.A.F.; SIQUEIRA, C.M. PRUDENTE, P.C.; MATIAS, N.T.; RIBEIRO, R.B. **Desenvolvimento e Instalação de uma Materiotheca**. In: 10º Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D 2012, São Luís (MA).

CAMPOS, M.L.A.; GOMES, H.E. e MOTTA, D.F. **Elaboração de Tesauro documentário – Tutorial**. Biblioteconomia, Informação & Tecnologia da Informação, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.conexaorio.com/bit/>. Acesso em 20-10-13.

CANTO, Eduardo Leite. **Minerais, Minérios e Metais: de onde vem? Para onde vão?** 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

CARVALHO, Juliano Varella de; SCHWEIGERT, Eduardo; JOST, Ingo. **Web Materioteca – Sistema de Informação de Cadastro e Recuperação de materiais**. Centro Universitario Feevale, Novo Hamburgo/RS.

CAVALCANTI, J.; SOARES, M.; SPNILLO, C. G.. **Sinalização de segurança: um enfoque da ergonomia informacional e cultural**. 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2004, São Paulo. São Paulo: Fundação Armando Alvares Penteado, 2004.

CHIAVERINI, V. **Aços e Ferros Fundidos**. Associação Brasileira de Metais. 7a ed., São Paulo, 2012.

CHIAVERINI, V. **Tratamentos Térmicos das Ligas Ferrosas**. 2a ed., ABM - São Paulo, 1987.

CINTRA, Ana Maria et al. **Para entender as linguagens documentarias**. 2ed. rev. e ampl. – São Paulo: Polis, 2002.

COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 3.ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1974, p.1.

DAMETTO, A.P. de A. **Os Metais no Patrimônio Arquitetônico Urbano de Pelotas RS – 1870 a 1931**. Dissertação de Mestrado em Memória Social e Patrimônio Cultural - Programa de Pós Graduação Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2009.

DANTAS, D.; CAMPOS de, A.P. **Análise comparativa de materiotecas: recomendações para a construção de modelos acadêmicos**. Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. (8. : 2008 : São Paulo, SP). Anais. [recurso eletrônico] São Paulo : [s.n.], 2008.

DIAS, M. R. A. C. **Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatus**. Tese de Doutorado - UFSC, EGC, Florianópolis. 2009.

DODEBEI, Vera Lucia Doyle. **Tesouro: linguagem de representação da memória documentária**. Niteroi: Intertexto; Rio de Janeiro: interciência, 2002.

ESPERIDÃO, Ivone Mussa, NOBREGA, Olímpio. **Os metais e o homem**. 5.ed. São Paulo: Ática, 2010.

EVBUOMWAN, N.F.O.; SIVALOGANATHAN, S.; JEBB,A. **Concurrent Materials and Manufacturing Process Selection in Design Function Deployment**. Concurrent. Engineering: Research and Applications, 3, p135-144, 1995.

FALLER, R.R.;SCALETSKY, C.C.; KINDLEIN, W.Jr. **Structure for a Material Informational Database: A Material Selection Tool for Project Development** Fenech, O., Borg, J. (2006). A Sensation based Model of Product Elicited Emotions, Proceedings of D&E 2006 Conference. Sweden.

FALLER, Roberto da Rosa. **Engenharia e Design: Contribuição ao estudo da Seleção de Materiais no Projeto de Produto com foco nas características Intangíveis**. 209. 216f. Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

FERRANTE, M. **Seleção de Materiais**. 2Ed, São Carlos: EDUFSCar, 2002.

FERROLI, P. C. M. MAEM-6F. **Método Auxiliar para Escolha de Materiais em seis Fatores: suporte ao design de produtos industriais**. 2004. 189 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

FERROLI, P. C.; LIBRELOTTO, L. I. **Materioteca com enfoque em sustentabilidade no design de produtos**. Arcos Design. Rio de Janeiro: PPD ESDI - UERJ. Volume 7 Número 1 Junho 2013. pp. 57-80.

GUESSER, W.L. **Propriedades Mecânicas dos Ferros Fundidos**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

GNECCO, C.; MARIANO, R.; FERNANDES F. **Tratamento de superfície e pintura**. Rio de Janeiro: IBS/SBCA, 2003.

GROOVER, M.P. **Introdução aos processos de fabricação**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

HAENSCH, G. **Tipología de las obras lexicográficas e Aspectos prácticos de la elaboración de diccionarios**. In: ETTINGER, S. et al. La lexicografía. de la lingüística teórica a la lexicografía práctica. Madrid: Gredos, 1982.

HEAT TREATER'S GUIDE: **Practices and Procedures for Irons and Steels**. 2nd Edition ASM Publication, 904pp, ISBN: 0871705206, 1995.

IENSEN, E. **25 Anos da Constituição Brasileira e Terminologia: uma proposta de glossário**. 2013. 77f. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, São Leopoldo, 2013.

IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. São Paulo: Ed Edigard Blucher, 2º edição, 2005.

KARANA, E.; HEKKERT P.;KANDACHAR, P. **Material considerations in product design: A survey on crucial Materials pectsused by product designers**.*Materials and Design*. 2007. doi:10.1016/j.matdes.2007.06.002

GUANABARA, A. S.; KINDLEIN Jr, W. **A importância do binômio design e engenharia como catalisador de inovação**. Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design (7. : 2006 : Curitiba, PR). Anais. [recurso eletrônico] Curitiba : [s.n.], 2006.

KINDLEIN Jr, W.; AMARAL,E.; ETCHEPARE,H. **Design X Engenharia: Experiência Interdisciplinar de Graduação**. In: P & D Design 2000, 2000, Novo Hamburgo. Anais do P&D 2000, 2000. v. I. p. 0423-0428.

KRIEGER, M. G.; FINATTO, M. J. B. **Introdução à terminologia: teoria e prática**. São Paulo: Contexto, 2004.

LARA, M. L. G. de; CONTI, V. L. **Disseminação da informação e usuários**. *Perspectiva em Ciência da Informação*. São Paulo, v. 17, n. 3-4, 2003.

LESKO, J. **Design Industrial: Materiais e Processos de Fabricação**. 1. ed. Petrópolis: Edgard Blücher Ltda,2004.

LOVATT, A. M. & SHERCLIFF, H. R. **Manufacturing process salection in engineering design**. Part 1: the role of process selection. *Materials & Design*, 19, p205-215, 1998.

MACIEL, A. M. B. **Pertinência pragmática e nomenclatura de um dicionário terminológico**. In: KRIEGER, M. G.; MACIEL A. M. B. (Org.). *Temas de terminologia*. Porto Alegre/SãoPaulo: Universidade UFRGS/Humanitas USP, 2001b. p. 275-284.

- MARQUES, A.C.; TAROUCO, F.F. **Materioteca: Projeto da biblioteca de materiais da Escola de Design UNISINOS**. In: Anais 8o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2008, São Paulo.
- MIODOWNIK, M. **Materials in the Creative Industries. Science and Technology Working Group**. Materials Library, King's College London, 2009. Disponível em: <http://www.matuk.co.uk/docs/MaterialsUK-CreativeIndustries.pdf>
- MOURÃO, M. B. **Introdução à siderurgia**. São Paulo: ABM, 2007.
- MUNARI, B. **Das Coisas Nascem Coisas**. Lisboa: Martins Fontes, 2002.
- NAVARRO, R. F. **A Evolução dos Materiais**. Parte 1: da Pré História ao Início da Idade Moderna. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.1, p. 1-11, 2006.
- PEREIRA, A.F. **Madeiras Brasileiras: Guia de combinação e substituição**. São Paulo: Blucher, 2013.
- PIEIDADE, M.A.R. **Introdução à teoria da classificação**. Rio de Janeiro: Interciência, 1977.
- PINSKY, Jaime. **As primeiras civilizações**. 25. ed. – São Paulo: Contexto, 2011.
- PINTO, Eduardo Camargo de Oliveira. **O Cobre e o Estanho na Idade do Bronze**. Boletim técnico da escola politécnica da USP – BT/PMT/0201 – São Paulo, 2002.
- REDIG, J. **Sobre Desenho Industrial**. Porto Alegre: UniRitter, 2005.
- REDIG, J. **Não há cidadania sem informação, nem informação sem design**. Revista Brasileira de Design da Informação, 2004,1,49-56.
- RODRIGUES,L.P.S. DEMARCHI, C.A. BACHI, J.G. **Diretrizes para o desenvolvimento do sistema de mobiliário de uma Materioteca**. In: Anais 8o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2008, São Paulo.
- SANTIAGO, L.; WALTER, Y.; GOMES, W. REGINATO, V. **Acervo de Materiais de uma Materioteca: Investigações preliminares sobre as características das amostras**. In: 8º Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D 2008, São Paulo.
- SANTOS, N; MENDES, J.; OLIVEIRA,S.; ROCHA, R.; GOUVEA, R. **Implantação de uma Materioteca no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da UEPA: a busca do conhecimento para a inovação e sustentabilidade**. In: 10º Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D 2012, São Luís (MA).

SCHWARZ, H. **Dicionário técnico de fundição e metalurgia: multilíngue**. 1. ed. Blumenau: Nova Letra, 2011.

SILVA, E. A. da; KINDLEIN Jr, W. **Materioteca: Um Sistema Informacional e Perceptivo de Seleção de Materiais**. In: 7º Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D 2006, Curitiba.

SILVA, E. A. da. **Um sistema informacional e perceptivo de seleção de materiais com enfoque no design de calçados**. 2005. 131 f. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVA, E. A.da. ;BOUCHARD, C. ;KINDLEIN Jr. W. ; OMHOVER, J. F. **Evaluation des systemes physiques et virtuels d'interaction emotionnelle dans le contexte de la conception des produits**. CONFERE 2012, 5 – 6 JUILLET 2012, SAN SERVOLO, VENISE.

SILVA, F. VERGANI, L. KINDLEIN Jr, W. **Desenvolvimento de Bancos de Dados como Ferramenta de Auxílio ao Design de Novos Produtos**. In: Anais 9o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2010, São Paulo.

STAHN, M. O. D; PASMINO, A.V.P. **Método para Catalogação e Organização de Acervo Têxtil**. In: 7º Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D 2006, Curitiba.

TAVARES, Romero. **Construindo mapas conceituais**. Ciências & Cognição 2007; Vol 12:72-85 . Acesso: <http://www.cienciasecognicao.org>.

TEIXEIRA, Joselena de Almeida. **Design & Materiais**. Ed. CEFET, Curitiba-PR, 1999.

TOSTES, C.M. **A esmaltação em metal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1974.

VAN DER LAAN, R.H. **Teoria Comunicativa da Terminologia (TCT) e Tesouros**. In: Congresso Brasileiro de Biblioteconomia, Documentação e Ciência da Informação (CBBD), 21, 2005, Paraná.

XAVIER, A.G.; RIBEIRO, A.F.; SANTOS, L.R. dos.; ROCHA, R.P. da.; VAN DER LAAN, R.H. **Base de dados como elemento facilitador para o tratamento dos dados terminológicos**. Em questão. Porto Alegre v.10, n.2. jul/dez 2004.

WALTER, Y. ; MARAR, J. F. ; FERRANTE, M. ; ALENCAR, F. **Design e Seleção de Materiais: a possibilidade e a necessidade de um sistema informacional**. In: Anais 6o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2004, São Paulo.

WALTER, Y. **O Conteúdo da Forma: Subsídios para Seleção de Materiais e Design**. 2006. 106f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós- Graduação Desenho Industrial,– Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

WALTER, Y. ; FERRANTE, M . **A materialização da Ideia: noções de materiais para design de produto**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

WONGSRIRUKA, S.;HOWES P.;CONREEN, M.; MIODOWNIK,M. **The use of physical property data to predict the touch perception of materials**. Materials and Design. 42 (2012) 238-244, Elsevier Ltd, 2012.

Acessos virtuais:

INSTITUTE OF MAKING: Site Virtual. Disponível em: < <http://www.instituteofmaking.org.uk>>. Acesso em: 10 nov. 2014, 14:00.

MATERIA: Site Virtual. Disponível em: < <http://materia.nl/>>. Acesso em: 12 nov. 2014, 18:00.

MATERIAL CONNEXION: Site Virtual. Disponível em: <<http://www.materialconnexion.com>>. Acesso em: 3 nov. 2014, 16:00.

MATERIAL LAB: Site Virtual. Disponível em: < <http://www.material-lab.co.uk>>. Acesso em: 21 out. 2014, 14:00.

MATERIÓ: Site Virtual. Disponível em: < <http://www.materio.com>>. Acesso em: 20 out. 2014, 17:30.

SCIN: Site Virtual. Disponível em: <<http://www.scin.co.uk> >. Acesso em: 21 out. 2014, 13:00.

SBDI (Sociedade Brasileira de Design da Informação): Site Virtual. Disponível em: <<http://www.sbdi.org.br/>>. Acesso em: 19 out. 2014, 17:00.

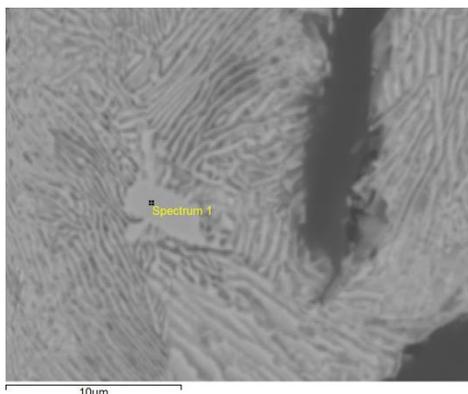
UNISINOS: Site Virtual. Disponível em: < <http://www.unisinos.br>>. Acesso em: 21 out. 2014, 16:00.

**APÊNDICE A - Resultado da análise em EDS (espectroscopia de energia dispersiva)
para identificar a composição química (elementos presentes) com o viés de definir
os parâmetros para os tratamentos térmicos.**

Espectroscopia

Em termos de composição, verifica-se através do EDS que o FoFo em questão possui 1,435% de Mn, caracteriza-se como um FoFo perlítico. Sendo predominante os dois elementos: Mn e Si (1,365%). Esse resultado foi utilizado para definir os parâmetros de temperatura para os tratamentos térmicos.

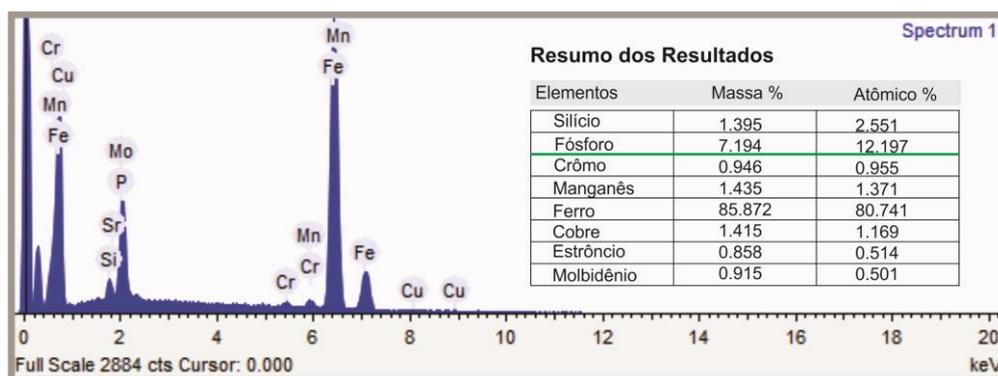
Detalhes do espectro 1: Largura da Imagem: 26.5 µm



Condições de aquisição

Tempo de aquisição (s) 120.0 Tempo de processo 5

Tensão de aceleração (kV) 15.0



APÊNDICE B - Sistema informacional composto por 6 fichas técnicas frente e verso para FoFo Cinzento, FoFo Branco, FoFo Grafita Compactada, FoFo Maleável, FoFo Mescaldo e FoFo Nodular, mais Glossário de termos técnicos.

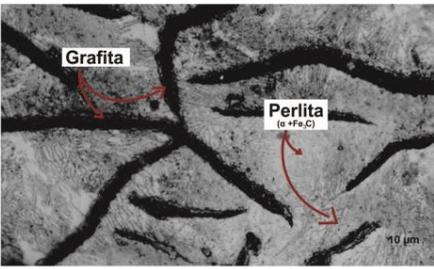
Notas de projeto

Está entre os materiais metálicos mais baratos. De fácil fusão e permite a fundição de peças com formas complexas. Fácil moldagem, boa resistência mecânica em compressão, boa usinabilidade, resistência ao desgaste e capacidade de amortecimento de vibrações. O fator predominante na microestrutura é a presença de grafita livre em forma de veios que favorece o amortecimento de vibrações.



Objetiva (MO) 10x sem ataque

Produto Acabado

Objetiva (MO) 100x ataque Nital 2%
Microestrutura perlítica e veios de grafita

Microestrutura

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido / FC

FoFo Cinzento

Aplicação






Processos

Usinabilidade	ALTA
Conformabilidade Líquida	ALTA
União e Acabamentos	ALTA

VER Proc.Fabricação

Desempenho

Corrosão	ALTA
Condutividade Térmica	ALTA
Resistividade Elétrica	ALTA
Expansão Térmica	BAIXA
Desgaste:	BAIXO
<small>VER Acabamentos</small>	
Reciclabilidade	ALTA

Propriedades

Composição Química:	C	Si	Mn	P	S
Temperatura de Fusão	1150 - 1300 C°				
Módulo de Elasticidade(E)	88 - 138 GPa				
Resistência a Compressão	490-1380 MPa				
Dureza Brinell	269 - 201				
Densidade	7,30 g/cm ³				

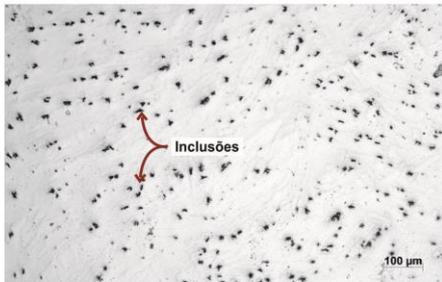
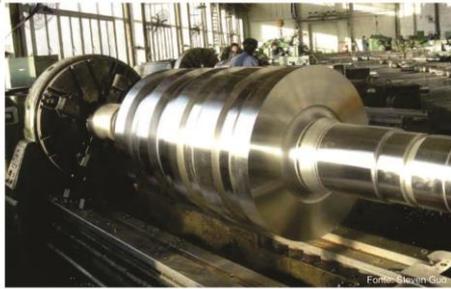
Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido / FC

FoFo Cinzento

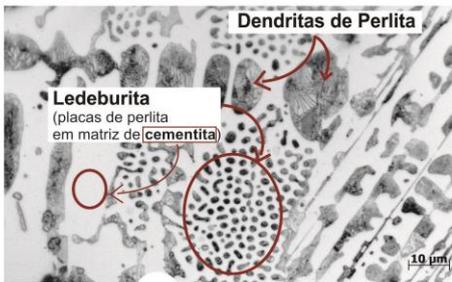
Notas de projeto

Apresenta boa resistência à corrosão e à abrasão, elevada dureza, resistência ao desgaste e baixa ductilidade. A soldagem não é adequada. Utiliza-se o silício como elemento de liga em baixa quantidade. Sua microestrutura praticamente todo o carbono é apresentado na forma combinada de carboneto de ferro (Fe_3C), cuja superfície de fratura se dá na cor clara, e presença de ledeburita (bastonetes de perlita em matriz de cementita).

Produto Acabado



Objetiva (MO) 10x sem ataque

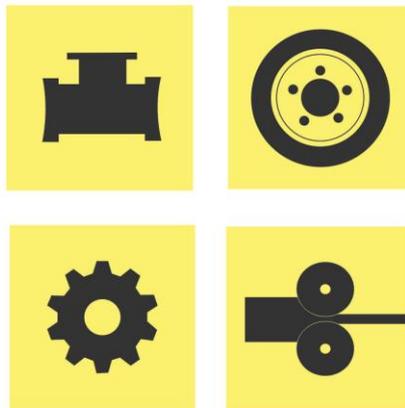


Objetiva (MO) 100x com ataque Nital 2%
Microestrutura ledeburita entre as dendritas de perlita

Microestrutura

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
Fofo Branco

Aplicação



Processos

Usinabilidade ALTA
Conformabilidade Líquida ALTA
União e Acabamentos ALTA
VER: Proc.Fabricação

Desempenho

Corrosão ALTA
Condutividade Térmica ALTA
Resistividade Elétrica ALTA
Expansão Térmica BAIXA
Desgaste BAIXO
VER: Acabamentos
Reciclabilidade ALTA

Propriedades

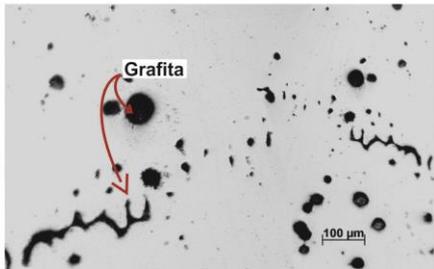
Composição Química: C Si Mn P S
Temperatura de Fusão 1150 - 1300 °C
Módulo de Elasticidade(E) 66 - 138 GPa
Resistência a Compressão 490-1380 MPa
Dureza Brinell 450 - 600
Densidade 7,30 g/cm³

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
Fofo Branco

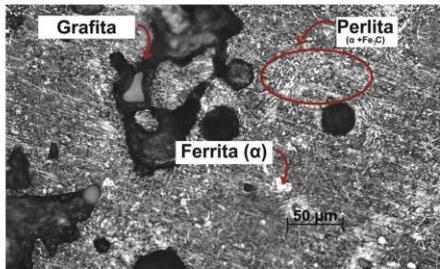
Notas de projeto

Intermediário entre o FoFo cinzento e nodular. Suas propriedades ficam também intermediárias entre o cinzento e nodular, como a resistência mecânica. Baixa ductilidade, boa absorção de vibrações, boa condutibilidade térmica, melhor resistência a choques térmicos, baixa resistência à compressão, impacto e tração, menor oxidação em temperaturas elevadas. Sua microestrutura apresenta grafita vermicular.

Produto Acabado



Objetiva (MO) 10x sem ataque

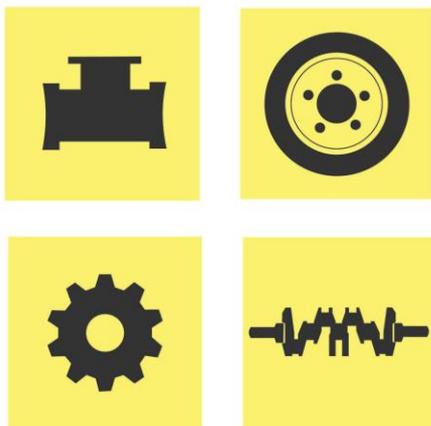


Objetiva (MO) 20x com ataque Nital 2%
Microestrutura perlítica, ferrita e grafita vermicular

Microestrutura

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Grafita Compactada

Aplicação



Processos

Usinabilidade ALTA
Conformabilidade Líquida ALTA
União e Acabamentos ALTA
VER: Proc.Fabricação

Desempenho

Corrosão ALTA
Condutividade Térmica ALTA
Resistividade Elétrica ALTA
Expansão Térmica ALTA
Desgaste ALTO
VER: Acabamentos
Reciclabilidade ALTA

Propriedades

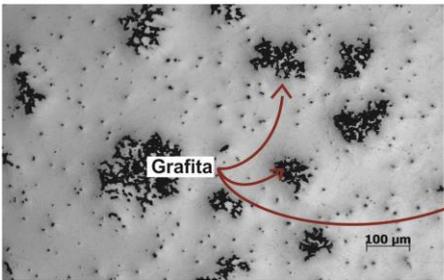
Composição Química: C Si Mn P S
Temperatura de Fusão 1150 - 1300 C°
Módulo de Elasticidade(E) 66 - 138 GPa
Resistência a Compressão 490-1380 MPa
Dureza Brinell 128 - 217
Densidade 7,30 g/cm³

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Grafita Compactada

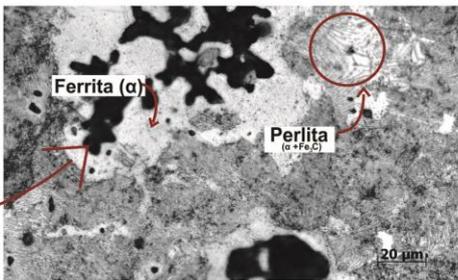
Notas de projeto

Liga a partir do ferro fundido branco após um processo térmico especial chamado maleabilização. Elevada ductilidade, resistência mecânica, ao desgaste e maleabilidade. O FoFo maleável de núcleo preto é obtido por grafitização (obtenção de grafita para dureza). O FoFo maleável de núcleo branco é obtido por descarbonetação (obtenção de ferrita para ductilidade).

Produto Acabado



Objetiva (MO) 10x sem ataque



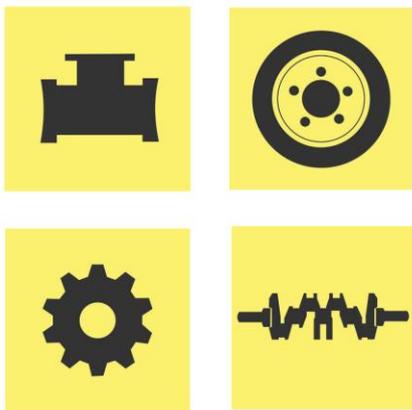
Objetiva (MO) 50x com ataque Nital 2%
Microestrutura perlítica, ferrita e grafita

Microestrutura

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Maleável

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Maleável

Aplicação



Processos

Usinabilidade ALTA
Conformabilidade Líquida ALTA
União e Acabamentos ALTA
VER: Proc.Fabricação

Desempenho

Corrosão ALTA
Condutividade Térmica ALTA
Resistividade Elétrica ALTA
Expansão Térmica BAIXA
Desgaste MÉDIO
VER: Acabamentos
Reciclabilidade ALTA

Propriedades

Composição Química: C Si Mn P S
Temperatura de Fusão 1150 - 1300 C°
Módulo de Elasticidade(E) 68 - 138 GPa
Resistência a Compressão 490-1380 MPa
Dureza Brinell 149 - 302
Densidade 7,30 g/cm³

Notas de projeto

Resulta na transição entre o FoFo Cinzento e o FoFo branco, que ocorre após um resfriamento rápido na superfície e de um resfriamento lento no centro do material. Possui um balanço entre a alta dureza e resistência ao desgaste de um FoFo branco e a elevada tenacidade, condutividade e capacidade de amortecimento de vibrações do FoFo cinzento. Sua microestrutura apresenta numerosas áreas escuras em um fundo claro.

Produto Acabado



Foto: Wilmes Rolfs



Objetiva (MO) 10x sem ataque

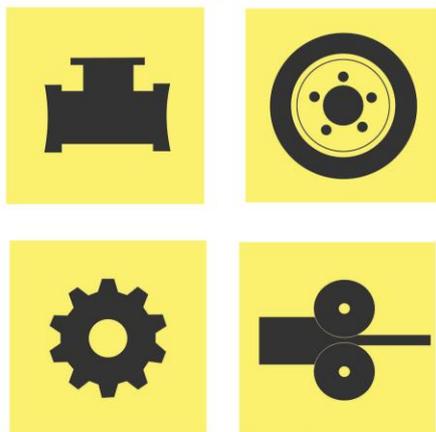


Objetiva (MO) 50x com ataque Nital 2% ledeburita cercada pela perlita

Microestrutura

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Mesclado

Aplicação



Processos

Usinabilidade ALTA
Conformabilidade Líquida ALTA
União e Acabamentos ALTA
VER: Proc.Fabricação

Desempenho

Corrosão ALTA
Condutividade Térmica ALTA
Resistividade Elétrica ALTA
Expansão Térmica ALTA
Desgaste ALTO
VER: Acabamentos
Reciclabilidade ALTA

Propriedades

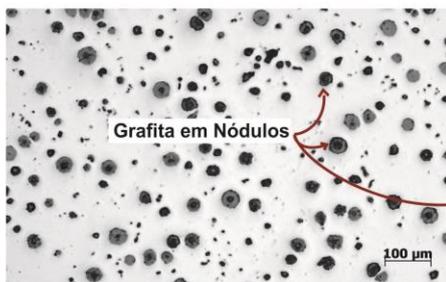
Composição Química: C Si Mn P S
Temperatura de Fusão 1150 - 1300 C°
Módulo de Elasticidade(E) 86 - 138 GPa
Resistência a Compressão 490-1380 MPa
Dureza Brinell 128 - 3217
Densidade 7,30 g/cm³

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Mesclado

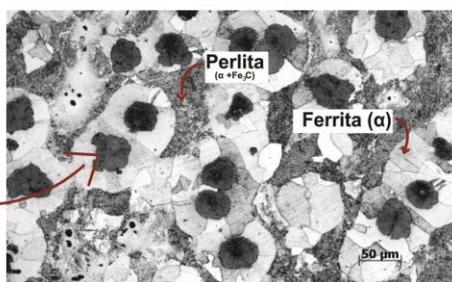
Notas de projeto

Obtido por um processo chamado nodularização, o principal agente nodularizante é o Mg, formando as esferas. Elevada ductilidade, tenacidade superior aos FoFos brancos e cinzentos, boa resistência a vibrações a altas temperaturas e elevada condutividade térmica. A microestrutura é apresentada na forma esferoidal, a qual, não interrompe a continuidade da matriz tanto quanto a grafita em veio, resultando em um aumento na resistência mecânica.

Produto Acabado



Objetiva (MO) 10x sem ataque

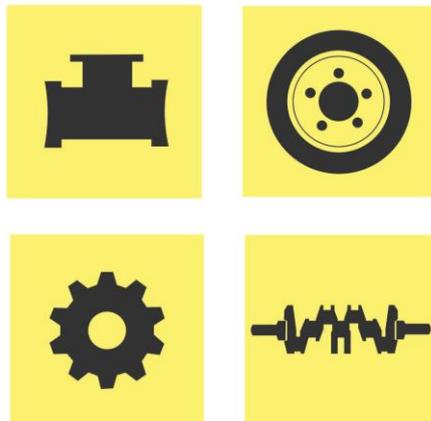


Objetiva (MO) 20x com ataque Nital 2%
Microestrutura ferrita e perlita em FoFo nodular bruto de fusão

Microestrutura

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Nodular

Aplicação



Processos

Usinabilidade ALTA
Conformabilidade Líquida ALTA
União e Acabamentos ALTA
VER: Proc.Fabricação

Desempenho

Corrosão ALTA
Condutividade Térmica ALTA
Resistividade Elétrica ALTA
Expansão Térmica BAIXA
Desgaste ALTO
VER: Acabamentos
Reciclabilidade ALTA

Propriedades

Composição Química: C Si Mn P S
Temperatura de Fusão 1150 - 1300 C°
Módulo de Elasticidade(E) 66 - 198 GPa
Resistência a Compressão 490-1380 MPa
Dureza Brinell 302 - 555
Densidade 7,30 g/cm³

Material Metálico/ Ferroso/ Ferro Fundido
FoFo Nodular

Acabamentos: está relacionado com a aparência do material, revestimento e proteção. Ato de finalização de um material ou produto, visando melhorar sua superfície exterior. Inglês: *finish*.

Aplicação: está relacionado com a função, ou seja, o uso do material ou produto para fins determinados. Ato de adaptar ou empregar algo à alguma coisa.

Composição Química: o teor relativo de um elemento químico da tabela periódica em uma liga para o desenvolvimento de um material. Inglês: *chemical composition*.

Condutividade Térmica: propriedade relacionada com o transporte de calor nos materiais. Indica a quantidade de calor transferido por unidade de área e unidade de tempo. Parâmetro que caracteriza a habilidade de um material em conduzir calor. Inglês: *(thermal conductivity/temperature diffusivity)*

Conformabilidade Líquida: capacidade de um material conformar na fase líquida, antes da solidificação. Conformação em estado fundido. Propriedade que permite o material moldar-se para obter formas complexas. Inglês: *conformity*.

Coquilha: molde permanente de aço carbono para processo de fundição por resfriamento rápido. Possui mecanismos de abertura e fechamento dos machos metálicos, sendo este separado após a solidificação e resfriamento. Inglês: *Permanent mold casting*.

Corrosão VER: Desgaste. Inglês: *corrosion/resistant*.

Desgaste - equivalente Corrosão: perda degradativa da superfície de metal. Tendência que muitos materiais têm de reagir com o oxigênio (produtos químicos ou outros agentes) através de uma interação química com o meio de exposição. Inglês: *wear*.

Densidade: massa e o diâmetro dos átomos, a eficiência com a qual eles são empacotados para preencher o espaço. Mede o grau de concentração de massa em determinado volume. Inglês: *density*.

Desempenho: está relacionado com as propriedades do material. Ato de desempenhar, capacidade de realizar algo ou capacidade de executar uma função específica, atribuição, performance para realizar uma determinada função. Inglês: *performance*.

Dureza: está relacionado com a microestrutura e está ligada a resistência mecânica. Medida da resistência de um material a deformação. Ato de quantificar atributos como resistência à abrasão, a riscos e amassaduras. Inglês: *hardness*.

Expansão Térmica: temperatura de fusão ou degradação. Inversamente proporcional ao ponto de fusão, materiais com alto ponto de fusão expandem-se menos. Inglês: *thermal expansion*.

Ferro Fundido - VER: Fofo.

Fofo - equivalente Ferro Fundido: liga ferrosa com teor de carbono geralmente acima de 2,0%. Microestrutura na forma de veios ou lamelas de grafita. Teores de Carbono para a maioria dos Fofos comerciais fica entre 3,0 e 4,5%. Inglês: *cast iron / iron casting*.

Grafita: este elemento apresenta morfologias diferenciadas na microestrutura do material e influencia nas propriedades. Carbono natural cristalizado, coloração cinza escuro, macio e quebradiço. Inglês: *Graphite*.

Ledeburita: estrutura composta por bastões ou placas de perlita em uma matriz de cementita (são encontrados a temperatura ambiente e partir de resfriamento em coquilha). Possui elevada dureza e resistência ao desgaste, boa resistência à corrosão, excelente resistência à abrasão, baixa ductilidade. Inglês: *ledeburite*.

Martensita: resulta de uma transformação no estado sólido na ausência de difusão. Com maior teor de carbono, a martensita cresce na forma de placas planas e estreitas em vez de ripas assim, é muito dura e frágil. Quando o teor de carbono é baixo, a martensita cresce na forma de ripas, como placas estreitas que crescem lado a lado; assim, ela não é muito dura. Inglês: *martensite*.

Material Metálico: metais, compostos de átomos de mesmo tipo. Ligas metálicas compostas de dois ou mais elementos químicos, um elemento sendo metal. Classe de materiais dividida em materiais ferrosos e não - ferrosos. Inglês: *metallic material*.

Material Ferroso: Rede cristalina constituída em CCC, CFC e tetragonal de corpo centrado no estado sólido. Determinado pela taxa de resfriamento do líquido para o sólido. Este material é determinado pela presença de teor de carbono. Inglês: *ferrous material*.

Microestrutura: estrutura interna do material. A microestrutura pode ser alterada para se fazer uso de propriedades mais adequadas em determinadas aplicações. Estudo dos materiais visando conhecer a morfologia, microestrutura, eventuais falhas entre outros, com auxílio de um microscópio. Inglês: *microscopic structure / microstructure*.

Módulo de Elasticidade - equivalente Módulo Young: propriedades físicas do material. Depende da força de atração entre os átomos. A razão entre a tensão e a deformação quando a deformação é totalmente elástica. Medida de rigidez de um material. Inglês: *modulus of elasticity*.

Módulo Young VER: Módulo de Elasticidade. Inglês: *young's modulus*.

Processos de Fabricação: está relacionado com a tecnologia. A transformação de um material em produto acabado. Relacionada com atividades técnicas na indústria. Ato de produzir um produto através de sistemas de ações dinâmicas. Mecanização e manufatura. Inglês: *manufacturing method*.

Produtos Acabados: desenvolvimento de produtos. A forma final produzida. Produto pronto para a comercialização. Inglês: *product finished goods*.

Propriedade: atributos que controlam reações aos estímulos externos. Características para uma função específica. Inglês: *property*.

Reciclabilidade: capacidade de reciclagem de um material ou produto. Processo que visa a transformação de materiais ou produtos usados em materiais ou produtos novos. Relaciona-se com os 3Rs (reciclar, reduzir, reutilizar). Inglês: *recyclability*.

Resistência a Compressão: resistência mecânica de um material. Resistência a ação de forças externas (que vai comprimir). Carga máxima que um material pode suportar antes de romper. Inglês: *compression strength*.

Resistividade Elétrica: medida de resistência de um material a passagem de corrente elétrica. Capacidade que o material tem de resistir a correntes elétricas. Inglês: *esistivity electrical*.

Temperatura de Fusão: ponto em que o material atinge o estado líquido. Designa o ponto de solidificação, do estado líquido para o estado sólido. Temperatura que o metal é fundido. Inglês: *melting temperature*.

Usinabilidade: qualquer processo mecânico de remoção de material. Inglês: *workability / ease of working / machinability*.

Fonte Termos em inglês: Dicionário técnico de fundição e metalurgia; multilíngue, SCHWARZ (2011).