MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA

ÊNFASE: ENGENHARIA AMBIENTAL E TECNOLOGIAS LIMPAS

METODOLOGIA BIÔNICA EM DOBRADIÇA DE MÓVEIS

Roner José Salvador

Porto Alegre, RS.

2003

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA

ÊNFASE: ENGENHARIA AMBIENTAL E TECNOLOGIAS LIMPAS

METODOLOGIA BIÔNICA EM DOBRADIÇA DE MÓVEIS

Roner José Salvador

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior
Co-orientador: Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco

Banca Examinadora

Prof. Dr. Vilson João Batista
Prof. Dr. Flávio José Lorini
Profª. Dra. Lezilda Carvalho Torgan

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade Profissionalizante – Ênfase a Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas

Porto Alegre, RS.

2003

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovado em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior
Orientador
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof Dr. Joyson Luiz Pacheco
Co-orientador
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profª Drª. Helena Beatriz Betella Cybis
Coordenadora
Mestrado Profissionalizante em Engenharia
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Banca Examinadora

Prof. Dr. Vilson João Batista
PROMEC / UFRGS

Prof. Dr. Flávio José Lorini
PROMEC / UFRGS

Profª. Dra. Lezilda Carvalho Torgan
Fundação Zoobotânica

Dedico este trabalho a minha esposa Simone pelo amor e carinho e a minha família pela compreensão e apoio. E com carinho as pessoas que tanto amamos e não se encontram mais entre nós.

AGRADECIMENTOS

- Aos técnicos do Laboratório do Núcleo de Design e Seleção de Materiais (NdSM), Departamento de Materiais, Escola de Engenharia, UFRGS a oportunidade de desenvolver este trabalho, em especial, a Luis Henrique Alves Cândido, Fábio Pinto da Silva, Andréa Guanabara, Wilson Azevedo, Diego Perreira Tarragô, Daniela Cristina Zatti e equipe pela sua dedicação e oportunidade na elaboração deste trabalho.
- Ao meu orientador Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior e co-orientador, Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco pela amizade, atenção e tempo dedicados.
- Em especial a amiga e incentivadora Alda Terres.
- A professora Dra. Lezilda Carvalho Torgan da Fundação Zoobotânica do RS e aos professores Dr. Vilson João Batista e Dr. Flávio José Lorini da Escola de Engenharia da UFRGS pela colaboração e atenção ao trabalho.
- Às minhas amigas Ana Cristina Curia e Jacqueline Annes pelo apoio, incentivo e colaboração.
- À Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, através da colaboração e auxílio da Curadora do Núcleo de Ofiologia professora Moema Leitão de Araújo e a atenção especial da professora Maria Lúcia Machado Alves.
- Ao Professor Luiz Alberto de Souza Pedroso, Oceanólogo do Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR) da UFRGS, Imbé, RS.
- A Dra. Georgina Bond-Buckup e ao biólogo Maurício Pereira Almerão do laboratório de Carcinologia, Departamento Zoologia da UFRGS, pela colaboração no uso da técnica histológica.
- Ao Dr. Álvaro Porto Alegre Furtado e ao técnico Carlos Henrique Kriegler e equipe do Centro de Radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, em especial, a atenção da amiga Anara M. C. Santos.
- Ao Dr. Giovani A Bemvenuti, do Hospital Mãe de Deus de Porto Alegre à atenção e colaboração.

- Aos professores Sandro Grisa e Dr.. Telmo Strohaecker do Laboratório de Metalurgia Física da UFRGS, pela análise de metal.
- Ao Jeanderson Cardoso da Costa, Simone Czarnobai e Sebastião Ricardo Monteiro de Guimarães, da Unidade de Acessórios para Móveis e Peças Especiais da Soprano Eletrometalúrgica e hidráulica Ltda, pela dedicação e atenção.
- Ao Enio Detoni, Ivanor Sonaglio e Luciana Lessa, representantes da Blum-Albras Indústria e Comércio de Ferragens Ltda, pela colaboração com catálogos e amostras.
- Ao amigo Márcio A. De Souza, da Hettich Plastipar Industria e Comercio Ltda, pela colaboração com catálogos e amostras.
- Ao Ricardo José Diehl da R.J.Diehl Comércio de Materiais Para Móveis Ltda pela colaboração, junto com o Norberto Hobald representante da FGVTN Brasil Ltda, pelos catálogos e matérias cedidos.
- Ao Centro de Pesquisa Renato Archer (CenPRA), pela oportunidade de realizar a prototipagem rápida.
- À minha amada esposa Simone e família pela colaboração, compreensão e paciência.
- Ao apoio do CNPq, FINEP e CAPES.
- A todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, o meu reconhecimento.

SUMÁRIO

RESUMO **13**

ABSTRACT **14**

1. INTRODUÇÃO **15**

1.1 O PROBLEMA 17
1.2 JUSTIFICATIVA 17
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO 18
1.3.1 Objetivo Geral *18*
1.3.2 Objetivo Específico *19*

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **20**

2.1 INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL 20
2.1.1 Ecodesign *22*
2.2 SUSTENTABILIDADE 24
2.2.1 Certificação ambiental *26*
2.2.2 Produção mais limpa *28*
2.2.3 Desenvolvimento sustentável *30*
2.3 TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO E SEU DESENVOLVIMENTO 31
2.4 FORMA NATURAL 32
2.5 FUNÇÕES NATURAIS 33
2.6 BIÔNICA 37
2.6.1 Modelos de Biônica na natureza *43*
2.7 ELEMENTOS DE JUNÇÃO 44
2.7.1 Detalhamento dos termos específicos e princípios de junção. *45*
2.8 CONCEPÇÃO DE PRODUTOS E SUA RELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 55

3 MATERIAIS E MÉTODOS **58**

3.1. ESTUDO DE CASO 1: SOPRANO ELETROMETALÚRGICA E HIDRÁULICA LTDA 58
3.2 ESTUDO DE CASO 2: HETTICH PLASTIPAR 60
3.3 ESTUDO DE CASO 3: BLUM-ALBRAS 65
3.4 ESTUDO DE CASO 4: FGVTN BRASIL LTDA 69
3.5 METODOLOGIA BIÔNICA 72
3.5.1 Seleção das amostras *75*
3.5.2 Coleta das amostras *77*
3.5.3 Observação das amostras *79*
3.5.4 Análise das amostras *85*
3.5.5 Modelagem (imagens digitalizadas) *89*
3.5.6 Analogia do sistema natural com o produto *91*
3.5.7 Aplicação projetual sustentável *91*

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO **93**

4.1 ANALOGIA DO SISTEMA NATURAL COM AS DOBRADIÇAS ESTUDADAS 93
4.1.1 Estrutura da cobra em relação às dobradiças estudadas *93*
4.1.2 Estrutura do caranguejo em relação às dobradiças estudadas *97*

4.2 PROPOSTA DE EVOLUÇÃO DOS MODÊLOS DAS DOBRADIÇAS ESTUDADAS UTILIZANDO A BIÔNICA E CONCEITOS DE ECODESIGN 101
4.3 APLICAÇÃO PROJETUAL SUSTENTÁVEL 107
6 CONCLUSÕES..... 111
REFERÊNCIAS 113
ANEXO 1 - RELATÓRIO DA ANÁLISE METALOGRÁFICA, ANÁLISE QUÍMICA E ENSAIO DE DUREZA DO AÇO DAS DOBRADIÇAS ESTUDADAS 117
ANEXO 2 - PROTOCOLO PARA A AQUISIÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS..... 120
ANEXO 3 - TÉCNICA HISTOLÓGICA DE ROTINA (DEPARTAMENTO ZOOLOGIA UFRGS)..... 121

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUTURA CRANIANA, OSSO PTERIGÓIDE, OSSO PALATO E OSSO QUADRADO (ROMER, 1985). ... 35
FIGURA 2: EVOLUÇÃO DOS ARTRÓPODES PELO PROCESSO DE ESCLEROTIZAÇÃO ... 37
FIGURA 3: EXEMPLOS DE DOBRADIÇAS NA NATUREZA. (WOOD, 1886) ... 44
FIGURA 4: ELEMENTOS DE JUNÇÃO TGM (TESAURO CORTESIA NDSM) ... 45
FIGURA 5: PRINCÍPIOS DE JUNÇÃO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS (CORTESIA NDSM) ... 46
FIGURA 6: PRINCÍPIO DE AÇÃO MAGNÉTICA (CORTESIA NDSM) ... 47
FIGURA 7: PRINCÍPIO DE ADESÃO (CORTESIA NDSM) ... 47
FIGURA 8: PRINCÍPIO DE AMARRAÇÃO (CORTESIA NDSM) ... 48
FIGURA 9: PRINCÍPIO DE ATRITO (CORTESIA NDSM) ... 48
FIGURA 10: PRINCÍPIO DE DEFORMAÇÃO (CORTESIA NDSM) ... 49
FIGURA 11: PRINCÍPIO DE ENGATE (CORTESIA NDSM) ... 49
FIGURA 12: PRINCÍPIO DE FUSÃO (CORTESIA NDSM) ... 50
FIGURA 13: PRINCÍPIO DE INTERFERÊNCIA (CORTESIA NDSM) ... 50
FIGURA 14 : PRINCÍPIO DE MEMÓRIA (CORTESIA NDSM) ... 51
FIGURA 15: PRINCÍPIO DE PREENCHIMENTO (CORTESIA NDSM) ... 51
FIGURA 16: PRINCÍPIO DE ROSQUEAMENTO (CORTESIA NDSM) ... 52
FIGURA 17: PRINCÍPIO DE SUCÇÃO (CORTESIA NDSM) ... 52
FIGURA 18: PRINCÍPIO DE TRAVAMENTO (CORTESIA NDSM) ... 53
FIGURA 19: EXEMPLO DE ECOSSISTEMA DE PRINCÍPIOS DE JUNÇÃO DA NATUREZA ... 54
FIGURA 20: DOBRADIÇA IMPORTADA SOPRANO ... 59
FIGURA 21: DOBRADIÇA FABRICADA NA SOPRANO EM ZAMAK, ... 60
FIGURA 22: DOBRADIÇA 170º HETTICH PLASTIPAR ... 61
FIGURA 23: PARTES DA DOBRADIÇA 170º HETTICH PLASTIPAR E SEUS PROCESSOS ... 63
FIGURA 24: DOBRADIÇAS DA HETTICH PLASTIPAR (DESENHO SOFTWARE *INVENTOR)* ... 64
FIGURA 25: DOBRADIÇA IMPORTADA 170º BLUM-ALBRAS ... 65
FIGURA 26: PARTES DA DOBRADIÇA 170º BLUM E SEU PROCESSO DE FABRICAÇÃO ... 67
FIGURA 27: DOBRADIÇAS DA BLUM (DESENHO SOFTWARE *INVENTOR*) NO LABORATÓRIO DO NDSM- VISTA LATERAL E VISTA ISOMÉTRICA ... 68
FIGURA 28: DOBRADIÇA 175º IMPORTADA PELA FGV ... 69
FIGURA 29: PARTES DA DOBRADIÇA 175º FGV E SEU PROCESSO DE FABRICAÇÃO ... 71
FIGURA 30: DOBRADIÇAS DA FGV (DESENHO SOFTWARE *INVENTOR)* NO LABORATÓRIO DO NDSM ... 72
FIGURA 31: PROJETO INTERDISCIPLINAR PARA ANALISES DE BIÔNICA, ... 74
FIGURA 32: COBRA NO BOTE ABRE A BOCA NUM ÂNGULO DE 150º OU MAIOR ... 76
FIGURA 33: AMOSTRAS DE COBRAS ANALISADAS (CORTESIA FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RS - NOPA) ... 78
FIGURA 34: *AMOSTRAS DE CARANGUEJOS ESTUDADOS (CORTESIA CECLIMAR - UFRGS)* ... 78
FIGURA 35: *AEGLA PLATENSIS (C*ORTESIA LABORATÓRIO DE CARCINOLOGIA DA UFRGS) ... 79
FIGURA 36: MANDÍBULA, OSSOS QUADRADO E SUPRATEMPORAL DE UMA *DASIPELTS* ... 80
FIGURA 37: DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA MANDIBULAR, CRANIANA DA COBRA ... 81
FIGURA 38: CHASMAGNATHUS GRANULATA (CORTESIA BOND-BUCKUP *ET.. AL.*,1991) ... 83
FIGURA 39: CHASMAGNATHUS GRANULATA COM 5 PARES DE PEREIÓPODO OU QUELÍPODO ... 84
FIGURA 40: COBRA *BOTHROPS JARARACUSSU NA* ... 86
FIGURA 41: SCANNER 3D A LASER E FREZADORA CNC (LABORATÓRIO DO NDSM) ... 88
FIGURA 42: 1º PAR DE PEREÓPODOS (QUELÍPODOS) DE *AEGLA PLATENSIS* ... 89

FIGURA 43:IMAGEM DA DIGITAÇÃO DA MANDÍBULA E OSSO QUADRADO DA COBRA, ... 89
FIGURA 44: EXEMPLAR DE MANDÍBULA E OSSO QUADRADO DO CRÂNIO DE COBRA, ... 90
FIGURA 45: IMAGENS DA SUPERFÍCIE, TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA 90
FIGURA 46: PROTOTIPAGEM RÁPIDA (EXECUTADA NO CENPRA) BASEADA EM EXAMES 91
FIGURA 47: A PROTOTIPAGEM RÁPIDA (EXECUTADA NO CENPRA) DO MODÊLO 91
FIGURA 48: ABERTURA DA BOCA DA COBRA NA HORA DO BOTE E SEUS RESPECTIVOS ÂNGULOS 94
FIGURA 49: ÂNGULO DE 170º DE ABERTURA DE UMA DOBRADIÇA (HETTICH) 95
FIGURA 50: BOCA DA COBRA COMO EXEMPLO DE ESTRUTURA MAIS FLEXÍVEL, NO PROCESSO DE EVOLUÇÃO EM COMPARAÇÃO DA DOBRADIÇA NA SUA FLEXIBILIDADE DE ABERTURA 96
FIGURA 51: IMAGEM DA *BOTHROPS JARARACUSSU* 96
FIGURA 52: MANDÍBULA DA COBRA E OSSO QUADRADO, COM ACHATAMENTO NAS PONTAS PARA MELHOR DISTRIBUIR O ESFORÇO NAS JUNÇÕES EM COMPARATIVO COM A DOBRADIÇA. 97
FIGURA 53: COMPARANDO O ACHATAMENTO DAS EXTREMIDADES DOS CRUSTÁCEOS 98
FIGURA 54: RELAÇÃO DA DOBRADIÇA COM PEREIÓPODO DE CRUSTÁCEO. 98
FIGURA 55: RELAÇÃO DO PRINCÍPIO DE TRAVAMENTO ENTRE DOBRADIÇAS 99
FIGURA 56: SISTEMA DE TRAVAMENTO DA DOBRADIÇA 99
FIGURA 57: COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DO PEREIÓPODO DO CRUSTÁCEO 100
FIGURA 58: DETALHES DOS PINOS DAS DOBRADIÇAS E DAS JUNÇÕES DE UM CRUSTÁCEO 100
FIGURA 59: IMAGEM DO CORTE HISTOLÓGICO DO PEREIÓPODO 101
FIGURA 60: RELAÇÃO DO ÂNGULO DA DOBRADIÇA CONCEITUAL SEM A PEÇA GUIA 101
FIGURA 61: IMAGEM DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA 102
FIGURA 62: MODELO DE PROTOTIPAGEM DA SIMETRIA DA MANDÍBULA DE COBRAS 102
FIGURA 63: AMOSTRA DA JUNÇÃO DA PEREIÓPODOS DE CRUSTÁCEO E SEU ACHATAMENTO JUNTO COM A PROPOSTA DA NOVA DOBRADIÇA. 103
FIGURA 64: REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DE TRAVAMENTO (GUIA) UTILIZADO NO NOVO PROJETO CONCEITUAL DE DOBRADIÇA BASEADO NAS FORMAS NATURAIS (PRIMEIRO PAR DE PEREIÓPODOS) 103
FIGURA 65: DOBRADIÇA COM ESTRUTURAS DOBRADAS EM VIGAS EM COMPARAÇÃO 104
FIGURA 66: PARTES DOS PRODUTOS DO PROJETO CONCEITUAL DE DOBRADIÇA E SEU PROCESSO DE FABRICAÇÃO 106
FIGURA 67: MODELAGEM DO PROJETO CONCEITUAL DA DOBRADIÇA PROPOSTA A PARTIR DE ESTUDOS DE BIÔNICA E ECODESIGN. 107
FIGURA 68: DADOS REFERENTES AO NÚMERO DE PEÇAS, QUANTIDADES DE FUNÇÕES E TIPOS DE MATERIAIS DAS DOBRADIÇAS 109

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

RTA - Ready to Assemble

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

ECO-92 - Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, 1992

DfE - Design for Environment

DfX - Design for X (X é a variável ambiental)

WCED - World Commission on Environment and Development

PLEA - Passive and Low Energy Architecture

ISO - International Organization for Standardization

LCA - Life Cycle Assessment

ACV - Avaliação do Ciclo de Vida do produto

DfD - Design for Disassembly

SENAI - Serviço Nacional de Indústria

TGM - Termo Geral Maior

TE - Termo Específico

DfA - Design for Assembly

NBR - Norma Brasileira

CenPra - Centro de Pesquisa Renato Archer

NdSM - Núcleo de Design e Seleção de Materiais

Diy - Do it yourself

Abimovel - Associação Brasileira da Indústria do Mobiliário

UP - usado por

CAD - Computer Aided Design

NOPA - Núcleo de Ofiologia de Porto Alegre

3D - terceira dimenção

STL - Stéreo Litografia

SLS - Sinterização Seletiva a Laser

CECLIMAR - Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos

CETEMO – Centro Tecnológico do Mobiliário de Bento Gonçalves

SINDMÓVEIS – Sindicato das indústrias da Construção e do Mobiliário

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

RESUMO

A conscientização das indústrias, em especial o Setor Moveleiro, em relação ao meio ambiente, vem impulsionando as mesmas para o desenvolvimento de produtos com inovações sustentáveis. Dentro deste contexto o presente trabalho teve como objetivo estudar a biônica como ferramenta de trabalho de ecodesign, originando desenvolvimento sustentável na produção de produtos da Indústria Moveleira, em particular dobradiças (elementos de abertura e fechamento de portas em móveis). Utilizou-se biônica, que se caracteriza na procura de modelos na natureza que passaram por um processo evolutivo e seletivo de suas formas e funções. A metodologia da biônica foi aplicada na análise de dobradiças de abertura e fechamento de portas de móveis já existentes no mercado consumidor, em analogia com modelos da natureza, como estrutura craniana e mandibular de cobras e estruturas de patas (pereiópodos) de crustáceos. Este estudo resultou no desenvolvimento de um projeto conceitual de dobradiça com menos materiais e menor número de peças, com viabilidade técnica baseado nos conceitos de Ecodesign e sustentabilidade.

ABSTRACT

The awareness of the Industries in relation to the environment, specially of the Industrial Furniture has been growing torwards the development with sustainable inovations. Within this context of the present work had as an objective to study the Bionics as a tool of work of ecodesign, originating sustainable development in productions of the product in Furniture industries, in particular hinges (elements that permit opening and closing of doors on furnitures). The using of Bionics, that characterizes in the search of models in nature that have an evolution and a selective process of its forms and functions. The Bionic Methodology was applied on the analysis of hings of opening and closing of furniture doors already known in the market, in akin with modles found in nature. The following modles were used: skull structure of snakes and the structure of crustaceans, according to the principals of joins. This study resulted in the development of a conceptual project of hings with less material and a lower number of parts, with technical feasibility based on the concept of ecodesign and sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Procurou-se sempre a practicidade em dispositivos de abertura e fechamento de portas de móveis. Nossos antepassados utilizando ferramentas de abertura e fechamentos simples resolviam seus problemas do dia-a-dia empregando elementos essencialmente funcionais. No passar dos tempos nossas necessidades e estrutura de vida se modificaram, surgindo novos materiais à disposição das novas tecnologias, como exemplo, cita-se as dobradiças de móveis, originários da necessidade da indústria moveleira, estabelecidos através das configurações de móveis modernos.Um dos maiores desafios que deve ser resolvido pelos designers em cada novo projeto é como fazer a união entre os elementos, sistemas e subsistemas que compõem um produto industrial com responsabilidade em relação ao meio ambiente. Historicamente, pode-se salientar alguns fatos: durante o período do *Art Nouveau*, caracterizado pela exploração das mais variadas formas orgânicas, observou-se o surgimento de novas técnicas de junção. O desenvolvimento das mesmas possibilitou a exploração das formas, utilizando o vidro e o ferro fundido, que estavam entre os materiais mais utilizados na época. Em 1950, com a revolução dos plásticos, iniciou-se a busca dos meios de união dos polímeros aos metais. Com o desenvolvimento tecnológico, houve um grande aumento de oferta de materiais e processos, que obrigou o investimento no desenvolvimento de tecnologia para a junção destes materiais. Atualmente, estes sistemas continuam sendo muito utilizados na indústria, apesar de outros, mais modernos e rápidos para montagem, estarem se tornando quase um padrão para a produção industrial de larga escala (Cândido e Kindlein, 2003). Ao desenvolver tecnologias, vivemos os sonhos dos *Jetsons,* desenho animado de uma família que vive no futuro. Também ganham fôlego no mercado tecnologias de comando de voz, controle de acesso através de impressão digital e uso da energia solar.

Particularmente na indústria moveleira, segundo Gorini (1998) a competitividade depende não somente da eficiência dos processos produtivos,

mas também da qualidade, do conforto, da facilidade de montagem e, sobretudo, do design dos móveis. A utilização de novos materiais, os novos tipos de acabamento e o design constituem as principais atividades inovadoras na indústria. As inovações que surgem do desenvolvimento de um novo design envolvem diversos aspectos, dentre os quais se destacam, entre outros: a diminuição do uso de insumos como materiais e energia, a redução do número de partes e peças envolvidas num determinado produto e a redução do tempo de fabricação. Neste sentido, o estudo de diferentes mecanismos e materiais de abertura e fechamentos de portas na indústria moveleira prioriza maior funcionalidade e conforto, e coloca novos conceitos ao projeto do produto. Os móveis comercializados vêm sendo projetados de forma que qualquer pessoa não tenha dificuldades na montagem - *ready to assembly* (RTA) *e do it yourself* (DIY) (são conceitos relacionados com materiais e equipamentos de fácil montagem e aplicação). Porém, é necessário também prever detalhes de desmontagem para facilitar a remontagem, o reuso e até mesmo a reciclagem ao final da vida útil do produto. O desenvolvimento sustentável utilizando a biônica deve servir para atentarmos ao fato de que as tecnologias e produtos industriais devem ser repensados como sistemas auto-suficientes, visando um cenário completamente novo no contexto atual, mesmo assim, este conceito deve ser questionado uma vez que nossas ações estão comprometendo a nossa própria capacidade de relação com o meio ambiente. Basta olhar para a poluição de nossos lagos, aterros a céu aberto, etc. Para manter o desenvolvimento sustentável, está à disposição do homem técnicas e normas para auxiliar neste controle, como o eco-balanço, certificação ambiental e produção mais limpa.

A biônica é uma ferramenta do ecodesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis. A biônica é a pesquisa sistemática relativa a mecanismos biológicos (sistemas e subsistemas) que permite a interação de parâmetros e características naturais que possam contribuir com os projetos de produtos industriais. Aproveitar de forma eco-eficiente os insumos (energia, água e outros) e os materiais, as funções e as formas dos sistemas naturais pode ser um dos

caminhos para o surgimento de inovações sustentáveis no futuro próximo. Os elementos de junção são também importantes, no desenvolvimento do produto, ciclo de vida e desmontagem do mesmo, tendo como objetivo o reuso ou reciclagem. Os elementos de junção permitem ou não a função de desmontagem, tais como, amarração, engate, interferência, memória (elasticidade ou transformação de fase), rosqueamento, sucção e travamento, fusão, etc. Os estudos da biônica demonstram que a natureza tem características evolutivas em soluções análogas as que o homem encontra, tais como resistência, estabilidade, fixação e outros. Ao projetar um produto tendo em vista sustentabilidade e o ciclo de vida do produto, pode-se utilizar uma junção que envolva princípios que facilitem a montagem e desmontagem, minimizando os custos e aumentando produção, facilitando desmontagem, o reuso e a reciclagem, proporcionando uma produção mais limpa, com economia de energia e redução de resíduos e beneficiando o meio ambiente.

1.1 O problema

O problema a ser abordado está relacionado ao estudo da biônica em analogia as dobradiças já existentes no mercado moveleiro e no desenvolvimento de uma metodologia inovadora para o desenvolvimento de um projeto conceitual de produto, com viabilidades técnicas e de sustentabilidade.

1.2 Justificativa

A geração desenfreada de resíduos provenientes do pós-consumo de produtos descartáveis se configura, atualmente, numa das fontes que mais contribuem para o surgimento de problemas ambientais, tais como redução da vida útil de aterros sanitários e industriais, assoreamento e poluição de rios, bem como, uso indiscriminado dos recursos naturais. Dessa forma, surge a necessidade de inovação com responsabilidade em relação ao ambiente na montagem e desmontagem de produtos, dois quais, destaca-se o foco deste

trabalho que são as dobradiças, (dispositivos de abertura e fechamento de portas) nas indústrias moveleira.

A biônica é fundamental para o desenvolvimento de produtos com inovações sustentáveis, que visam aproveitar de forma eco-eficiente a energia, os materiais, a geometria e as formas dos sistemas naturais. A biônica deve ser percebida como uma grande possibilidade de mudança no conceito atual de sustentabilidade de produção, utilizando-a como ferramenta de trabalho no ecodesign.

Neste contexto, com recursos da biônica o ciclo de vida da dobradiça se torna mais viável, pois possibilita através do *Design for Assembly* (DfA) e *Design for Disassembly* (DfD) aplicar estas técnicas ao produto, no todo ou em partes, a fim de que este possa ser reutilizado ou reciclado minimizando a agressão ao meio ambiente, no pós-uso do produto. Esta possibilidade agrega valor ao mesmo, no que tange à velocidade de produção (montagem), na facilidade de reciclagem e reutilização (desmontagem), proporcionando uma produção mais limpa, com economia de energia e redução de resíduos, otimizando assim o ciclo e o tempo de vida do produto.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3.1 Objetivo Geral

Neste trabalho, pretendeu-se estabelecer uma metodologia de projeto de produto baseada na biônica e ecodesign, tendo em vista os recursos atuais de avaliação de imagens das amostras e geração de protótipos de produtos da Indústria Moveleira, em particular dobradiças (elementos de abertura e fechamento de portas em móveis). Desta forma, com a utilização da Biônica, procurou-se inovar a aplicabilidade da sustentabilidade nos meios de produção, dando valor econômico viável e visando melhorar a relação produto versus meio ambiente.

1.3.2 Objetivo Específico

Efetuar uma analogia das dobradiças (dispositivos de abertura e fechamento de portas) já existentes na indústria moveleira com o mecanismo de junção encontrado, nas mandíbulas de cobras e pereiópodos de crustáceos da natureza, e com isto, propor um projeto conceitual de inovação sustentável nos padrões de ecodesign.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Inovação sustentável

A inovação sustentável deve ser entendida como uma grande possibilidade de mudança no atual padrão de impacto ambiental, o foco do Ecodesign está tanto no redesign ecológico dos produtos existentes, quanto em mudanças nos materiais e no uso de novas formas de projetar, produzir e aproveitar os produtos, utilizando: energias alternativas, produtos modulares (aproveitamento de espaço), uso de produtos desmontáveis (para facilitar manutenção e limpeza), e diminuição de materiais por produto, tornando seu ciclo de vida viável ao meio ambiente Santos (2001).

Segundo Bezerra e Munhoz (2000) a conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), realizado no Rio de Janeiro, em 1992, aprovou um documento, denominado Agenda 21, que estabelece um pacto pela mudança do padrão de desenvolvimento global para a atualidade. Os países signatários assumiram o desafio de incorporar, em suas políticas, metas que os coloquem a caminho do desenvolvimento sustentável.

Para as empresas, a questão ambiental deveria deixar de ser um problema para se tornar parte de uma solução maior, o Desenvolvimento Sustentável que inclui crescimento econômico, eqüidade social e qualidade ambiental, sendo que estes três componentes são interdependentes e necessitam ser harmonizados.

O setor moveleiro nacional avançou muito nos últimos anos e hoje sua produtividade, em alguns segmentos, já se aproxima dos níveis internacionais. A abertura comercial e a globalização das atividades econômicas têm introduzido novas formas de cooperação entre as empresas, como o licenciamento de produtos*, joint ventures,* entre outras. A indústria brasileira de móveis também não ficou imune a estas novas influências, com muitas empresas recorrendo ao licenciamento de produtos estrangeiros, como forma de modernizar suas

instalações industriais, ou seja, a partir do produto projeta-se o *layout* necessário. Outras procuraram terceirizar etapas do processo produtivo como forma de reduzir custos e enfrentar a concorrência externa. Neste novo ambiente de abertura comercial e de intensa competitividade, a indústria brasileira de móveis tem revelado uma grande capacidade empresarial de adaptação.

Entre as principais deficiências analisadas, caberia destacar: a carência de fornecedores especializados em partes e componentes de móveis; a incipiente normatização técnica; a elevada informalidade; os baixos investimentos em design e pesquisa de mercado.

Além da tecnologia, os demais fatores de competitividade da indústria de móveis relacionam-se com novas matérias-primas, design, especialização da produção, estratégias comerciais e de distribuição, entre outros. A dinâmica das inovações baseia-se, principalmente, naquelas que se referem ao produto, através do aprimoramento do design e da utilização de novos materiais. A qualidade do produto final é julgada de acordo com as seguintes variáveis principais: material, design, durabilidade, entre outras.

O novo estilo de vida da sociedade moderna, que passou a priorizar maior funcionalidade e conforto, introduziu novos conceitos ao projeto do produto. Parcela crescente de móveis comercializados passou a ser projetada de forma que qualquer cidadão não tenha dificuldades na montagem – *ready to assembly (RTA) e do it yourself* (DIY)– eliminando a figura do montador e, com isso, barateando o produto. Esse tema é desenvolvido no estado do Rio Grande do Sul, através do Senai/Cetemo (Centro Tecnológico do Mobiliário de Bento Gonçalves), fundado em 1983, que conta com centenas de alunos/ano, oferecendo cursos profissionalizantes e de formação superior, em convênio com a Universidade de Caxias do Sul e com o Sindicato das Indústrias da Construção e do Mobiliário (Sindmóveis).

A mais importante fonte de dinamismo tecnológico origina-se da inovação dos produtos, uma vez que as tecnologias de processo estão consolidadas e difundidas e as mudanças tecnológicas são incrementais, melhorando cada vez mais o ciclo de vida do produto em seu meio.

2.1.1 Ecodesign

Estudando ecodesign compreende-se seu relacionamento com ciclo de vida do produto e sua sustentabilidade em nossas vidas. A biônica se adapta a este conceito na procura de elementos da natureza que evoluíram e se adaptaram ao seu meio, sem agredir ao meio ambiente. Utilizando estas informações técnicas destes exemplos vivos obtêm-se resultados suficientes para obter inovações sustentáveis no produto.

De acordo com informações colhidas pela Associação Brasileira da Indústria do Mobiliário (Abimovel, 2001), as indústrias de móveis, no Brasil, caracterizam-se pela reunião de diversos processos de produção, envolvendo diferentes matérias-primas e uma diversidade de produtos finais, e podem ser segmentadas, principalmente, em função dos materiais com que os móveis são confeccionados (madeira, metal e outros), assim como de acordo com os usos a que são destinados (móveis para residência e móveis para escritórios e outros). Além disso, devido a aspectos técnicos e mercadológicos, as empresas, em geral, são especializadas em um ou dois tipos de móveis, como, por exemplo, de cozinha e banheiro, estofados, entre outros.

O Ecodesign, *Green Design* ou *Design for Environment* (DfE) é uma forma ecológica de desenvolvimento de produtos, que pode se traduzir em projeto para o meio ambiente. Suas possibilidades estão sendo consideradas vitais para a garantia do desenvolvimento sustentável e para a redução do impacto ambiental dos novos produtos. O termo *Design for Environment* (DfE) é baseado no conceito de Design for X (DfX) em que X é a diretriz de design com as características

desejáveis do produto. Sendo neste caso a diretriz ambiental considerada como alta prioridade de projeto.

De acordo com Santos (2001), o ecodesign propõe uma nova estratégia para o desenvolvimento de produtos, associando o sistema de gestão ambiental aos materiais e processos de fabricação. O Ecodesign compreende uma visão holística em que, a partir do momento que conhecemos os problemas ambientais e suas causas, passamos a influir na concepção. Desta forma o ecodesign utiliza a Biônica como ferramenta de trabalho.

Para que o papel do Ecodesign seja compreendido, é importante analisar as características sustentáveis desejáveis dos chamados produtos "verdes":

- pouco consumo de energia durante produção, uso e reciclagem;
- reduzidos danos ao meio-ambiente na fabricação, uso e descarte;
- diminuição de resíduos desnecessária devido a excesso de embalagem ou curta vida útil;
- produtos reutilizáveis ou recarregáveis;
- longa vida útil ou atualizável;
- facilidade na desmontagem e reciclagem;
- capacidade de remanufatura (orientado a manutenção).

De acordo com Billett (2000), o conceito de Ecodesign é revisto periodicamente, devido à fase evolutiva que esta atividade se encontra, bem como por sua constante adaptação à dinâmica do mundo contemporâneo. Em consenso a influência do Ecodesign é predominante em todas as etapas da cadeia produtiva e, portanto projeto não é apenas do produto, mas do ciclo-de-vida englobando: seleção de materiais, otimização do produto, sistema eficiente de transportes, redução do impacto na fase de uso e fim da vida útil do produto.

2.2 Sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade no ecodesign se relaciona pela busca de um equilíbrio do homem com a natureza, no interesse de produzir e não agredir ou minimizar a agressão à natureza, organizando estudos como a Biônica para servir de ferramenta de conhecimentos aos designers, provocando uma busca pelo equilíbrio com a natureza.

De acordo com Lyle (1994) o termo sustentabilidade ocorreu quando a *World Commission on Environment and Development* (WCED), à qual a Assembléia Geral das Nações Unidas encarregou de formular uma "agenda para o futuro", baseou suas propostas principalmente no desenvolvimento sustentável. Os princípios de desenvolvimento sustentável segundo Sachs (1988), podem ser definidos como:

- busca, previamente e ao longo das tarefas empreendidas, de uma educação formal ou informal, que sensibilize as pessoas para as dimensões ambientais do desenvolvimento;
- procura de soluções específicas e originais para cada região. Propiciando o desenvolvimento da criatividade em oposição a transferências passivas e espírito de imitação;
- utilização de fontes locais de energia;
- procura das mudanças tecnológicas compatibilizadas com os objetivos sociais, econômicos e ecológicos, o que pressupõe um novo sistema de educação;
- articulação em nível comunitário para a gestão de particularidades setoriais, considerando a complementaridade de todas as ações envolvidas;
- potencialização de recursos e ações para a satisfação de necessidades efetivas das populações envolvidas, através de um planejamento participativo. Assegurar-se de que os resultados do desenvolvimento

alcançado não sejam comprometidos em proveito de intermediários entre as comunidades locais e os mercados nacionais e internacionais.

Representando uma visão amplamente sustentada, Commoner (1990), argumenta de modo muito convincente que um problema básico está nos nossos meios de produção, que para resolver os problemas de poluição, deverá ser alterada a maneira de fazer as coisas.

De fato, a maneira com que o ser humano tem se utilizado da ciência e sua engenhosidade para deixar demarcado seu território, em prejuízo do entendimento com as demais espécies, é marcante. As extrações de recursos naturais sejam eles renováveis ou não, devido ao crescimento populacional, tende a aumentar, e proporcionalmente tem-se a deposição de detritos provenientes de sua utilização. As terras cultiváveis, as florestas, as minas e bacias hidrográficas são utilizadas ao máximo visando suprir os centros de consumo. Na natureza os animais e plantas vivem em harmonia com suas formas, funções e evolução, servindo como modelo biônico para o homem em sua evolução no meio produtivo e os princípios ambientais são regras de sustentabilidade, dando equilíbrio ao meio com os seres vivos.

De acordo com Sperb (2000) apresenta seis pontos de princípios ambientais que devem ser seguidos pelos profissionais, quais sejam:

- minimizar o consumo de recursos;
- maximizar a reutilização de recursos;
- priorizar o uso de recursos recicláveis ou renováveis;
- proteger o ambiente natural;
- criar um ambiente interno saudável sem presença de substâncias nocivas;
- garantir a qualidade do ambiente.

Segundo Silva (2000), o surgimento e a disseminação dos conceitos do "projeto verde" (*green design*) foi uma importante resposta do meio técnico à generalização da conscientização ambiental na década de 90. Este "projeto verde" visa:

- tecnologia limpa: estratégias para prevenção de problemas ambientais;
- na produção: conservação de matérias-primas e energia; eliminação de matérias primas tóxicas; redução da quantidade e toxidade de todos os resíduos;
- nos produtos: redução de impactos negativos no ciclo de vida do produto (desde a extração da matéria-prima até sua disposição final);
- nos serviços: incorporação de conceitos ambientais no projeto e execução de serviços.

2.2.1 Certificação ambiental

Pela pressão econômica de sociedades organizadas, em defesa do meio ambiente, para controlar e manter a sustentabilidade, na produção, foram organizados normas para as empresas, direcionadas a regularização da produção dos mesmos, que possam ser negociados sem agredir o meio ambiente. Estas normas são sintetizadas pela sigla ISO que representa a Organização Internacional para Normalização localizada em Genebra, Suíça, fundada em 1947. A principal norma relacionada ao tema é a ISO 14001 que, de acordo com Barros (2003) é uma aproximação sistemática para o gerenciamento ambiental. A principal meta desta norma é estabelecer a estrutura e a consciência de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) que possam conduzir os procedimentos da organização à proteção ambiental, levando em consideração o impacto ambiental da empresa. Pode-se verificar que atendendo os critérios e principalmente, conhecendo os impactos da empresa haverá grandes possibilidades de um bom desempenho na proteção ambiental.

O ano de 2003 iniciou com grandes problemas de abastecimento de matéria-prima para o setor moveleiro e destacando um considerável número de empresas que buscam o aproveitamento de seus resíduos visando reaproveitá-los em seus processos. Um dos assuntos mais preponderantes em um produto ambientalmente correto é determinar o que acontece depois que ele deixa a fábrica e qual o caminho que o mesmo segue quando o usuário já não o quer mais (fim de vida do produto). Qual é a possibilidade de reutilização do produto? Os componentes podem ser removidos do produto para serem reutilizados? Qual o destino final do produto? Existe possibilidade de reciclagem? De acordo com Turra *et. al*. (2000), na Europa muitos fabricantes têm que responder perguntas sobre o destino final dos seus produtos, em parte por causa do desenvolvimento das legislações que tratam das responsabilidades do fabricante e do alto nível de conscientização ambiental existente naqueles países. O chamado DfD (*Design for Disassembly*) é importante para alcançar este objetivo de reutilização, reprocessamento e reciclagem.

Segundo Santos (2001) o surgimento de novos conceitos como Certificação Ambiental, Atuação Responsável e Gestão Ambiental demonstra que o caminho a ser seguido pelas empresas na preservação do meio ambiente está sendo traçado com a entrada em vigor das normas internacionais de gestão ambiental, que constituem a série ISO 14000, e a integração entre estas e as normas de gestão da qualidade (série ISO 9000) constituem o estabelecimento de um novo padrão na busca pela qualidade. A busca por uma Certificação Ambiental não deverá ser, de forma alguma, a meta principal, mas sim uma conseqüência do processo de conquista da excelência ambiental, sendo que a variável deverá obrigatoriamente, fazer parte do planejamento estratégico de qualquer empresa.

Ambas as famílias de normas conduzem as organizações para a melhoria contínua e sustentável, assumindo o papel de ferramentas práticas que as ajudam a assegurar a qualidade dos seus produtos e serviços (ISO 9000) e o monitoramento do impacto de suas atividades sobre o meio ambiente (ISO

14000). Segundo Santos (2001) as principais normas da série ISO 14000 são as seguintes:

- avaliação do sistema ambiental: ISO 14031 (diretrizes para avaliação do desempenho ambiental);
- auditoria ambiental: ISO 14010 (princípios gerais), ISO 14011 (procedimentos de auditoria), ISO 14012 (critérios de qualificação de auditores);
- rotulagem ambiental: ISO 14020 (princípios gerais), ISO 14021 (termos e definições), ISO 14022 (símbolos), ISO 14023 (metodologia de teste e verificação), ISO 14024 (rotulagem Ambiental tipo 1 – diretrizes para princípios e procedimentos), ISO 14025 (rotulagem ambiental tipo 3 – diretrizes para princípios e procedimentos);
- avaliação do ciclo de vida: ISO 14040 (princípios e diretrizes), ISO 14041 (análise do inventário do ciclo de vida), ISO 14042 (avaliação do impacto do ciclo de vida), ISO 14043 (interpretação do ciclo de vida).

A série ISO 14000, através da norma 14040, adota em sua organização uma análise sistemática dos produtos no início da cadeia produtiva, desde a extração de matéria-prima, energia, a disposição final dos resíduos e desgaste dos produtos, que considera os impactos existentes em todas as fases. A chamada "*Life Cycle Assessment*" (LCA) ou Avaliação do ciclo de vida permite que o fabricante possa identificar e combater os impactos ambientais na cadeia do produto, inclusive os impactos indiretos. A ACV (Avaliação do Ciclo de Vida do Produto) normalizada pela ISO 14040, tem uma relação direta com o Ecodesign por ser uma metodologia que permite a comparação e escolha entre duas ou mais opções que ofereçam o mínimo impacto.

2.2.2 Produção mais limpa

A Produção mais Limpa está intimamente ligada ao Desenvolvimento Sustentável. No caso específico do Setor Moveleiro, a Produção mais Limpa é

uma ferramenta do Desenvolvimento Sustentável importante capaz de contribuir decisivamente para o estabelecimento de produtos ambientalmente corretos desde a sua concepção até o pós-uso.

O uso de Tecnologias Limpas diminui custos com matérias-primas, visando o ciclo de vida do produto o qual faz repensar no consumo de energia, no controle de poluição, no tratamento de resíduos e na disposição final (antecipando e prevenindo as melhorias na prática do trabalho), otimizando o processo e a substituição de matérias-primas, a tecnologias de processos, surgindo um novo design de produtos. Este procedimento faz surgir o estudo do Eco-balanço que se distingue em três fases:

- análise do ciclo de vida, refere-se a descrição quantitativa da extração da matéria-prima da natureza até disposição final dos produtos na mesma;
- análise do impacto, descrição quantitativa e qualitativa: o efeito no meio ambiente, poluição de ecossistemas e efeitos na saúde humana;
- análise das melhorias, otimização de fatores econômicos e ambientais, isto é, redução da energia e matérias-primas, redução de emissões atmosféricas e avaliação para possíveis trocas de produtos e processos de fabricação.

Segundo Furtado (2000), a produção mais limpa implica em evitar (prevenir) a geração de resíduos, com profundos reflexos no comportamento da empresa, quanto ao processo, produto, embalagens, descarte, destinação, manejo de lixo industrial e restos de produtos, comportamento de consumidores e política ambiental da empresa.

Santos (2000) define, a produção mais limpa como: "a aplicação contínua de estratégias ambientais aos processos, produtos e serviços para o incremento da eficiência e redução dos riscos aos homens e ao meio ambiente".

No contexto da redução de resíduos, a filosofia dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar) apresenta os seguintes passos:

- reduzir a geração de resíduos;
- se não houver a possibilidade de reduzir, procurar modos de reutilizar os resíduos;
- não sendo possível nem reduzir e nem reutilizar encontrar alternativas para reciclar.

2.2.3 Desenvolvimento sustentável

Desenvolvimento sustentável deve, portanto, significar desenvolvimento social e econômico estável, equilibrado, com mecanismos de distribuição das riquezas geradas e com capacidade de considerar a fragilidade, e a interdependência dos recursos naturais. Viabilizar esse conceito na prática implica mudança de comportamento pessoal e social, além de transformações nos processos de produção e de consumo. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de um processo de discussão e comprometimento de toda a sociedade. Essas características tornam, ainda hoje, o desenvolvimento sustentável um processo a ser ainda implementado (Bezerra e Munhoz, 2000).

As novas tecnologias devem ser avaliadas, além dos benefícios econômicos e competitivos, por seu impacto ambiental. Pensar a inovação tecnológica sem considerar suas conseqüências para o meio ambiente e os seres vivos não contribui para o desenvolvimento sustentável, mas para a manutenção do velho paradigma de extração de recursos e geração de resíduos (Toffler, 1980). Em se tratando de sustentabilidade a natureza é um exemplo vivo e importante. Observá-la e analisá-la é um bom caminho para compreender os mecanismos de desenvolvimento sustentável.

2.3 Teoria sintética da evolução e seu desenvolvimento

Um dos conceitos unificadores da biologia é o da continuidade da vida através da hereditariedade da evolução. Segundo este conceito, há semelhança entre organismos porque estes receberam de algum ancestral, comuns elementos, hereditários, fundamentalmente os cromossomos de seus núcleos celulares, que são semelhantes pelas substâncias que contêm e pelo modo em que estas substâncias estão organizadas. Quando organismos aparentados diferem um dos outros, isto significa que, em linhagens da sua descendência de um ancestral comum, ocorreram mudanças nos elementos hereditários e essas mudanças se fixaram em populações inteiras (Stebbins, 1974).

A razão pela qual nunca foram observados grandes passos em evolução é o fato de que esses grandes passos requerem muitos anos para se completarem. Os processos evolutivos que deram origem aos grandes grupos de organismos como, por exemplo, gêneros e famílias, ocorreram em passado remoto, muito antes de haver alguém que os observasse. Desde que Darwin (1872) desenvolveu sua teoria da evolução, há mais de um século, biólogos têm estudado este assunto de duas maneiras diversas. Alguns mostrando interesse no curso da evolução. Comparando grande quantidade de espécies diferentes de animais e de plantas, procuraram estabelecer a árvore genealógica evolutiva de alguns grupos particulares, como o dos cavalos, o das coníferas ou o da espécie humana. Outros biólogos propuseram a questão: O que é que determina a evolução? Através de experiências e de observações de vários tipos em populações de seres vivos, estes cientistas estão estudando os processos de evolução e os mecanismos por eles responsáveis. Os processos da evolução são de várias maneiras similares em relação à unidade de cromossomos e seus núcleos celulares, mesmo quando se comparam formas tão diversas como bactérias, moscas, gramíneas e mamíferos (Stebbins, 1974).

2.4 Forma natural

As propriedades de uma forma natural viva são as qualidades básicas e vitais: qualidades celulares, moleculares, genéticas, que dão a elas as características próprias e regem o seu desenvolvimento, a sua transformação e a sua configuração física. As características geradas, tanto internas como externas, apresentam-se como qualidades que nos permitem a sua identificação mais fácil e direta. O padrão da forma, tipo de estrutura, cores, texturas, volumes, detalhes formais, encaixes, movimentos físicos como o de abrir e fechar (vegetal) e o se locomover (animal), são as características de evidência evolutiva natural.

As formas naturais são extremamente variadas e complexas, mas possíveis de serem classificadas, conforme determinadas características como parâmetros. Entre os três grandes reinos, animal, vegetal e mineral, se encontra maior similaridade em menores detalhes nos diferentes níveis internos e de dimensões reduzidas, principalmente microscópicas. Os variados sistemas estruturais modernos da engenharia e da arquitetura têm princípios construtivos muitas vezes idênticos ou semelhantes com os dos sistemas naturais. Dos sistemas estruturais poliédricos (que têm formas poliédricas como unidades básicas), muitos são os mesmos das estruturas encontradas em minerais, vegetais e animais. A geração, o desenvolvimento, a configuração da forma natural como da artificial, dependem das unidades básicas, além das suas propriedades físico-geométricas. Somente com a organização coerente delas é que se produz a diversidade ordenada numa forma, a diversidade configural. Segundo Pearce (1978) a seqüência de crescimento e os efeitos de borda (importante na junção das unidades básicas para formação de estruturas maiores) são dois importantes fatores que determinam e influenciam a transformação seqüencial e a forma final ou todo o sistema estrutural de muitas formas naturais. A seqüência de crescimento é caracterizada pelo aumento simultâneo de quantidade e tamanho das unidades básicas, portanto, significa o crescimento da forma geral do organismo vivo, que

influencia diretamente no seu processo de transformação. Essa seqüência de crescimento define gradualmente a forma final, tornando evidente o seu padrão estrutural, configural e estético.

As formas da natureza são determinadas pela interação de duas classes fundamentais de forças: forças intrínsecas e forças extrínsecas. Forças intrínsecas são inerentes em qualquer sistema estrutural particular, seja animal, vegetal ou mineral, e são propriedades internas que administram possíveis arranjos e são potencial desse sistema. Os genes são responsáveis pela formação das forças intrínsecas de um sistema vivo (evolução orgânica), pois determinam a orientação do processo formativo no seu crescimento, desenvolvimento e amadurecimento. Já as forças extrínsecas são aquelas de origem externa que exercem influências sobre qualquer sistema estrutural particular. São fatores ambientais e climáticos que conduzem para opções da forma, permitidas pelas propriedades formativas e combinatórias inerentes de um sistema estrutural (Pearce, 1978). A interação dessas forças em seres vivos é um fator regulador importante na reprodução, na preservação das espécies, no seu processo de adaptação e sobrevivência, permitindo-os dar continuidade ao processo vital, desenvolvimento e evolução.

2.5 Funções naturais

A função determina a forma, essa "linha funcionalista" é suficientemente comprovada pela teoria darwiniana de evolução e da seleção da espécie. Uma planta ou um animal pode sofrer adaptação na sua forma, estrutura e até cores, para se adequar às suas funções. A forma muda quando há a necessidade de melhorar suas funções para melhor se adaptar e sobreviver num ambiente específico. Neste caso, as forças intrínsecas reagem para se adaptar às extrínsecas. Graças à evolução, há inúmeras variedades de formas naturais no nosso mundo. Todos elementos e a estruturação deles são absolutamente necessários, mesmo nas formas mais complexas Hsuan-na (1999).

Em estudos de paleontologia *(*Romer, 1985) sobre a evolução da região facial ou temporal, na maioria dos répteis, têm-se encontrado uma ou duas aberturas em cada lado, para permitir função mais livre da musculatura mastigatória. Como já se observou, estas aberturas são aspectos importantes na classificação dos répteis, definindo em muitos casos as subclasses. Desenvolveram-se duas aberturas em muitos répteis extintos e recentes, tais como nos rinocefálios e em todos os arcossauros (répteis primitivos). Esta é uma condição denominada diápsida. Existe uma abertura bem no alto do teto do crânio e uma segunda bem em baixo, nos lados da face; um arco horizontal ósseo entre as duas aberturas liga os elementos pós-orbital e esquamosal (osso da face situada atrás da orta e abaixo da fenda ótica). Os *Squamata* (répteis primitivos) derivaram dos diápsidos primitivos; a barra que fecha a fossa inferior, entretanto, desapareceu nos lagartos, deixando apenas um único arco e uma única janela; nas cobras, a barra superior também desapareceu, deixando toda a face sem ossos dérmicos (formação superficial que se origina do derma subcutâneo). Por este processo de redução o osso chamado quadrado tornou-se um elemento relativamente livre, particularmente nas cobras, permitindo um alto grau de mobilidade (útil na deglutição de presas grandes) aos elementos da mandíbula.

Estudo evolutivo do palato dos répteis - os répteis tenderam a manter o tipo primitivo de palato mais persistentemente que os anfíbios; a construção primitiva desenvolvida no “tronco dos répteis” é ainda pouco modificada nos lagartos. No pterigóide de répteis primitivos desenvolveu-se uma proeminente orla lateral, portando com freqüência dentes, que é preservada ainda em lagartos. Como citado previamente, o quadrado tornou-se um elemento relativamente livre e móvel nos lagartos. Nas cobras, o palato é ainda mais flexível; de fato, toda a estrutura craniana, exceto a caixa craniana é flexível (Figura 1).

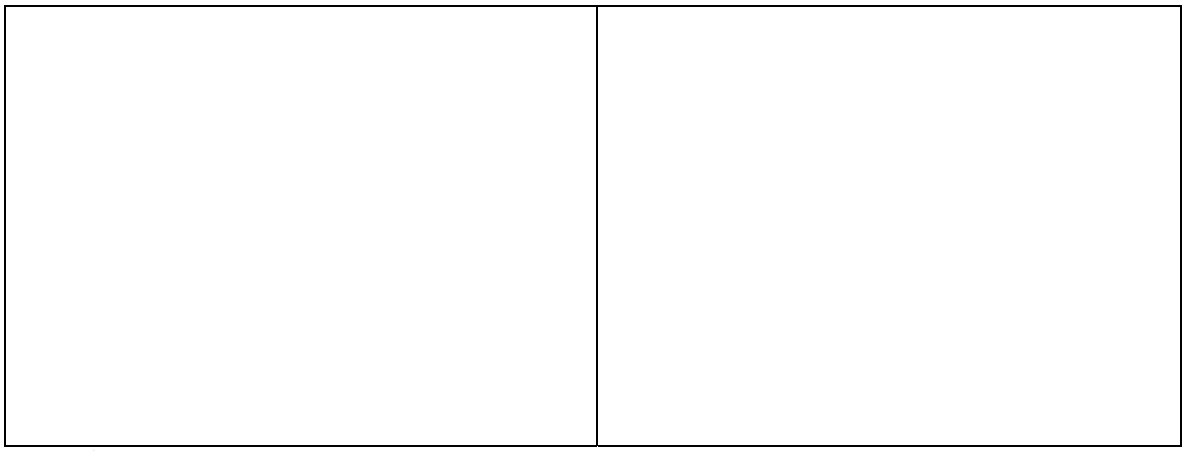


FIGURA 1: Estrutura craniana, osso pterigóide, osso palato e osso quadrado (Romer, 1985).

Na evolução das mandíbulas dos répteis, a caixa craniana tende a permanecer menos ossificada que nos anfíbios. Quase não existe qualquer tendência ao achatamento observado nos anfíbios; a região ocipital permanece bem desenvolvida. As ossificações presentes são geralmente aquelas observadas nos tetrápodos (répteis primitivos). A fusão dos elementos palatinos com a caixa craniana nas tartarugas, crocodilos e em vários répteis fósseis, resulta na modificação de forma da caixa craniana, incluindo a perda do processo basipterigóide do basisfenóide, uma união da região ótica com o quadrado e assim por diante; mas geralmente, a estrutura básica é logo reconhecível. Entretanto, existe notável diferença entre a estrutura da caixa craniana dos répteis e a dos anfíbios atuais. Nestes últimos, a porção da caixa craniana entre as órbitas, adiante da região ótica, é relativamente espessa e, em muitos casos, tem paredes laterais completas. Nos répteis primitivos, contudo, e em muitos anfíbios primitivos, estas paredes são incompletas. A maior parte da altura do septo é apenas um septo membranoso entre as órbitas; o encéfalo situa-se primitivamente atrás deste ponto. Entretanto, em certos répteis, cobras e crocodilos, parece ter surgido uma necessidade funcional para o melhor fechamento da cavidade craniana, sendo esta realizada pelo desenvolvimento de uma nova ossificação par da caixa craniana (simétrica), laterosfenóide.

Nos répteis semelhantes aos mamíferos (na formação óssea) pode-se observar os estágios de transformação notável do elemento mandibular, que se completa nos mamíferos. O dentário aumenta constantemente em importância; para trás ele se estende abaixo do osso esquamosal junto à antiga articulação mandibular e, mais adiante, cresce um processo ascendente abaixo da região temporal, para inserção dos músculos temporais. Concomitantemente, as outras ossificações da mandíbula reduzem-se de tamanho. Nos mamíferos, estes outros ossos desaparecem da mandíbula e, quando ainda estão presentes, devem ser procuradas no aparelho auditivo (osso articular origina o martelo, osso quadrado origina a bigorna e o estribo, formando o ouvido médio). Os estágios de transição nos terápsidos evoluídos (répteis primitivos parecidos com mamíferos) são surpreendentemente bem conhecidos, realmente, agora temos numerosas formas em que tanto a antiga articulação reptiliana (articular-quadrado) como as novas dos mamíferos (dentário-esquamosal) são simultaneamente desenvolvidas e funcionais. O sistema funcionará contanto que todas as articulações estejam na ou bem perto de uma linha transversal, uma porta pode ter tantas dobradiças quantas se deseja ao longo de uma borda, contanto que todas elas estejam em linha reta *(*Romer, 1985).

Na evolução dos Crustáceos (caranguejos) estudaram-se o Filo Arthropoda o qual são considerados na evolução, pelo processo de esclerotização (com a segregação de produtos nas células epidérmicas, formando-se com o resultado uma estrutura dura e resistente) de sua cutícula, que desenvolveu sobre uma primitiva base metamérica (cada um dos anéis de um artrópode). Esta ancestral estrutura metamérica condiciona a organização dos artrópodes. Como exemplo, os apêndices que estão tipicamente articulados com os segmentos (Figura 2) e em princípio são estruturas locomotoras, sendo que ao longo da evolução dos artrópodes existe modificação muito variada, adaptando-se a grande diversidade de funções (Freyre, 1994).

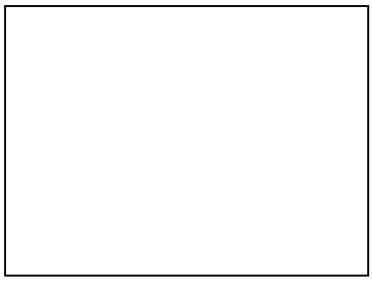


FIGURA 2: Evolução dos artrópodes pelo processo de esclerotização

No desenvolvimento das formas naturais é fundamental o acompanhamento e a verificação do processo seqüencial do desenvolvimento (crescimento e desenvolvimento) do modelo biológico, registrando as diversas fases da sua transformação, aspecto formal como no aspecto estrutural ou funcional. O movimento da transformação pode revelar princípios cinéticos de mecanismos aplicáveis em objetos. Há movimentos de abrir-se, de levantar-se, de crescer, de girar, de oscilar e de desprender. O movimento faz parte da forma também fisicamente dinâmica Hsuan-an (1999).

2.6 Biônica

Para compreender o termo Biônica consultou-se o Dicionário Michaelis que define Biônica como "A ciência e tecnologia que relaciona o conhecimento das funções, características e fenômenos de sistemas vivos com o desenvolvimento de sistemas artificiais. Conjunto de técnicas que aproximam pouco a pouco as estruturas mecanicistas utilizadas para prever, criar e tratar a informação dos meios desenvolvidos pelos organismos vivos que visam a fins idênticos". A biônica parte do princípio de que o organismo vivo atual é resultado da evolução de uma espécie e adaptação de suas função ao meio ambiente.

Segundo Vanden Broeck (1989) Biônica é “o estudo dos sistemas e organizações naturais visando analisar e recuperar soluções funcionais, estruturais e formais para aplicá-las na resolução de problemas humanos através da geração de tecnologias e concepção de objetos e sistemas de objetos”. A

natureza é uma fonte de idéias válidas para serem aplicadas na resolução dos problemas humanos. Para isto é preciso compreensão dos princípios contidos nos sistemas naturais para a construção do meio artificial. A Biônica é abordada analisando a sua contribuição, como recurso capaz de auxiliar projetistas na criação de seus produtos, funções e racionalização do uso de materiais nos produtos.

A vida na terra é resultado dos processos de evolução e seleção natural que se desenrolam há mais de três bilhões de anos em nosso planeta. Na natureza os organismos mais adaptados às condições do meio têm maiores chances de vencer, assim as características que resultam em eficiência e funcionalidades. O homem primitivo aproveitava essa experiência, usando a natureza como fonte de inspiração para resolver seus problemas diários. Na luta pela sobrevivência e na tentativa de controlar e não ser controlado pelos fenômenos naturais, o homem afastou-se do meio natural, passando a destruir a fauna e a flora para construir seu mundo. Na busca de respostas para seus problemas, o homem pode obter avanços significativos se voltar a utilizar as soluções existentes no meio natural, aproveitando o seu potencial, como fonte de conhecimento e inspiração consciente capaz de oferecer alternativas para a solução dos problemas e necessidades humanas.

A atividade básica da Biônica consiste em analisar sistemas naturais, com o objetivo de identificar soluções, que devidamente adaptadas, possam vir a contribuir para a solução de problemas técnicos. Essas adaptações permitem criar formas análogas, funções análogas ou comportamentos análogos. A criação de formas análogas consiste em estudar a forma do objeto em questão, visando aplicar os princípios contidos nesta forma na criação de produtos. O estudo das características, que permitem ao objeto natural o cumprimento de suas funções, possibilita a criação de produtos que cumpram funções similares. A compreensão dos artifícios que os sistemas naturais desenvolveram, para extraírem o máximo

de eficiência de suas formas e cumprirem suas funções com o mínimo de materiais e componentes.

A aplicação da Biônica está fundamentada em duas atividades complementares:

- a primeira é a pesquisa básica que parte da natureza, buscando interpretar fenômenos naturais (taxonomia, fisiologia, biomecânica, funções), sem necessidade de visar à aplicação imediata;
- a segunda é a pesquisa aplicada que parte de problemas de projeto, e busca, nos sistemas naturais, princípios de solução que possam contribuir para resolver esses problemas (suas necessidades).

Na construção do meio ambiente artificial, os projetistas tentam criar formas e estruturas capazes de cumprir funções que atentam às necessidades físicas e culturais do ser humano. Para atender a essas necessidades, utilizam sua criatividade e conhecimento técnico para planejar o fluxo de materiais, energia ou informação nos produtos, não com o objetivo de copiar, mas sim de apresentar uma nova interpretação para os princípios naturais.

O crescimento e o desenvolvimento no mundo vegetal corresponde a séries geométricas e aritméticas precisas. Ghyka (1927) relaciona a estética das proporções na natureza com as regras da Arte. A preocupação por relacionar função, material e forma na natureza, se manifesta também em outras áreas de conhecimento. Thonpson (1971), foi um dos primeiros naturalistas a abordar a natureza como ferramenta matemática e física.

A análise Biônica explora os princípios formais, estruturais e funcionais dos modelos biológicos, visando a criação de novas formas ou objetos, isto é, novas soluções aplicáveis ao design, à engenharia e à arquitetura. A partir das formas naturais e de comparações com as artificiais pode-se examinar e compreender as características e função dos elementos analisados. Os estudos

morfológicos comparativos são realizados com fundamento principalmente nas diversas teorias da percepção desenvolvidas junto ao advento do design e da arquitetura moderna. Devido à amplitude de abrangência da biônica, o levantamento bibliográfico é feito em várias áreas, tais como design, arquitetura, artes plásticas, estética, geometria, zoologia e botânica. O processo da análise estético-morfológica, a verificação das possíveis correspondências ou similaridades nos produtos do design, diagramas de tipologia e da analogia, são realizados com diversos recursos gráficos, tais como fotografia, desenho e computação gráfica (modelos tridimensionais). O resultado é uma metodologia de análise biônica, voltada ao estudo estético-morfológico para atividades projetuais.

Os elementos e formas da natureza nos oferecem sugestões aos problemas da criação e na utilização da forma e estrutura na produção de bens materiais e culturais, sendo preciso entender os princípios científicos fundamentais para que possam ser adaptados e aplicados em condições específicas. Neste sentido a Biônica é uma ciência multidisciplinar com objetivos de descobrir, conhecer, assimilar e aplicar princípios formais, estruturais, acústicos, térmicos, óticos, aerodinâmicos e funcionais da natureza em produtos industriais.

De acordo com Maña (1979), a Biônica é amplamente estudada hoje para diversos campos de produção que exige o design para adquirir novas formas e estruturas, além da funcionalidade. Bonsiepe (1978), vê a importância da análise biônica também na sua possibilidade de se tomar como ponto de partida ou como fonte de inspiração, um fenômeno natural a partir do qual se desenvolve uma solução projetual. Essa ciência oferece ao designer não somente oportunidades de ampliar o conhecimento morfológico e métrico dos fatos naturais, como também a possibilidade de "examinar os processos naturais e, aprofundando ainda mais, inclusive as leis que regem as estruturas moleculares, as quais, em suas leis de composição e crescimento, constituem um vasto universo".

Como uma ciência, a Biônica destina-se à criação de soluções nas áreas como engenharia mecânica, eletrônica, engenharia civil, engenharia naval, aeronáutica, engenharia espacial, robótica, medicina, arquitetura e design de produtos. A sua aplicação no ensino invoca a curiosidade, descoberta e investigação. Conforme Bonsiepe (1978), a análise biônica dos fenômenos formais na natureza pode "estimular a capacidade de captar os detalhes tridimensionais e os princípios formais que os estruturam", como também "incrementar a capacidade de transformação quando se examina e analisa profundamente um objeto análogo". Trata-se da denominada morfologia estrutural que tem como ponto de partida ou fonte de inspiração "um fenômeno natural a partir do qual se desenvolve uma solução projetual". Devido às necessidades das soluções funcionais e tecnológicas para objetos utilitários ou máquinas de todos os tipos e graus de complexidade, a morfologia estrutural deve ser enfatizada, no sentido de privilegiar a analogia estético-formal.

No campo de design, a Biônica tem objetivo claro de integrar a educação visual com a técnico-científica. Os estudos feitos na Biônica podem abranger conteúdos extremamente amplos, tais como: sistemas com transposição de matéria, com extensão de comandos, com transferência de energia e de informação. A conversão desses sistemas naturais em artificiais não significa copiar a natureza (complexidade elevada), mas sim retirar informações úteis ao projeto. Dos morcegos e golfinhos foram deduzidos, por exemplo, os sistemas de detecção aérea ou submarina denominados radar ou sonar; do fruto do carrapicho foi desenvolvido o velcro (Kindlein, *et. al.* 2001); do esqueleto de uma serpente foi inspirado o design de uma régua para curvas variáveis; a partir de crustáceos, polvos e medusas foram estudadas soluções dos problemas nos vôos espaciais. No estudo estético-morfológico específico das formas naturais, uma grande variedade dos elementos mais conhecidos já foram analisadas e exploradas, não só para que seus princípios fossem revelados, mas também aplicados. Exemplos são: laranja, abacaxi, espiga de milho, ervilha, flor de girassol, bambu, cápsula de

algodão, besouros, borboletas, libélulas, caracóis, conchas, peixes, arraia, rã, cavalo, elefante, esqueletos de dinossauro e do corpo humano.

De acordo com Bürdek (1994) o conteúdo de estudo da Biônica engloba desde princípios formais, simetria, assimetria, movimento, ritmo, harmonia, equilíbrio, proporção, concordância até os efeitos da interação das forças intrínsecas (forças internas, genes) e extrínsecas (forças ambientais ou climáticos) em elementos naturais. A onde a linguagem do produto é de grande interesse devido às funções dos objetos carregados de significados e simbolismo.

Uma ampla fundamentação teórica sobre objetos naturais e artificiais e a boa compreensão sobre o método de análise da Biônica podem proporcionar o estímulo à pesquisa sobre ricos elementos naturais, em função da exploração dos seus conteúdos sugestivos relativos aos variados fatores, princípios, características e funções. Dentro da aleatoriedade e da irregularidade aparentes, apresentadas pelas formas naturais, oculta certa ordem, numa organização ou estruturação regida pela flexibilidade formal e configural, caracterizando uma aparência livre, e espontânea, que é na verdade, nada de aleatório, pois há nelas sempre um padrão baseado em algum princípio organizacional. Seres vivos conduzem processos que lhes dão formas, sustentem a sua vida e possibilitam a reprodução das espécies, e isso é a relação íntima entre processo de vida, propósitos, formas e estruturas que nos levam a fazer uma analogia direta com atividades humanas na criação de objetos. É no processo de vida, de adaptação e sobrevivência em condições específicas, que os seres vivos se transformam e evoluem. Os processos formativos de estruturas naturais são caracteristicamente controlados pelas respostas de "mínima energia" como expressão mais simples de agrupamento mais fechado das unidades básicas. Diferente de certas estruturas biológicas microscópicas como o DNA, na qual há uma maior interação bioquímica do que a função física e geométrica, estruturas de cristais e minerais dependem principalmente dos determinantes fisicogeométricos para se organizarem, como exemplo, cita-se o floco de neve que resulta da interação de "mínima energia" de

suas partes com as condições ambientais, de temperatura, umidade, velocidade do vento e pressão atmosférica Maña (1979).

2.6.1 Modelos de Biônica na natureza

As portas que giram sobre dobradiças são muito comuns em nosso dia-a-dia. Na natureza se encontram, aonde menos se esperam, modelos semelhantes às dobradiças; por exemplo, um ovo de um inseto (mosquitos comuns), tem todos uma “portinha” que se abre apenas no término da incubação, permitindo a larva passar ao elemento líquido. Outro exemplo mais notável de porta com dobradiças é encontrada em um Rotífero (*Brachionus*, animais aquáticos, unicelulares e microscópicos), chamado assim porque tem um aparato composto de pestanas móveis, que quando funciona parece verdadeiramente uma roda girando e quando saem de dentro do ovo a casca volta a ficar como antes (utilizando a dobradiça), parece quase inteiro, sem presenciar fraturas.

Há muitos insetos parasitas, os pertencentes ao gênero *Microgaster*, que formam “portas” em seus casulos, em espécies *Microgaster glomeratus* y *Microgaster alvearius*, são de forma hemisférica e estão providos de uma espécie de dobradiça, onde cada casulo tem sua “portinha”.

Uma das melhorias da moderna arquitetura são as portas com recursos, as que se fecham por si mesma, particularmente com seu próprio peso, encaixando em seu marco tão perfeitamente, que apenas se reconhece a abertura. Em ninhos de certas espécies de aranha, que se encontram em diversas regiões, pode-se observar o mesmo sistema de “portinhas” em seus ninhos (Figura 3). As aranhas que constroem estes ninhos começam geralmente por abrir um conduto quase perpendicular no solo, depois o revestem de um tecido sedoso, e constroem uma “portinha” que se ajusta exatamente ao orifício, de tal forma disposta que não se abre demasiado por um lado nem por outro lado, deixando

ver o interior. Alguns destes ninhos se ocultam entre líquenes e musgos, e sua entrada fica camuflada (Wood, 1886).

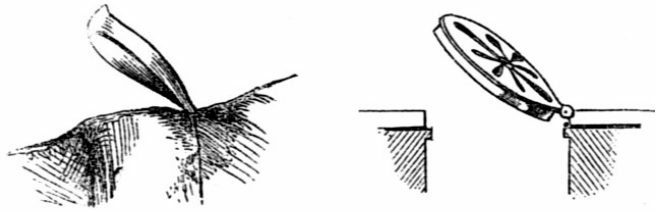


FIGURA 3: Exemplos de dobradiças na natureza. (Wood, 1886)

Neste novo desafio, os elementos de junção são também pontos chaves, para desenvolver produtos que tenham as características de desmontagem após o período de vida útil, viabilizando assim seu reuso ou reciclagem. Este novo horizonte consolidou a importância de se desenvolver, ainda mais, as técnicas de junção. Neste cenário, a contribuição deste trabalho vem no sentido de auxiliar os designers e projetistas a buscarem melhores soluções para seus projetos, através da apresentação, compilação e discussão sobre os princípios de união dos elementos de junção dos produtos industriais (Cândido e Kindlein, 2003).

2.7 Elementos de junção

A proposta para apresentação dos princípios de junção é feita segundo Cândido e Kindlein (2003), em forma de Tesauro, que significa cobrir de forma extensiva um ramo específico de conhecimento. Este método foi idealizado para evitar o uso de termos diferentes que possuam o mesmo conceito. Termo Geral Maior (TGM) que se refere à classe mais ampla, neste caso: Princípio de junção de um Termo Específico (TE), que é uma subdivisão do Termo Geral Maior (TGM) usado por (UP).

Existem diversas palavras que nos levam a entender que algo foi fixado, por este motivo utiliza-se um Tesauro para organizar as palavras de mesmo conceito. Quando se faz uso de palavras, tais como união, ligação e fixação, deve-

se adotar o Termo Preferido (USE). O Termo Geral Maior (TGM Junção), conforme Figura 4, possui suas subdivisões que são chamadas de Termos Específicos (TE), estes termos são propostos neste artigo e cada item é explicado no decorrer da proposta.

FIGURA 4: Elementos de junção TGM (tesauro cortesia NdSM)

2.7.1 Detalhamento dos termos específicos e princípios de junção.

Cândido e Kindlein, (2003) efetuou uma proposta para o principio de junção, descrevendo os seus, subprincípios e seus sinônimos. Na Figura 5 são apresentados, descritos e explicados os termos específicos (TE).

FIGURA 5: Princípios de junção de produtos industriais (cortesia NdSM)

2.7.1.1- Princípio "ação magnética"

O princípio ”ação magnética” tem a característica de fixar por meio da atração magnética, conforme mostra a Figura 6. Existem os imãs naturais e os induzidos que podem ser controlados, sendo úteis em algumas áreas de produção, como por exemplo, em chapas de fresas para fixar a peça a ser usada. Um exemplo de utilização deste princípio é quando recados são presos ao refrigerador, por uma manta magnética.

ação magnética		**imantar, indução, atração, magnetismo, eletroímã, etc**.

FIGURA 6: Princípio de ação magnética (cortesia NdSM)

2.7.1.2- Princípio "adesão"

Este princípio de junção requer o uso de material que permita o processo de colagem (vide Figura 7). As substâncias colantes podem ter diversos graus de poder de adesão, conforme a necessidade do usuário, podem ser permanentes ou temporárias. Uma vantagem deste tipo de junção é a facilidade de penetrar em superfícies irregulares, por se tratar de materiais com viscosidade adequada para tal função. São elementos que podem ter propriedades secundárias tais como: vedante e/ou "fusível mecânico". Esta propriedade pode ser observada nos blocos de nota "*Post-it*", que possuem um baixo poder de fixação facilitando sua remoção. Existe, porém, na maioria dos casos de colagem a impossibilidade de separação o que acarreta um produto não sustentável.

adesão		**colagem, etc**.

FIGURA 7: Princípio de adesão (cortesia NdSM)

2.7.1.3- Princípio "amarração"

Os elementos são unidos através de fios ou fitas que são enrolados, envolvendo ou transpassando as superfícies a serem unidas (vide Figura 8). É possível observar este princípio na ancoragem de navios nos portos marítimos e fluviais.

amarração		**costura, nó, atar, etc.**

FIGURA 8: Princípio de amarração (cortesia NdSM)

2.7.1.4- Princípio "atrito"

Consiste em fixar um elemento a outro somente com a força resultante do atrito entre duas superfícies, conforme mostra Figura 9. É através deste princípio que existe a possibilidade de nosso deslocamento.

atrito		**fricção, etc.**

FIGURA 9: Princípio de atrito (cortesia NdSM)

2.7.1.5- Princípio "deformação"

Este princípio está relacionado com a mudança na forma da estrutura original sendo deformado plasticamente para provocar a fixação das partes (vide Figura 10). Esta é uma mudança permanente ao contrário do princípio da memória. É um tipo de fixação rígida, na maioria dos casos não permite graus de liberdade. Utiliza-se este princípio quando, por exemplo, é fixado um fio a um conector, normalmente o conector é amassado prendendo o fio a seu corpo devido a sua deformação.

deformação		**distorção, amassamento, remanche, dobra, virola, recalcamento, repuxamento, prensagem, forjamento, etc.**

FIGURA 10: Princípio de deformação (cortesia NdSM)

2.7.1.6- Princípio "engate"

São uniões feitas por intermédio do acoplamento de uma peça em outra provocando a fixação entre peças (vide Figura 11). Normalmente apresenta dois graus de interferência, pois existe um sentido para o desengate, caso as solicitações se dêem em sentido diverso do desengate, pode ocorrer seu rompimento com possível quebra do material. A função maior deste princípio de junção é a de permitir uma maior facilidade para a separação dos componentes do engate. Esta característica permite, por exemplo, que se utilize este tipo de fixação para rebocar um trailer. As peças que unem o automóvel ao reboque são um tipo de engate; sua união é feita através de um pino e um furo, este pino normalmente é fixado no automóvel enquanto o reboque possui uma espécie de luva, que quando encaixada no pino provoca a união.

engate		**acoplador, encaixe, gancho, gato, ligação, luva, prisioneiro, etc.**

FIGURA 11: Princípio de engate (cortesia NdSM)

2.7.1.7- Princípio "fusão"

O princípio da fusão consiste em unir peças através da solidificação de um ou mais materiais (vide Figura 12). É um tipo de união permanente não permitido grau de liberdade. Este princípio é bastante utilizado, principalmente na área metalúrgica sendo conhecido como soldagem.

fusão		**fundição, derretimento, soldagem, etc.**

FIGURA 12: Princípio de fusão (cortesia NdSM)

2.7.1.8- Princípio "interferência"

Para que ocorra o princípio da interferência são necessárias diferenças de dimensões nas áreas de junção (vide Figura 13). A peça externa é chamada de "furo" e a peça interna é chamada de "eixo"; a dimensão do eixo deve ser maior do que a dimensão do furo antes da montagem. Portanto para que se realize este princípio de junção é necessário aquecer o furo e/ou resfriar o eixo, ou ainda pode-se montar esta junção por pressão do eixo no furo, provocando interferência entre as áreas de contato impedindo que se solte. É desta forma que é fixada a carga no corpo transparente da caneta BIC.

interferência		**pressão, etc.**

FIGURA 13: Princípio de interferência (cortesia NdSM)

2.7.1.9- Princípio "memória"

Ocorre por efeito da rigidez de um material, isto é, quando a junção se realiza por meio da pressão exercida sobre um sistema (vide Figura 14), esta pressão se dá por intermédio da tendência que o material tem em voltar a sua forma original (memória). A Diferença de rigidez entre os materiais possibilita o controle da força exercida sobre o sistema, desta maneira podemos determinar uma pressão limite para o conjunto. Um caso comum de uso deste princípio é o

clipes, onde existe uma rigidez tal, que possibilita adequar a força para abri-lo ao mesmo tempo, que o sistema consiga fixar um certo número de folhas, depois de cessada a aplicação desta força, devido ao efeito de "memória".

memória		**mola, arruela de pressão, anel elástico, elasticidade, etc.**

FIGURA 14 : Princípio de memória (cortesia NdSM)

3.7.1.10- Princípio "preenchimento"

Neste princípio ocorre a união através da ocupação dos espaços ao redor do produto a ser fixado (vide Figura 15), que requer a utilização de material com características de fluidez adequada para tal fim. Este tipo de junção é utilizado em embalagens, por exemplo, alguns equipamentos eletrônicos vêm em caixas preenchidas com poliuretano expandido.

preenchimento		**encher, ocupar, obturar, etc.**

FIGURA 15: Princípio de preenchimento (cortesia NdSM)

3.7.1.11- Princípio "rosqueamento"

O rosqueamento consiste em fixar as partes através de espiral que chamamos de rosca (vide Figura 16). Devem existir normalmente duas peças com rosca para que possamos dar aperto. A peça externa é conhecida como porca e a interna chamamos de parafuso. É um método de junção não permanente, resistente à tração. Possui um sentido de aperto (torque). Utiliza-se este tipo de

fixação quando é necessário desmontar o produto, por exemplo, para manutenção.

rosqueamento		**rosca, parafuso, porca, etc.**

FIGURA 16: Princípio de rosqueamento (cortesia NdSM)

2.7.1.12- Princípio "sucção"

Este princípio produz a junção por retirada do ar existente entre as partes, isto faz com que se crie vácuo, permitindo assim a união das superfícies (vide Figura 17). As características deste princípio não permitem grau de liberdade, pois quando movida a peça, o ar penetra entre as superfícies eliminando a junção. Pode ser um tipo de junção permanente ou não. Este princípio é muito utilizado por vidraceiros para transportar grandes peças de vidro.

sucção		**admissão, aspiração, ventosa, vácuo, etc.**

FIGURA 17: Princípio de sucção (cortesia NdSM)

3.7.1.13- Princípio "travamento"

Com este princípio provoca-se o bloqueio do movimento em uma ou mais direções. É colocado um anteparo para que a peça não se movimente, limitando os graus de liberdade. Utiliza-se este princípio, por exemplo, quando se tem um eixo que transmite torque à outra peça através de uma chaveta (Figura 18).

travamento		**calço, retenção, bloqueio, entrelaçamento, chaveta, etc.**

FIGURA 18: Princípio de travamento (cortesia NdSM)

Os elementos de junção segundo Cândido e Kindlein (2003), são pontos chaves para o desenvolvimento de produtos que tenham as características de desmontagem após o período de vida útil, viabilizando assim seu re-uso ou reciclagem. O principio mestre dos elementos de junção serve para, ao projetar um produto visando o desenvolvimento sustentável, poder utilizar uma junção que envolva princípios que facilitem a montagem e desmontagem, com isto, minimiza os custos, amplia a capacidade de produção, o trabalho é otimizado, diminui o tempo de produção e erro humano na montagem.

O estudo das formas de fixação e do agarre de diversos elementos naturais pode auxiliar no projeto de produtos através de melhorias e desenvolvimento de novos conceitos de união, fixação e montagem de produtos industriais, contribuindo assim com o desenvolvimento sustentável e proporcionando a queda do impacto no pós-uso. A Figura 19 mostra um exemplo de compilação de princípios de junção na natureza.

FIGURA 19: Exemplo de ecossistema de princípios de junção da natureza
(cortesia NdSM, com alteração)

A Figura 19 resume a tentativa de compilar estes princípios através de um ecossistema. Estes princípios de junção são encontrados inter-relacionados. Podem ser feitos desdobramentos dos princípios para alcançar a forma mais eficiente e simples que possibilite a união, chamado de princípio mestre.

O princípio mestre é aquele princípio que quando retirado da junção, faz com que as peças não permaneçam unidas. Por exemplo, quando colocamos uma lente objetiva em uma máquina fotográfica, em alguns casos, utilizamos o princípio do engate; junto a este também está presente o atrito, mas como um princípio secundário, pois se for anulado o atrito a união ainda permanecerá estável. Ao

contrário do que ocorreria se fosse retirado o princípio mestre (engate), não existiria junção. É possível tirar proveito destes princípios secundários, pois auxiliam na união das partes. Além disto, os princípios mestres podem possuir derivações, denominadas de sub-princípios. Estes sub-princípios devem manter as características básicas do princípio do qual foi derivado.

2.8 Concepção de produtos e sua relação com o desenvolvimento sustentável

A redução de impactos ao meio ambiente através do desenvolvimento de "eco-produtos", torna-se uma prática cada vez mais necessária nas empresas, e está diretamente relacionada com a preservação do ecossistema. Os produtos devem considerar e procurar reduzir os impactos ambientais durante seu ciclo de vida, isto é, desde a extração da matéria-prima, fabricação, distribuição, uso e desuso, montagem e desmontagem.

As metodologias de projeto de produto atualmente utilizadas, não levam em conta a variável ambiental, isto faz com que a quantidade de resíduos sólidos oriunda do processo de fabricação, uso e descarte ao término da vida útil esteja se tornando rapidamente insustentável. Isto acontece, principalmente, porque a separação (elementos de junção) dos diferentes materiais que compõem um produto é inviável, fazendo com que o re-uso e ou reaproveitamento se torne um problema de difícil solução e com grande impacto no ecossistema. Na área de projeto é muito importante aplicar os conceitos de custo energético e custo social. Na natureza existe o máximo controle dos gastos de energia, na natureza existe o máximo controle dos gastos de energia para atender demandas sem criar problemas.

Princípios para confecção dos produtos ecodesign, segundo Santos (2001):

- produtos que economizem ao máximo o uso de água, ar, espaço e energia ou outros recursos não renováveis;
- produtos que sejam reutilizáveis, promovendo um novo uso após seu descarte;
- produtos que combinados através de módulos, permitam ao usuário criar novos produtos a sua conveniência;
- produtos que sejam duráveis ao invés de descartáveis;
- produtos biodegradáveis ou recicláveis, com baixa utilização de materiais compósitos;
- produtos menos agressivos, minimizando a poluição.

Como estratégia de design, Venzke (2002), preconiza a aplicação da técnica ecodesign nas seguintes etapas:

- conceito de desenvolvimento (voltado à variável ambiental);
- seleção de matérias de baixo impacto;
- redução do uso de materiais;
- otimização das técnicas de produção (reduzir as etapas do processo produtivo, reduzir consumo de energia, quebra de produção);
- sistema de produção eficiente (transporte, distribuição, estocagem, disposição);
- redução do impacto ambiental ao nível do usuário (uso e pós-uso);
- otimização do tempo de vida do produto (confiabilidade, maior vida útil, fácil manutenção);
- otimização do sistema de fim de vida (reutilização, reciclagem, facilitar a desmontagem).

O esforço da sustentabilidade é para que cada vez mais os produtos sejam reutilizados, pois ao mesmo tempo em que não são gerados dejetos (lixo), evitam a extração de recursos naturais para confecção de novos produtos.

Atualmente o desmonte de produtos se inviabiliza economicamente, pois a desmontagem não é considerada nas fases iniciais do projeto, em conseqüência resulta em um alto custo de mão-de-obra. Considerando a desmontagem na concepção do produto, muitas vezes mudanças podem ser feitas com um baixo custo. Design sustentável é montagem, serviço, reciclabilidade e desmontagem KINDLEIN *et. al*. (2002b).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Devido às preocupações ambientais, a metodologia biônica também prevê a necessidade de se projetar pensando na sustentabilidade, cujos elementos de junção são pontos chaves, para desenvolver produtos que tenham as características de desmontagem após o período de vida útil, viabilizando assim seu re-uso ou reciclagem.

Com relação ao estudo dos dispositivos de abertura e fechamento de portas de móveis, definiu-se pesquisar dobradiças (dobradiças canecos) considerando a questão ambiental no sentido de utilizar menos ferramentas, diminuir o tempo de montagem, facilitar o transporte, estocagem dos móveis e o menor descarte de peças mal manuseadas. Considerou-se para análise entre as diversas dobradiças, as dobradiças com um grande ângulo de abertura de 165º a 170º, dobradiças não fabricadas no Brasil as quais são importadas da Itália, Áustria e Alemanha de acordo com os seus fabricantes ou representantes no Brasil, e o fato da dobradiça ao ser aberta se sobrepor a porta lateral do móvel, aproveitando o espaço e otimizando a funcionalidade do mesmo.

Foram listadas quatro fábricas tradicionais do setor moveleiro para obtenção do material selecionado para análise: 1- Soprano Eletrometalúrgica e Hidráulica Ltda; 2- Hettich Plastipar Ind. e Com. Ltda; 3- Blum-Albras Indústria e Comércio de Ferragens Ltda; 4- FGVTN Brasil Ltda.

3.1. Estudo de caso 1: Soprano Eletrometalúrgica e Hidráulica Ltda

A empresa Soprano conta com oito unidades que atuam nos seguintes mercados: Acessórios para Móveis; Equipamentos Hidráulicos para Indústria Automotiva de Cargas; Fechaduras, Ferragens e Cadeados; Materiais Elétricos; Utilidades Domésticas e Itens Promocionais; Filmes e Isolantes; Resinas e Metais e Ferragens Especiais. Com 1500 funcionários, está situada em Farroupilha no

Rio Grande do Sul, Pernambuco e Minas Gerais. A Soprano é certificada pela ISO 9001 e QS 9000.

Um dos focos do trabalho a dobradiça caneco importada, é estampada em aço (análise mecânico metalúrgica: Anexo 1) possui sistema de mola que proporciona um fechamento, com diversos ângulos de abertura, regulagem tridimensional independente e fenda combinada, que permite a utilização de chave de fenda convencional e/ou Philips. A dobradiça caneco é indicada para portas com espessura superior a 18 mm (Figura 20).

FIGURA 20: Dobradiça importada SOPRANO

Em visita às instalações da Fábrica Soprano foi observada a produção da dobradiça Top 270º (Figura 21). Os itens que fazem parte do conjunto totalizam nove peças diferentes, o calço, o braço articulador e o caneco, todos injetados em zamak, são originados de ferramentas próprias para cada item. Os equipamentos para injeção são as *Techmire* 44 NT. Os pinos, que totalizam dois, são fabricados em aço, recebendo tratamento posterior. As molas também são fabricadas em aço, porém são isentas de tratamento superficial. O parafuso M4, que tem a finalidade de prender o braço articulador no caneco, é comprado de terceiros, já pronto para utilização. A mola de encaixe e os eixos para guia, ambos são injetados em nylon seis, sem fibra, com pigmentação preta. Cada qual tem sua ferramenta.

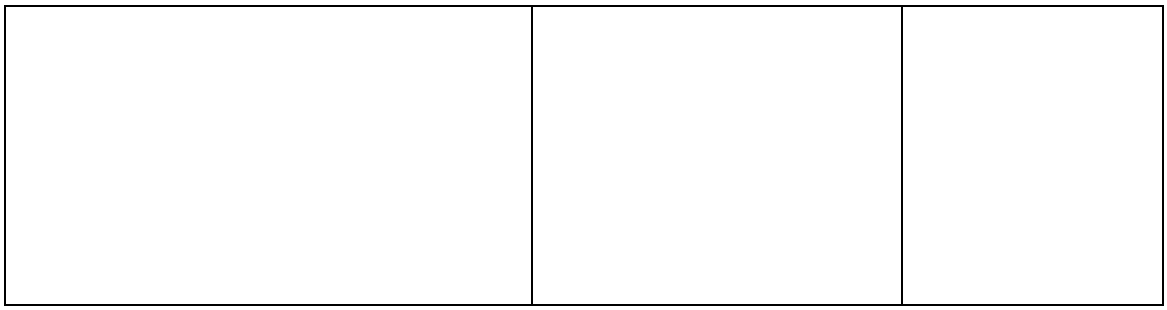


FIGURA 21: Dobradiça fabricada na SOPRANO em zamak,
dobradiça Top 270º

O zamak, matéria-prima, é recebida em forma de lingote, barras, presos por fitas de aço. Enquanto o nylon 6 (seis) vem acondicionado em sacos de 30 Kgs, totalmente granulado. As peças injetadas em zamak, após o resfriamento, passam para uma bancada, onde são separados os canais de injeção e as bolsas de injeção, que serão reaproveitados, e as peças seguem para o processo de tamboreamento. Nesta etapa, as peças são misturadas à serragem e tamboreadas de 40 a 60 minutos, após prosseguem para o banho de níquel ou epóxi preto. Na pintura epóxi, as peças são colocadas em gancheiras e pintadas com uma pistola de tinta em pó, após são levadas à estufa, durante cerca de 20 minutos.

O processo de montagem consiste de um dispositivo pneumático para colocação do pino que prende as molas. O restante da montagem segue de forma manual na Unidade Acessórios P/ Móveis e Peças Especiais da SOPRANO.

O trabalho realizado na SOPRANO ficou limitado ao estudo de caso da dobradiça Top 270º, por não fabricar dobradiças de 165º ou 170º foco deste trabalho.

3.2 Estudo de caso 2: Hettich Plastipar

O primeiro modelo de dobradiça a ser selecionado foi importado da Alemanha pelo grupo Plastipar associação com o grupo Hettich, com sede na Alemanha. A filial no Brasil, que está situada em Curitiba, tem como principais

produtos linha de dobradiças, sistemas de corrediças de gavetas, mecanismos de portas sanfonadas, acessórios de fixação e sistemas completos de ferragens. O grupo é certificado pela ISO 9001 e QS 9000.

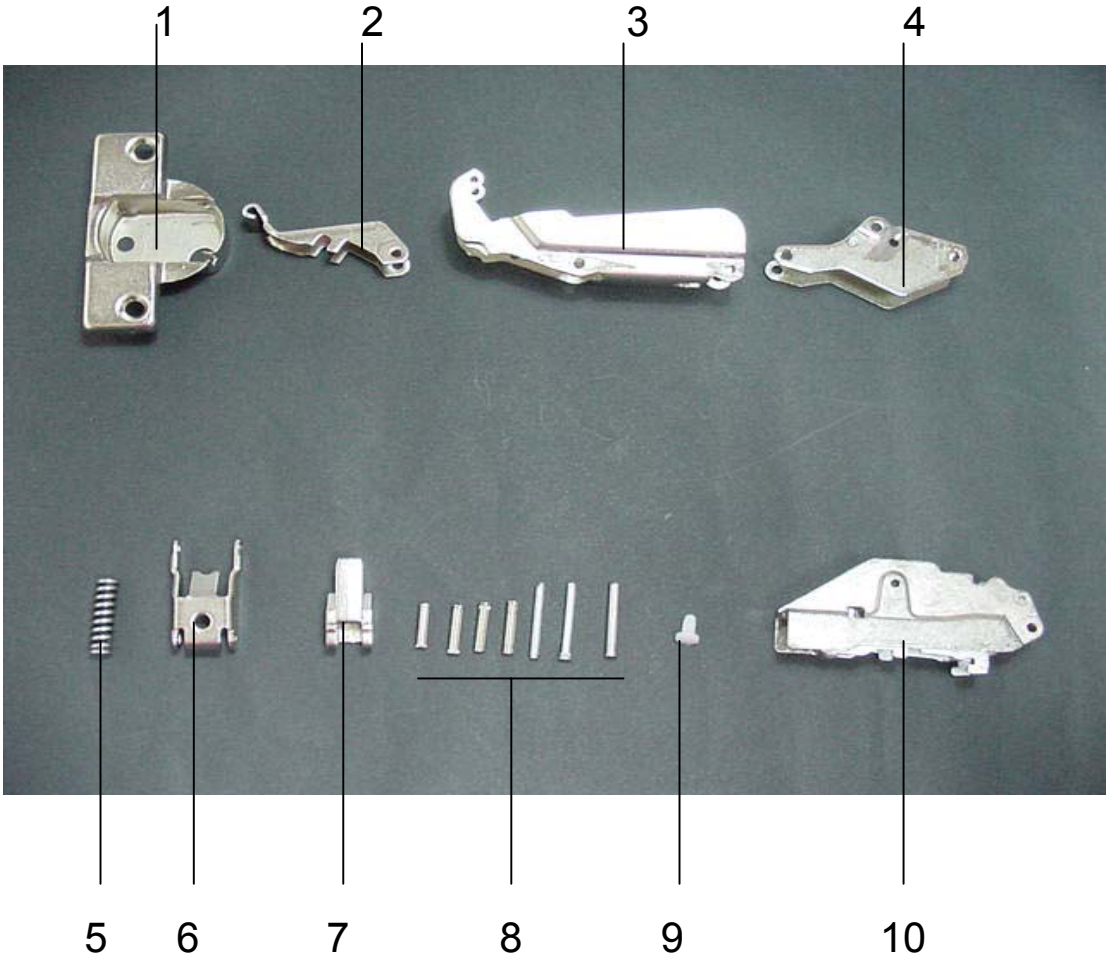
A dobradiça 170º Hettich Plastipar foi o material definido como elemento de análise (vide Figura 22). A tecnologia é de montagem rápida, sem utilização de ferramentas, ajustes diversos e desmontagem simples.

A empresa desenvolve um processo produtivo onde as portas são previamente furadas e revestidas antes da montagem, possibilitando que as mesmas sejam empilhadas para ocupar menor espaço. Isto as torna mais baratas e mais fáceis de embalar, além de serem mais econômicas e fáceis de transportar. As embalagens menores têm menor risco de acidente, assim, não há reclamações sobre superfícies riscadas ou custos de substituição, e economiza-se material da embalagem. A dobradiça pode ser separada completamente da porta. A desmontagem simples permite que os materiais possam ser separados para reciclagem de todos os componentes do móvel.

FIGURA 22: Dobradiça 170º Hettich Plastipar

A análise dos princípios de junção das peças foi executada na dobradiça 170º Hettich Plastipar. Efetuou-se o estudo detalhado de suas peças, engenharia reversa, para poder se obter informações de quantidades, função de cada peça, material utilizado e processos de fabricação (Figura 23). Relacionados a seguir:

1- Caneco, função de fixar o conjunto móvel à porta do móvel através de parafusos;
2- Braço, função de articulação em trazer a porta ao ângulo original de 90º;
3- Braço, função estrutural entre as peças nº 1, 4, 6, 7 com a peça fixa nº 10, tem como função de fazer a abertura e afastamento da porta de sua posição original;
4- Braço, tem função de articulação com as peças nº2, 3, 7 com a peça fixa nº 10, propicia o travamento da porta na posição original de 90º;
5- Mola, com função de pressionar a trava da dobradiça na posição de 90º;
6- Braço, tem a função de articulação da peça nº 10 entre a peça nº 3, estruturando e guiando a parte móvel do conjunto;
7- Limitador, tem a função de batente da trava e suporte da mola;
8- Pino, função de articulação dos eixos;
9- Pino, função de batente no ajuste do sistema da trava;
10- Regulador, função de componente de regulagem na parte fixa.



	Nome	Quant	Função	Material	Processos
1	Caneco	1	fixação	aço	laminação;corte e dobra
2	Braço	1	articulação	aço	laminação;corte e dobra
3	Braço	1	estrutural	aço	laminação;corte e dobra
4	Braço	1	articulação	aço	laminação;corte e dobra
5	Mola	1	pressionar	aço	trefilação e conformação
6	Braço	1	articulação	aço	laminação;corte e dobra
7	Limitador	1	batente	zamak	injeção
8	Pino	7	articulação	aço	trefilação e prensagem
9	Pino	1	batente	plástico	extrusão
10	Regulador	1	regulagem	zamak	injeção e usinagem
Total		**16**		**3**	**9**

FIGURA 23: Partes da dobradiça 170º Hettich Plastipar e seus processos

Utilizou-se o S*oftware Inventor* no Núcleo de Design, para desenhar a dobradiça 170º Hettich Plastipar, identificar os detalhes das formas e funcionamento da mesma. As peças das dobradiças foram vizualizadas em três dimensões, com isto pode-se montá-las no formato original e realizar a animação do funcionamento da mesma. A Figura 24 mostra dobradiças em diversos estágios de funcionamento como nos estágios fechada, semi-aberta e abertas, no formato de desenhos (laterais) e imagens em3D (desenho isométrico).

Ângulo de 0º	Ângulo de 90º	Ângulo de 170º

FIGURA 24: Dobradiças da HETTICH Plastipar (Desenho software *Inventor)*
no Laboratório do NdSM - vista lateral e vista isométrica

3.3 Estudo de caso 3: Blum-Albras

Outro modelo de dobradiça a ser pesquisado foi importado da Áustria pelo grupo Blum-Albras Indústria e Comércio de Ferragens Ltda está situada no município de Embú, no estado de São Paulo, que tem como principais produtos dobradiças, corrediças e sistemas de gavetas. O grupo é certificado pelo ISO 9001 e ISO 14001. Neste caso a dobradiça selecionada foi a 170º Blum-Albras (Figura 25).

FIGURA 25: dobradiça importada 170º Blum-Albras

Executou-se neste modelo de dobradiça um estudo de engenharia reversa, para poder se obter informações sobre características, quantidades, função de cada peça, material utilizado e processos de fabricação, que são relacionados a seguir:

1- Caneco, a função de fixar o conjunto móvel à porta do móvel através de parafusos;
2- Braço, função de articulação com as peças nº5, 8, 10, com a peça fixa nº 11, propicia o travamento da porta na posição original de 90º;
3- Braço, função articulação estrutural entre as peças nº 5, 6,12, com a peça fixa nº 7, tem como função de fazer a abertura e afastamento da porta de sua posição original;

4- Braço, função de articulação em trazer a porta ao ângulo original de 90º;

5- Braço, função de articulação entre o componente de ajuste na parte fixa do móvel;

6- Mola, função pressionar o travamento da dobradiça na posição de 90º;

7- Pino, função de articulação dos eixos;

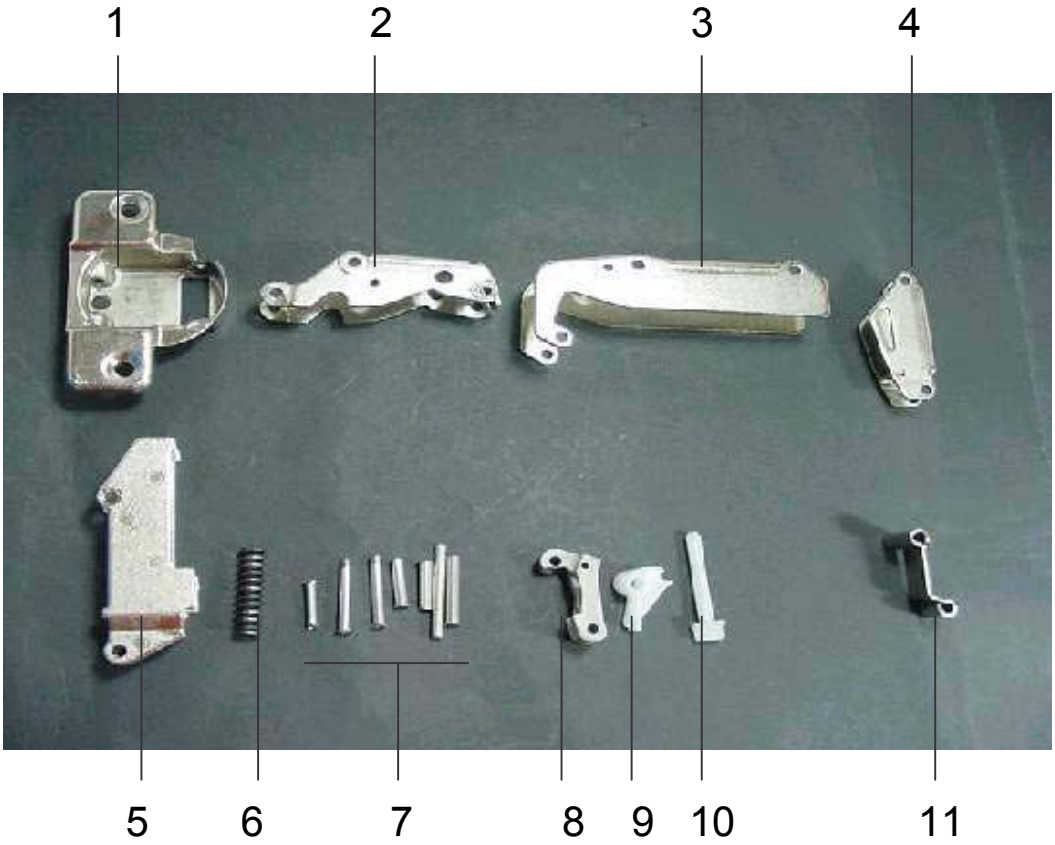
8- Limitador, função de batente da trava e suporte da mola;

9- Limitador, função de articulação da trava e suporte da mola;

10- Pino, função de batente no ajuste do sistema da trava, orientar amola nº 3;

11-Braço, função de articulação da peça nº 10 entre a peça nº 11, estruturando e guiando a parte móvel do conjunto.

As partes da dobradiça Blum e etapas do processo produtivo estão em destaque na Figura 26.



	Nome	Quant	Função	Material	Processos
1	Caneco	1	fixação	aço	laminação; corte e dobra
2	Braço	1	articulação	aço	laminação; corte e dobra
3	Braço	1	estrutural	aço	laminação; corte e dobra
4	Braço	1	articulação	aço	laminação; corte e dobra
5	Braço	1	articulação	zamak	injeção
6	Mola	1	pressionar	aço	Trefilação;conformação
7	Pino	7	articulação	aço	Trefilação; prensagem
8	Limitador	1	batente	plásticos	extrusão
9	Limitador	1	articulação	plásticos	extrusão; prensagem
10	Pino	1	batente	plásticos	extrusão
11	Braço	1	articulação	aço	laminação; corte e dobra
Total		**17**		**3**	**9**

FIGURA 26: Partes da dobradiça 170º Blum e seu processo de fabricação

Utilizou-se o S*oftware Inventor* no laboratóio NdSM, para desenhar a dobradiça de 170º Blum-Albras, identificando os detalhes de formas e funcionamento da mesma. As peças das dobradiças foram apresentadas em três dimensões, com isto pode-se montá-las no formato original da dobradiça e posterior realização de animação do funcionamento da mesma. A Figura 27 mostra a dobradiça em diversos estágios de funcionamento fechado, semi-aberto e abertas, desenhos (laterais) e imagens em 3D (desenho isométrico).

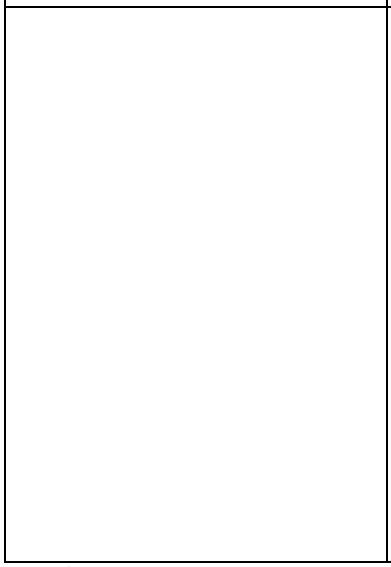
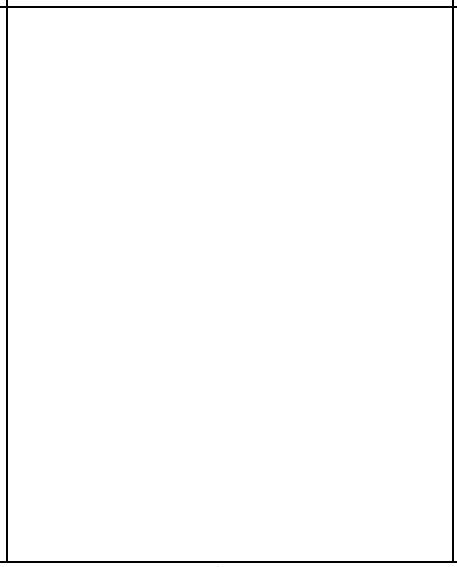
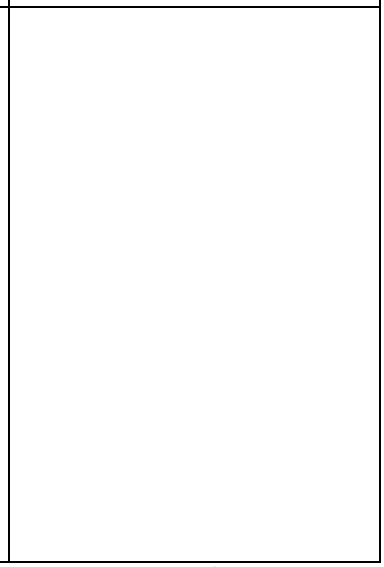
Ângulo de 0º	Ângulo de 90º	Ângulo de 170º
		

FIGURA 27: Dobradiças da BLUM (Desenho software *Inventor*) no Laboratório do NdSM- vista lateral e vista isométrica

3.4 Estudo de caso 4: FGVTN Brasil LTDA

A terceira e última dobradiça a ser estudada foi importada da Itália pela empresa Técnica Nacional, com a fusão com o grupo italiano Formenti & Giovenzana em 2000, formando a FGVTN Brasil. A FGVTN Brasil Ltda está situada no município Curitiba, no estado de Paraná, tem como produtos dobradiças, corrediças, tabuas de passar, acessórios de cozinhas e sistemas de arquivamento. O grupo é certificado pelo ISO 9001.

A empresa FGVTN fabrica a dobradiça metálica (Figura 28) caneco 35 mm. O material de fabricação das dobradiças é o aço laminado (Anexo 3) com requisitos especiais de resistência e zamac, com acabamento niquelado com base de cobre sobre o metal e capacidade das portas de 16 a 26 mm de espessura.

FIGURA 28: Dobradiça 175º importada pela FGV

Com base nos princípios de junção foi efetuado um estudo de engenharia reversa da dobradiça 175º FGV para poder obter informações sobre características, quantidades, função de cada peça, material utilizado e processos de fabricação, relacionados a seguir:

1- Caneco, função de fixar o conjunto móvel à porta do móvel através de parafusos;
2- Braço, função de articulação, de trazer a porta ao ângulo original de 90º;

3- Limitador, função de batente de trava e suporte da mola;

4- Braço, função estrutural de articulação entre as peças nº 3, 5, 7 com a peça fixa nº 6, tem como função de fazer a abertura e afastamento da porta de sua posição original;

5- Braço, função de articulação com as peças nº2, 3, 4, com a peça fixa nº 6, propicia o travamento da porta na posição original de 90º;

6- Braço, função de articulação com o componente de ajuste na parte fixa;

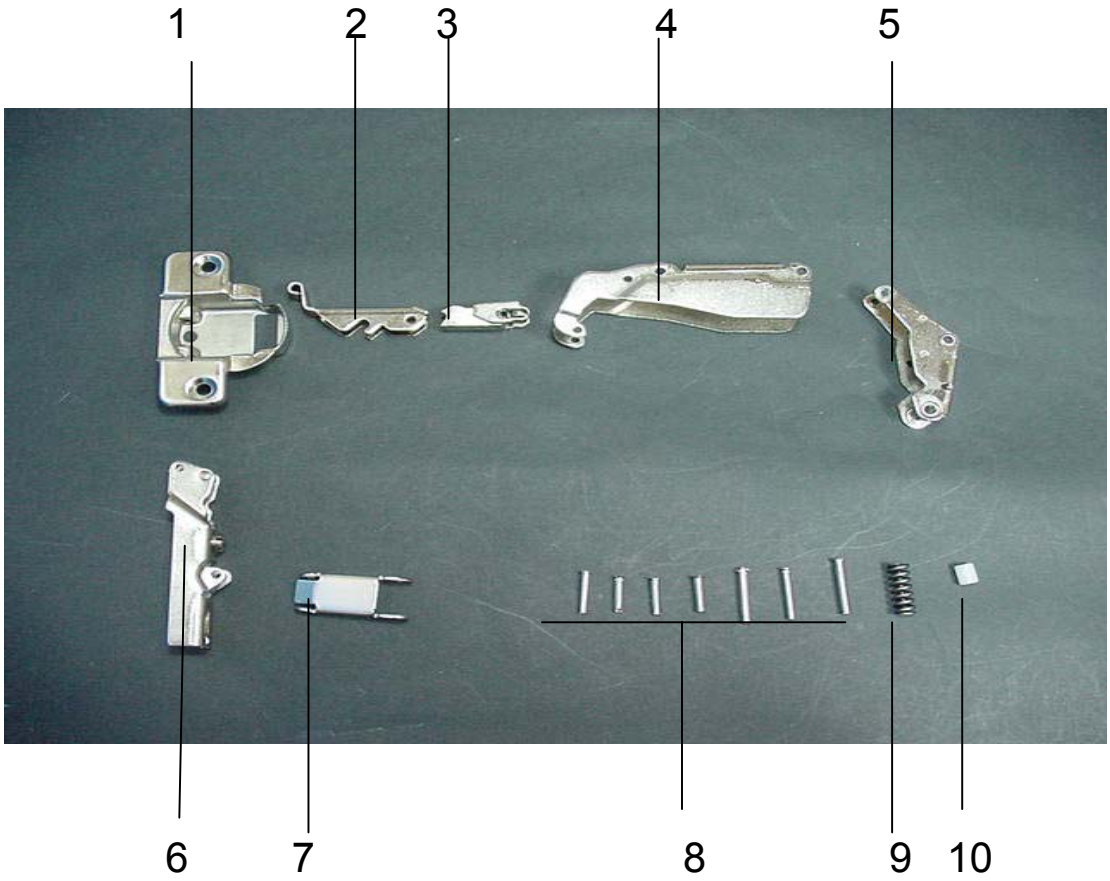
7- Braço, função de articulação da peça nº 6 entre a peça nº 4, estruturando e guiando a parte móvel do conjunto;

8- Pino, função de articulação dos eixos ;

9- Mola, função de pressionar a regulagem e travamento da dobradiça na posição de 90º;

10- Buchas, função de buchas de desgastes.

As partes da dobradiça FGV e etapas do processo produtivo estão em destaque na Figura 29.



	Nome	Quant	Função	Material	Processos
1	Caneco	1	fixação	aço	laminação;corte e dobra
2	Braço	1	articulação	aço	laminação;corte e dobra
3	Limitador	1	batente	zamak	injeção
4	Braço	1	estrutural	aço	laminação;corte e dobra
5	Braço	1	articulação	aço	laminação;corte e dobra
6	Braço	1	articulação	aço	laminação;corte e dobra
7	Braço	1	articulação	aço	laminação;corte e dobra
8	Pino	7	articulação	aço	trefilação e prensagem
9	Mola	1	pressionar	aço	conformação
10	Bucha	1	batente	plástico	injeção
Total		**16**		**3**	**9**

FIGURA 29: Partes da dobradiça 175º FGV e seu processo de fabricação

Conforme metodologia anterior utilizou-se o S*oftware Inventor* no laboratório NdSM, para desenhar a dobradiça 175º FGV, identificando os detalhes

e funcionamento da mesma. Com os dados dos desenhos da Figura 29, as peças das dobradiças foram apresentadas em três dimensões, e posterior realização de animação do funcionamento da mesma (Figura 30).

Ângulo de 0º	Ângulo de 90º	Ângulo de 175º

FIGURA 30: Dobradiças da FGV (Desenho software *Inventor)* no Laboratório do NdSM vista lateral e vista isométrica

3.5 Metodologia Biônica

O uso da metologia Biônica nos projetos conceituais permite a organização de etapas fundamentais que facilitam o rumo do estudo. As etapas da metodologia Biônica estão agrupadas de forma esquemática na Figura 31.

A metodologia de trabalho requer um controle interdiciplinar, envolvendo diversos profissionais como biólogos, engenheiros, técnicos e designers. A metodologia foi baseada numa proposta para o desenvolvimento de produtos no estudo da biônica, conforme Kindlein *et. al.* (2002a), onde se destacaram as seguintes etapas:

- seleção das amostras na natureza (critérios, quantidade, com base nas semelhanças);
- coleta das amostras;
- observação das amostras (músculos, esqueletos, biomecânica, fisiologia, funções, etc.);
- análise das amostras (foto macro ou lupa, microscopia ótica, tomografia computadorizada para prototipagem rápida, scanner a laser e lâminas histológicas);
- modelagem (as imagens obtidas são transferidas ao computador que editadas indicam parâmetros dos dados adquiridos);
- analogia do sistema natural com o produto (análise funcional, morfológica, estrutural e análise de viabilidade);
- aplicação projetual sustentável.

FIGURA 31: Projeto interdisciplinar para analises de biônica,
(cortesia NdSM com alterações).

3.5.1 Seleção das amostras

Os tipos de amostras da natureza a pesquisar neste trabalho surgiu a partir de uma análise do produto, neste caso, dobradiça de móveis. Foram selecionados amostras da natureza que correspondam à identificação da necessidade de um produto alternativo, que apresentasse resistência, ângulo de abertura e estruturas simples.

Para os estudos propostos foram selecionadas as amostras de mandíbulas de cobras e amostras de patas (pereiópodos) de caranguejos, relacionados na próxima etapa do trabalho.

3.5.1.1 Seleção das amostras de mandíbulas de cobras

As dobradiças se distinguem entre os diversos ângulos de abertura das portas de móveis. Desta forma, considerando os critérios de semelhanças aos ângulos de abertura destas, foi selecionada a serpente, pois a mesma apresenta abertura da boca no bote, mantendo um ângulo grande, de acordo com o princípio de memória. Na evolução biológica das serpentes, a influência dos fatores genéticos, operando mutações progressivas e através da seleção natural, reduziu o porte e a musculatura dos ancestrais primitivos dos répteis; hipertrofiou-lhes a glândula supralabial, transformada a simples saliva dos animais mastigadores em secreção proteolítica de elevada capacidade tóxica, a realizar prévia digestão externa e, antes disto, a rápida paralisação da presa. Esta evolução encurtou-lhes o maxilar, tornando globóide e móveis, o que lhes faculta à boca uma abertura num ângulo de 150º ou até maior (Figura 32). A dinâmica do bote é a conseqüência de precisa coordenação neuromuscular. A cobra abre decididamente a boca num ângulo de 150º ou maior (Junior, 1956).

FIGURA 32: Cobra no bote abre a boca num ângulo de 150º ou maior
(cortesia Lab. Herpetologia UFRGS)

3.5.1.2 Seleção de amostras de patas (pereiópodos) de caranguejos

As dobradiças de portas de móveis são muito resistentes e articuladas, apresentando características de travamento e força. Desta forma foi selecionado o caranguejo de acordo com o princípio de travamento. Estas características são encontradas no Filo Artrópode (Superclasse Crustácea, Ordem Decapoda, Infraordem Brachyura.), onde o corpo se apresenta dividido, de acordo com sua organização metamérica (modular), que corresponde originalmente a uma série de pares de apêndices (articulados com os segmentos).

A esclerotização da cutícula (película da epiderme) determina o aparecimento de rigidez que transforma uma estrutura muito apta para realizar um tipo primário de locomoção marchadora, dotando-os ao mesmo tempo de uma grande proteção.

Fazem parte do grupo Decapoda os seguintes animais: camarões, lagostas, lagostins, caranguejos, corruptos, ermitões, pitus e etc. São em grande

número de espécies e gêneros compreendendo alta diversidade. Apresentam variedades de formas, sendo na maioria de vida marinha. Os Decapoda têm origem no fim do Permiano (Era Paleozóica, 250 milhões de anos atrás) e começo do Triássico (Era Mesozóico, 200 milhões de anos atrás). Apresentam uma estrutura que lhes permite viver em todos oceanos e continentes tornando-os cosmopolitas. Quanto aos hábitos podem ser herbívoros, carnívoros, filtradores e omnívoros (Melo, 2003).

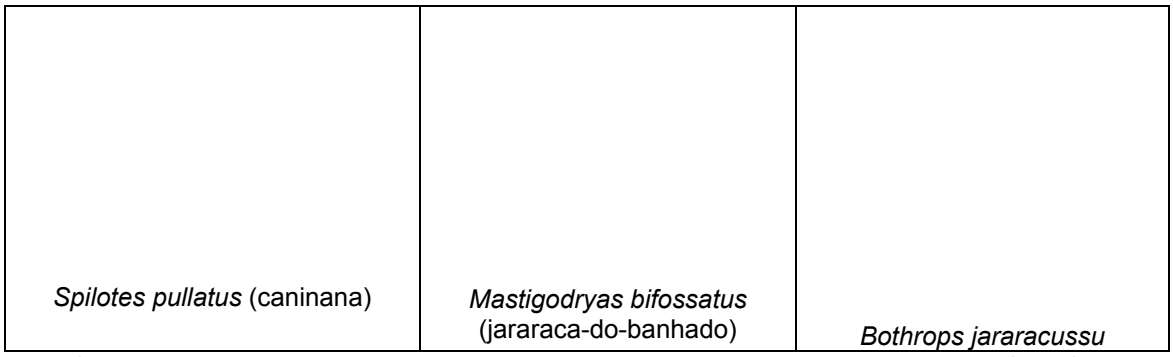
3.5.2 Coleta das amostras

A coleta das amostras foi uma etapa prática do trabalho, que envolveu a busca de amostras de crânios de cobras e estruturas de caranguejos como pereiópodos (patas), com conhecimento do local das amostras citadas abaixo.

3.5.2.1 Coleta de amostra de mandíbulas de cobras

Amostras de exemplares de crânios de cobras pertencente à família Colubrídea (serpente não peçonhenta) e exemplar de crânio de serpente peçonhenta in vitro de *Bothrops sp,* foram cedido por empréstimo pelo Núcleo Regional de Ofiologia (NOPA) Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (Figura 33).

- MCN8001, *Mastigodryas bifossatus* (jararaca-do-banhado). RS. Sapucaia do Sul (Parque Zoológico);
- MCN 8005, *Spilotes pullatus* (caninana). RS. Nova Petrópolis;
- Exemplar in vitro de *Bothrops Jararacussu* (Família Viperidae).

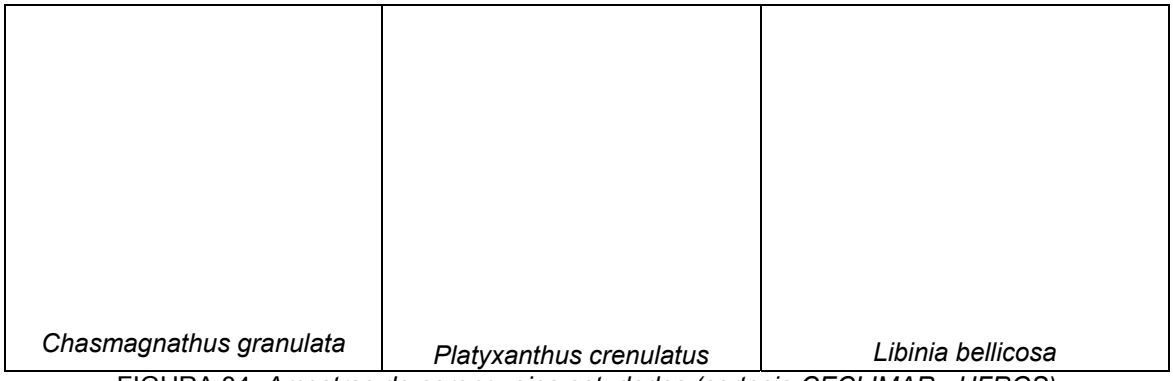


Spilotes pullatus (caninana) | *Mastigodryas bifossatus* (jararaca-do-banhado) | *Bothrops jararacussu*

FIGURA 33: Amostras de cobras analisadas (cortesia Fundação Zoobotânica do RS - NOPA)

3.5.2.2 Coleta de amostra de patas (pereiópodos) de caranguejos

O caranguejo foi dos organismos selecionados, pois o mesmo é composto por uma estrutura situado nos pereiópodos (patas), com características de travamento e força. Coletados no Centro de estudos costeiros, limnológicos e marinhos (CECLIMAR) no Instituto de Biociências da Universidade Federal do RS. Amostras selecionadas de caranguejos, (Figura 34) *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Grapsidae), *Libinia bellicosa* e *Platyxanthus crenulatus*.



Chasmagnathus granulata | *Platyxanthus crenulatus* | *Libinia bellicosa*

FIGURA 34: *Amostras de caranguejos estudados (cortesia CECLIMAR - UFRGS)*

No Laboratório de Carcinologia do departamento de Zoologia da UFRGS, separou-se uma amostra do crustáceo *Aegla platensis* para análises histológicas (Figura 35).

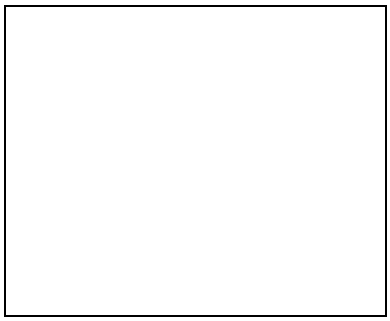


FIGURA 35: *Aegla platensis (c*ortesia Laboratório de Carcinologia da UFRGS)

3.5.3 Observação das amostras

Na observação da amostra (sistema natural) deve-se se atentar para os seguintes aspectos: componentes físicos; estrutura e morfologia (organização das partes constituintes); funções e processos (fisiologia do sistema, incluindo mecanismos de regulação nos sistemas).

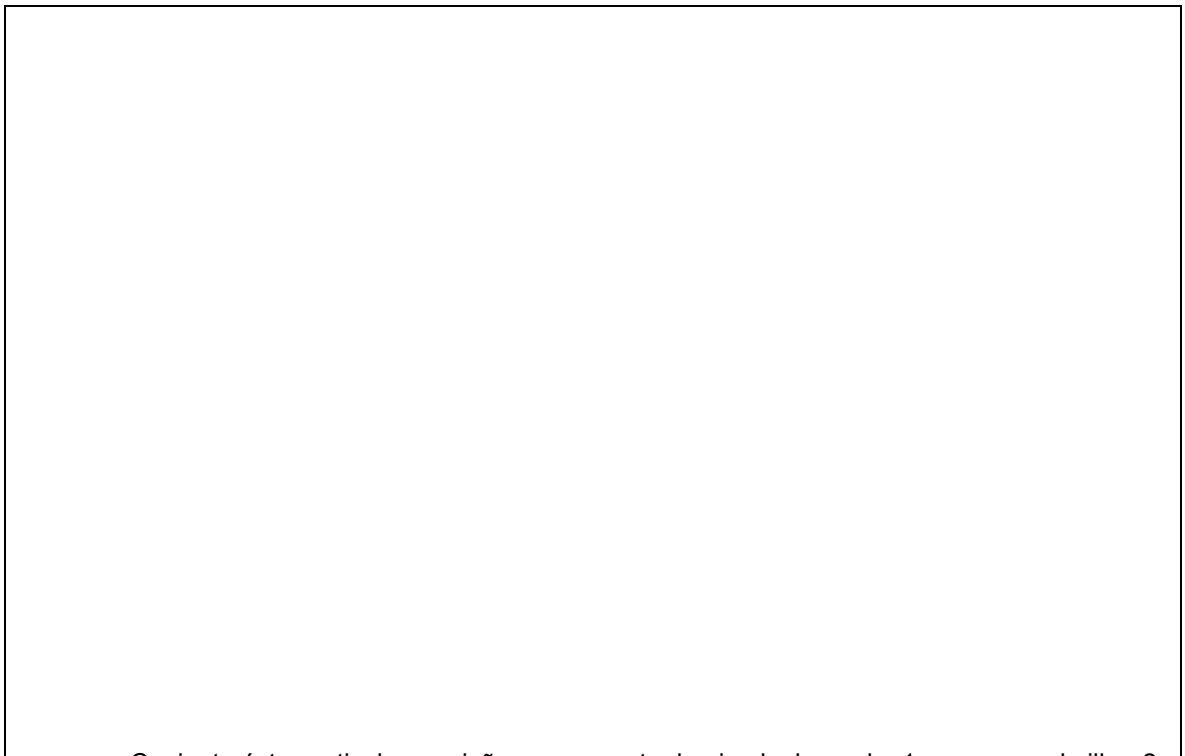
3.5.3.1 Observação da amostra de cobras

Após seleção e coleta dos crânios de cobras deste estudo, observaram-se os componentes, estruturas e morfologias (organização das partes). Segundo Gans (1974) em um estudo de biomecânica foi realizada uma análise funcional detalhada da alimentação da cobra, considerando a abertura da boca, analisando a estrutura desta abertura, descrevendo as colunas de sub-unidades individuais (osso quadrado, pterigóide e maxilar – Figura 36). Uma análise de dissecação de uma cobra comedora de ovos (*Dasipelts)* em paralelo com a análise de dissecação de várias cobras Colubrideos (não peçonhentas). A maioria dos Colubrideos tem uma plataforma supratemporal fixada na parte traseira da caixa craniana; na articulação, a ponta dorsal do quadrado é articulada em nível da primeira vértebra cervical, aumentando a distância na qual o maxilar pode aumentar a abertura. Na *Dasipelts* o alongamento supratemporal tem a articulação muita solta para o lado da caixa craniana. Sua parte superior não tem uma junta

móvel com o côndilo do osso quadrado; o supratemporal e o osso quadrado são uma única unidade mecânica que pode deslizar (Figura 36).

FIGURA 36: Mandíbula, ossos quadrado e supratemporal de uma *Dasipelts*

Os dentes das mandíbulas não se unem numa junção; cada uma das mandíbulas pode conseqüentemente se mover independente. O movimento do quadrante ao redor da articulação supratemporal pode reprimir e expelir a junta quadrado/mandibular de forma que a mandíbula pode deslizar anteriormente (relativo à caixa craniana) como parte ou independente do movimento de abertura. A articulação da parte do maxilar, do quadrante supratemporal, a articulação supratemporal da caixa craniana, aumenta o ângulo das junções articuladas do quadrado mandibular e conseqüentemente aumentam a abertura que a mandíbula pode se mover ao absorver o alimento. A necessidade de um movimento lateral da junção do quadrado/mandibular e da ponta posterior conectada da pterigóide (de modo acomodar a largura também quanto à altura do alimento). A Figura 37 documenta o efeito do movimento do maxilar da articulação entre supratemporal e caixa craniana, tanto quanto entre o quadrado e o supratemporal. Isto resulta 20% a mais de abertura.



Conjunto ósteo-articular, posição no momento da picada, legenda: 1-presa ou colmilho; 2-osso maxilar, móvel; 3-prefrontal; 4-frontal; 5-ectopterigóide; 6-parietal; 7-esquamosal; 8-quadrado; 9-endopterigóide; 10-palatino; 11-dentículos pterigóideos; 12-mandíbula (articular + dentário)

FIGURA 37: Descrição da estrutura mandibular, craniana da cobra

3.5.3.2 Observação de amostra de caranguejos

Analisou-se, com base no trabalho de Freyre (1994) os componentes físicos,estruturais e função dos crustáceos.

As bases estruturais dos artrópodes (Filo Arthropoda, Superclasse Crustácea, Ordem Decapoda), são constituidos por corpo com articulações, tegumento que possuem a capacidade de segregar periodicamente uma cutícula (composto de quitina e materiais protéicos e sais de cálcio), que pode suprir um processo de esclerotização (áreas duras e rígidas denominadas escleritos), condicionando a estrutura morfológica e estrutural. Os escleritos estão separados uns dos outros por áreas cuticulares flexíveis, não esclerotizadas que em determinados pontos chamados de articulações, onde as mesmas podem ser intrínsecas ou extrínsecas. As articulações intrínsecas se caracterizam por

apresentar superfícies de articulação dispostas no interior, por dentro da membrana articular. Articulações extrínsecas são áreas de contato situadas por fora da membrana articular. Os componentes básicos dos artrópodes são os pares de apêndices, composto basicamente por uma série sucessiva de segmentos. Cada um possui um par de apêndices articulado. Os mecanismos estruturais que constituem a base funcional dos apêndices artropodianos são: articulação, musculatura e esqueleto.

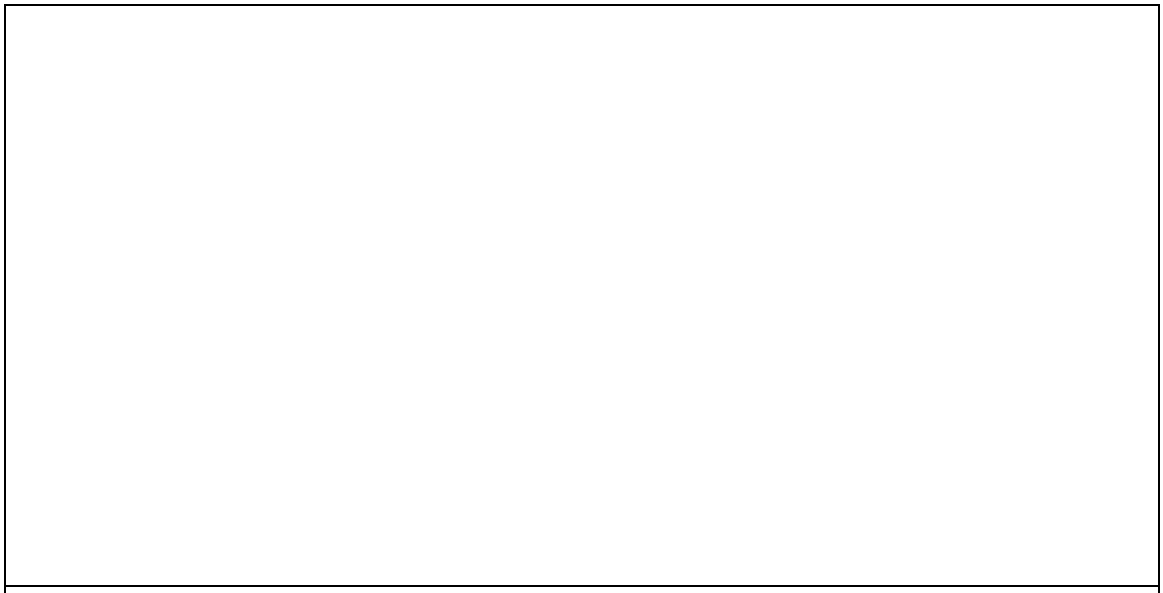
A articulação consiste na diferenciação de uma membrana conjuntiva, entre os podomeros (anel esclerotizado onde se inserem, internamente, os músculos que proporcionam movimentos).

As musculaturas apendiculares podem ser extrínsecas e intrínsecas. Músculos apendiculares extrínsecos partem do interior do corpo desde diversas estruturas esqueléticas. Musculaturas apendiculares intrínsecas estão situadas no interior dos apêndices, dispostas entre podômeros consecutivos, conferindo a rigidez e movimento que requerem as articulações apendiculares.

No esqueleto apendicular, a musculatura extrínseca se insere por seus extremos corporais em uma ampla gama de estruturas endosqueléticas corporais. A musculatura intrínseca se coloca na superfície interna dos sucessivos podômeros, constituindo, todas as estruturas, o completo esqueleto apendicular que, oferecendo resistência a sua deformação, permite a ação mecânica da musculatura apendicular (Freyre, 1994).

Os pereiópodos apresentam os sete artículos básicos dos apêndices de crustáceos superiores (Figura 38): coxa (coxopodito) (CX), base (basipodito) (BA), ísquio (isquiopodito) (IS), mero (meropodito) (ME), carpo (carpopodito) (CA), própodo (propodito) (PR) e dáctilo (dactilopodito) (DC). Como caráter típico de Decapoda, os pereiópodos são capazes de regenerar-se quando autotomizados (mutilação espontânea, como recurso de escapar de inimigos). A base e o ísquio

encontram-se fusionados, formando um único artículo em termos funcionais. Antes de sua sutura com o ísquio, a base apresenta um sulco que a circunda completamente (AS). É neste sulco que se dá à ruptura do apêndice por ocasião da autonomia, ocorrendo neste nível uma delgada membrana interna que impede o extravasamento excessivo dos líquidos corporais.



coxa (CX), base (BA), ísquio (IS), mero (ME), carpo (CA), própodo (PR) e dáctilo (DC),

FIGURA 38: Chasmagnathus granulata (cortesia Bond-Buckup *et.. al*.,1991)

O primeiro pereiópodo ou quelípodo é o apêndice mais robusto, portador de uma garra formada pelos dois últimos artículos, ou seja, própodo e dáctilo (Figura 39). É muito maior em machos do que em fêmeas, apresentando-se nestes coberto por um grande número de tubérculos. Normalmente, os dois quelípodos são do mesmo tamanho, a menos que tenha ocorrido perda e regeneração de um deles. São utilizados para captura de alimento, para defesa e não para a locomoção. O própodo forma o dedo fixo da garra e apresenta-se bastante intumescido na sua porção proximal para abrigar a potente musculatura adutora do dáctilo, que constitui o dedo móvel. As superfícies de oclusão de ambos os dedos da garra apresentam-se divididas em duas regiões. Esta região encontra-se, portanto, adaptada para quebrar peças sólidas. A porção mais distal, ocluída de forma perfeita e sem frestas, tem uma superfície cortante semelhante a

dentes incisivos, estando adaptada para cortar e arrancar pedaços de alimento. Na articulação deste apêndice com o corpo, encontram-se duas grandes artrobrânquias.

FIGURA 39: Chasmagnathus granulata com 5 pares de pereiópodo ou quelípodo (cortesia Bond-Buckup *et. al*. 1991)

Os demais pereiópodos, do segundo ao quinto, estão adaptados para a locomoção, e possuem todos, um aspecto similar.

As articulações entre o corpo do caranguejo e a coxa, o ísquio e o mero e entre o carpo e o própodo realizam movimentos em direção antero-posterior, desta só a articulação entre o corpo e a coxa capaz de realizar movimentos de grande amplitude. As articulações com capacidade de realizar movimentos de lateralidade ocorrem entre a coxa e a base, entre o mero e o carpo e entre o própodo e a dáctilo, todas com possibilidade de amplos movimentos. A análise das articulações de *Chasmagnathus granulata* evidencia que este pode realizar tanto movimentos em direção anterior como lateral, nesta última, além de evitar choques entre os apêndices, permite movimentos de maior amplitude e, conseqüentemente, de maior velocidade (Bond-Buckup *et. al*.,1991).

3.5.4 Análise das amostras

Para análise foram realizadas imagens por scanner ou tomografia computadorizada esquematizando os detalhes de interesse, bem como anotações de pontos considerados importantes que auxiliaram no levantamento da relação forma e função. Os métodos utilizados para análise foram:

- observação a olho nú e fotografias;
- imagens tomografia computadorizada, para prototipagem rápida dos crustáceos e do crânio da cobra;
- cópia em scanner 3D a Laser para parametrização da amostra da mandíbula da cobra;
- técnica microscopia óptica para análise do corte de um pereiópodo (pata) de crustáceo para identificação da estrutura do mesmo.

3.5.4.1 Ressonância magnética (tomografia computadorizada)

A ressonância magnética foi usada para formar imagens de cortes de crustáceos, *Chasmagnathus granulata, Platyxanthus crenulatus, Libinia bellicosa* e uma cobra *Bothrops Jararacussu (*Figura 40*).* Para o estudo foi utilizado o aparelho do Departamento de Radiologia do Hospital de Clínicas a Tomografia computadorizada (Siemens, modelo: K1081, com programa *Sienet Magic View* 300 – *Dicom - CD Viewer*).

O método de pesquisa deste aparelho é para adquirir imagens de ressonância magnética nuclear. Estes instrumentos são usados para fazer um mapa detalhado do interior dos organismos (crustáceos e cobra), sendo utilizado para estudar os órgãos sem a necessidade cirúrgica (esta é a maior característica da tomografia computadorizada, diferenciando-se do scanner 3D). O trabalho mostra como é possível criar imagens bidimensionais produzindo variações em um campo magnético, com isto os sinais emitidos pelo organismo durante o exame de ressonância magnética, podem ser rapidamente analisados em uma

imagem. O aparelho funciona da seguinte forma; as ondas de radiofreqüência fazem vibrar os núcleos dos átomos de hidrogênio (o hidrogênio, componente da água, que representa dois terços do pêso do corpo, reage diante do intenso campo magnético do aparelho). Quando cessa este estímulo, os átomos liberam uma energia acumulada e produzem um sinal que varia segundo os tecidos do corpo e o seu estado. O protocolo para a aquisição de imagens médico esta relacionado no Anexo 2.

FIGURA 40: cobra *Bothrops jararacussu na* tomografia computadorizada

Com as imagens digitalizadas das tomografias computadorizadas dos crustáceos e da cobra, foram gerados arquivos para desenvolvimento de um protótipo, trabalho em *Computer Aided Design (CAD* - Projeto Assistido por Computador). Quando a amostra se submete a uma tomografia, um feixe de elétrons divide a estrutura anatômica analisada em camadas bem finas, que podem variar de 3mm a 0.5mm, dependendo do aparelho. Quanto menor forem as espessuras de cada camada, e o espaçamento entre elas, maior será a fidelidade em relação ao original. Os exemplares (crustáceos e cobra), devem ficar o mínimo possível exposto à radiação. As imagens obtidas nos exames são enviadas em formato *Dicom*, com o auxilio do *software In Vesalius* (CemPra) e convertidas no formato de leitura STL (Stéreo litografia) para equipamentos de prototipagem. As camadas, de duas dimensões e diferentes níveis de cinza - coloração que permite distinguir, por exemplo, ossos de tecidos - são sobrepostas até formarem um volume da estrutura anatômica. Esta imagem convertida para o formato STL,

fornece a leitura para realizar o trabalho da máquina de prototipagem (sinterização seletiva a laser (SLS)).

A sinterização seletiva a laser (SLS) é baseada em um sistema a laser que sinteriza localmente o pó. No sistema, as máquinas funcionam para qualquer classe de material (metais, termoplásticos, elastômeros, cerâmicos e compósitos). A máquina é constituída de um laser de CO_2 com sistema ótico e espelhos robóticos, de uma plataforma que se movimenta no eixo Z e um sub-sistema que armazena o pó e o distribui sobre a plataforma uniformemente. O sistema funciona com o feixe de laser “escaneando” (percorrendo) a superfície do material em pó que foi depositado e regularizado pelo subsistema de alimentação. Pela passagem do laser ocorre o aquecimento das partículas de pó que acabam aderindo umas às outras formando uma camada sólida. Os espelhos apontam o feixe de laser para um ponto específico, a plataforma se movimenta para baixo e o subsistema de alimentação adiciona uma nova camada de pó. Os espelhos comandados pelo comando numérico voltam a funcionar e novamente ocorre a sinterização por onde os espelhos direcionam o feixe de laser sobre a superfície da camada de pó. Assim o sistema funciona continuamente até completar o objeto 3D. A máquina permite diferentes materiais para a construção de objetos. Para objetos em plástico o mais usual é o pó de poliamida que dá boa resistência mecânica ao objeto.

3.5.4.2 Scanner 3D a Laser e Frezadora CNC

Para realizar uma digitação fiel da amostra, foi utilizado o Scanner 3D a Laser desenvolvendo parâmetros de dados adquiridos pelo computador no NdSM. Nesta análise foi realizada a digitação computadorizada da mandíbula da cobra, para obtermos medidas precisas da mesma, o scanner 3D captura pontos com precisão de até 1,5 micrômetro com uma velocidade de até 1000 pontos por segundo. A mandíbula da cobra foi digitalizada com as seguintes informações: lente 100mm, potência (18), ponto X 0,02mm e ponto Y 0,02mm

para os dados adquiridos. O Scanner 3D a Laser tem medidas precisas de altura, as quais não são possíveis de serem obtidas em um microscópio que gera imagens 2D. Estas informações armazenadas no computador geram nuvens de pontos, que podem gerar superfícies tridimensionais e malhas de triângulos para análises de elementos finitos. Além da digitalização do material a ser estudado, como a cobra, o Scanner 3D a Laser tem também como objetivo, montar com auxílio de frezadora CNC as peças digitalizadas com precisão real (Figura 41).

Scanner 3D a laser, digitação do crânio da cobra.	Digitação do exemplar de crânio de cobra com uso de laser

FIGURA 41: Scanner 3D a laser e frezadora CNC (Laboratório do NdSM)

3.5.4.3 Técnica Microscopia Óptica (Histologia)

Para conhecimento do funcionamento estrutural de uma pata (pereiópodo) de crustáceo (Figura 42) foi realizada uma análise histológica do 1º par de pereiópodos (quelípodos) de *Aegla platensis* (Crustácea, Anomura, Aeglidae). Nos estudos histológicos (realizações das lâminas) foi necessário preparar o crustáceo para os cortes em micrótomo, e o processar da descalcificação e fixação em parafina para os cortes e observação das amostras Anexo 3.

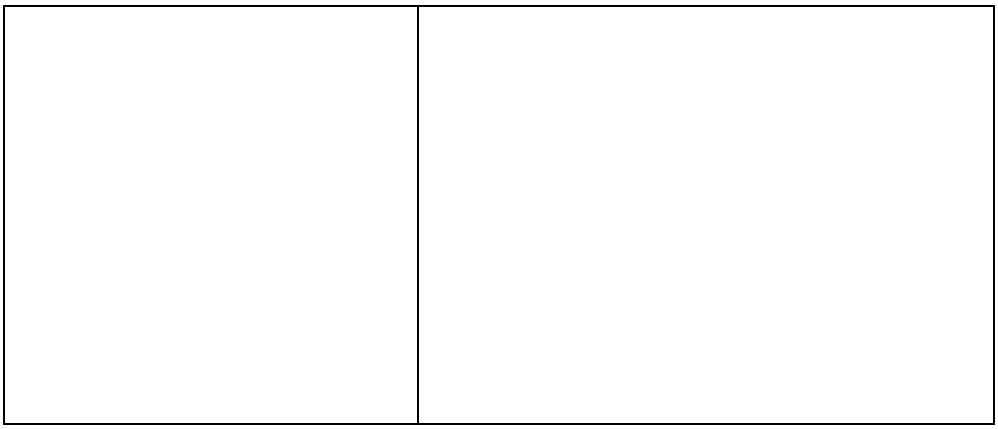


FIGURA 42: 1º par de pereópodos (quelípodos) de *Aegla platensis*

3.5.5 Modelagem (imagens digitalizadas)

Neste trabalho foram utilizadas tecnologias de digitação como o laser através do Scanner 3D (imagens superficiais da amostra) e imagens de tomografia computadorizadas (imagens parte interna da amostra), para poder realizar uma caracterização e melhor definição das imagens das amostras, com isto, obteve parâmetros de dados adquiridos pelo computador e editadas, ou seja, simplificando as formas dos detalhes de interesse das amostras (Figura 43). O esboço estrutural (delineamento) do elemento principal proporciona a interação entre a idéia do projeto conceitual e as informações adquiridas.

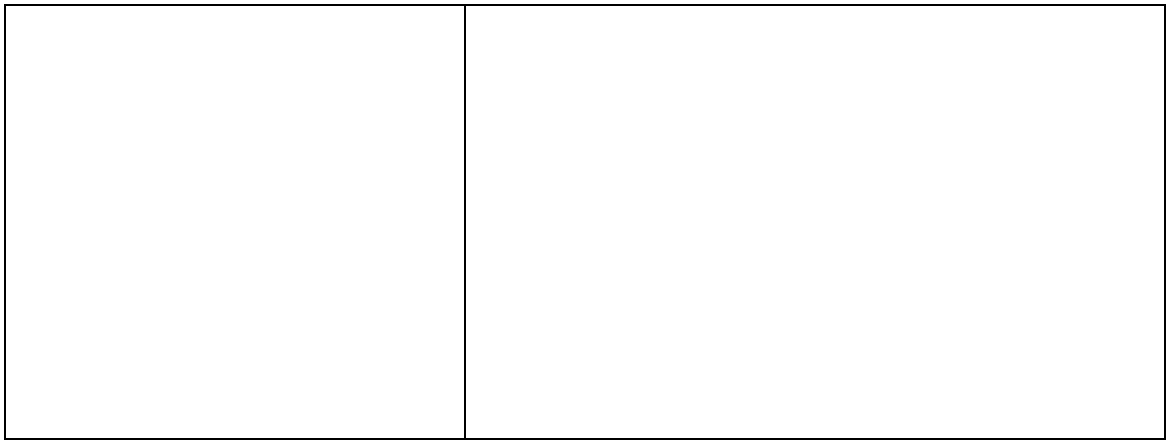


FIGURA 43**:**Imagem da digitação da mandíbula e osso quadrado da cobra, realizada no Scanner 3D a Laser no Laboratório do NdSM.

O Scanner 3D a laser além de digitalizar a mandíbula e o osso quadrado da cobra, utilizou a frezadora para fazer uma cópia do elemento digitalizado (Figura 44).

FIGURA 44: Exemplar de mandíbula e osso quadrado do crânio de cobra, parte digitalizada e fresada pelo NdSM

Para análises das amostras de tomografia computadorizada da cobra *Bothrops Jararacussu* (Família Viperidae-Figura 45) e demais crustáceos se utilizou um sistema *Computer Aided Design* (CAD), com leitura no formato *Dicom*. A ponte tecnológica entre os tomógrafos e o ambiente CAD permitiu a passagem direta das informações contidas nas imagens para o computador.

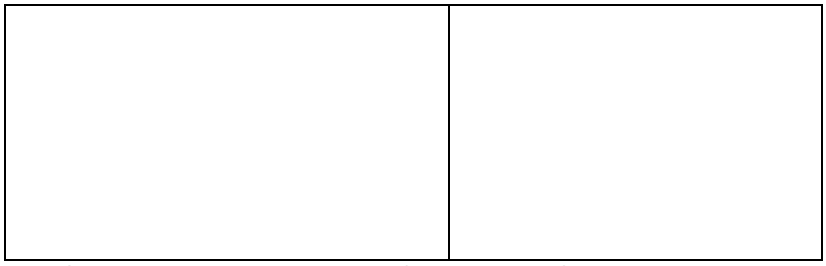


FIGURA 45: Imagens da superfície, tomografia computadorizada da cobra *Bothrops jararacussu*

Os dados da cobra *Bothrops jararacussu* e do crustáceo *Libinia bellicosa,* captados pelo digitalizador, são visualizados, segmentados e reconstruídos em três dimensões, o que permite a visualização volumétrica de partes específicas da estrutura em estudo (Figura 46). Em poucas horas têm-se as reproduções exatas de cada componente, o que reduz, consideravelmente, os custos de design de fabricação e a duração do ciclo de desenvolvimento do produto. A Figura 47 mostra os modelos de prototipagem rápida obtidos da tomografia computadorizada do crustáceo *Libinia bellicosa*.

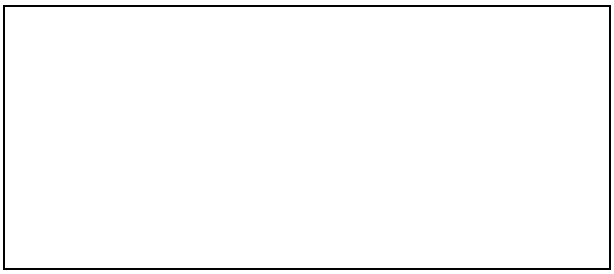


FIGURA 46: Prototipagem rápida (executada no CenPra) baseada em exames de tomografia computadorizada da cobra *Bothrops jararacussu*

FIGURA 47: A prototipagem rápida (executada no CenPra) do modêlo crustáceo *Libinia bellicosa*

3.5.6 Analogia do sistema natural com o produto

Diante das informações adquiridas através das etapas anteriores tem-se subsídio suficiente para iniciar o estudo das possibilidades de aplicação de uma analogia entre as amostras pesquisadas e a dobradiça a ser estudada, sendo descritos nos resultados deste trabalho.

3.5.7 Aplicação projetual sustentável

Mediante a viabilidade de aplicação ao projeto conceitual da dobradiça, estudou-se a adaptação de proposições da biônica e ecodesign, interligando-se às atividades da tarefa no que se refere à análise funcional com as necessidades e

requisitos do projeto conceitual da dobradiça. Este tema esta descrita nos resutados em proposta de evolução dos modêlos das dobradiças estudadas, utilizando a biônica e conceitos de ecodesign.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos a partir das técnicas utilizadas na tomografia computadorizada, prototipagem rápida, scanner a laser e cortes histológicos, realizou-se a analogia entre as dobradiças existentes e a proposta do novo conceito de dobradiça.

4.1 Analogia do sistema natural com as dobradiças estudadas

A analogia entre as dobradiças estudadas (dobradiça 170º Hettich Plastipar, dobradiça 170º Blum-Albras e dobradiça 175º FGV Brasil LTDA) e as formas naturais foi baseada nas funções, morfologia e estrutura do crânio das cobras e patas (pereiópodos) dos caranguejos.

4.1.1 Estrutura da cobra em relação às dobradiças estudadas

O trabalho em relação às cobras se baseou na semelhança dos ângulos de abertura das dobradiças e o ângulo de abertura da boca de uma cobra por ocasião do bote. Com a avaliação das amostras do crânio de cobras verificou-se que as mesmas possuem um ângulo de abertura bastante desenvolvido pela sua evolução morfológica e adaptação (Figura 48), característica que permite reduzir o seu peso e aumentar a sua resistência.

Abertura da boca da cobra na hora do bote	Abertura de 120º da mandíbula	Abertura de 150º, mandíbula 120º e osso quadrado + 30º

FIGURA 48: Abertura da boca da cobra na hora do bote e seus respectivos ângulos em desenhos de 120º e 150º, realizado no Laboratório do NdSM.

Por sua vez, as dobradiças estudadas possuem similaridades muito significativas em relação ao ângulo de abertura da mandíbula e osso quadrado das cobras no que diz respeito à simetria e estrutura das mesmas (Figura 49). Dessa forma, conclui-se que as dobradiças estudadas já atendem aos requisitos da biônica no quesito de funções, não correspondendo em quantidade de materiais existente nas dobradiças, tendo como maiores benefícios a resistência mecânica aumentada e um amplo ângulo de abertura, que garante a segurança nos seus movimentos.

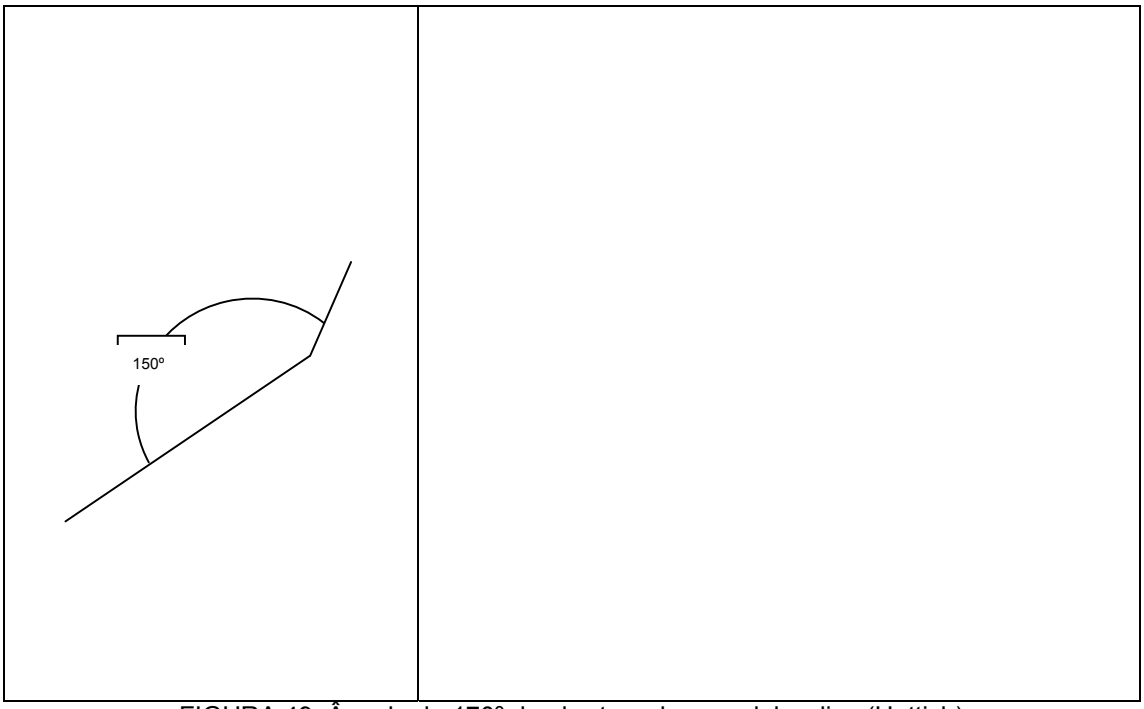


FIGURA 49: Ângulo de 170º de abertura de uma dobradiça (Hettich)
comparado com ossos da boca de uma Cobra na hora do bote (Pough*, et.al*, 1998)

Constatou-se nas cobras estudadas (*Mastigodryas bifossatus*, *Spilotes pullatus e Bothrops jararacussu*), que a estrutura das mesmas é baseada na tração, esta é a função responsável pelo alongamento num corpo sólido. Uma estrutura em tração está baseada no uso de fibras (cabos) ou membranas, elementos cuja espessura não é significativa e, portanto, consomem, relativamente, poucos materiais. Na evolução das cobras o desenvolvimento de tecidos (fibras, músculos e diversos tecidos que são flexíveis e difíceis de romper) se destacou dos materiais rígidos, como os ossos, os quais são geralmente mais frágeis (menos flexíveis). Desta forma a evolução das cobras reduziu a quantidade de materiais estruturais rígidos (menor ossificação) em sua adaptação e seu peso. Nas cobras, os músculos, os tendões, as membranas e a própria pele representam as linhas que mantém o esqueleto em equilíbrio, e ao mesmo tempo, garantem a flexibilidade que provém do princípio de junção memória (elasticidade), também responsável pelo ângulo de abertura da boca da cobra.

A análise das dobradiças estudadas demonstrou a semelhança da função de abertura e fechamento das mesmas em relação à flexibilidade da abertura (Figura 50) presente nas mandíbulas das cobras (tração e elasticidade).

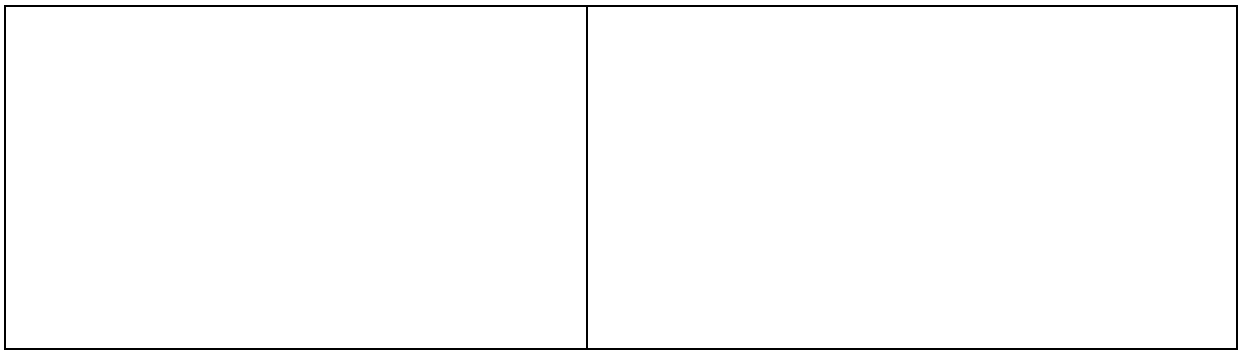


FIGURA 50: Boca da cobra como exemplo de estrutura mais flexível, no processo de evolução em comparação da dobradiça na sua flexibilidade de abertura

As dobradiças porém não possuem a função memória representada na cobra pela sua capacidade natural de voltar a sua posição original (boca fechada), após a abertura máxima da mandíbula, conforme pode ser visualizado na imagem da tomografia computadorizada (Figura 51). No caso das dobradiças, esta função não pode ser utilizada, pois é conveniente que o mecanismo da mesma proporcione condições para que a abertura e fechamento dos móveis sejam controlados pelo usuário.

FIGURA 51: Imagem da *Bothrops Jararacussu*
em tomografia computadorizada, no estado natural

A evolução prefere sempre as linhas curvas em suas adaptações, evitando as retas. A importância das curvaturas é para aumentar a resistência de um elemento ou estrutura. Mesmo em elementos tubulares (reta em rotação) os ossos não têm uma secção contínua, de forma que o perfil nunca é uma reta. Sem esta secção contínua ocorre uma redução de materiais e peso em conseqüência das ondulações defasadas. Observou-se nas cobras que nas estremidades dos ossos existe um achatamento para melhor distribuir o esforço nas junções. Nas dobradiças estudadas este perfil se encontra nas peças de fixação dos móveis, resultando em uma maior resistência e estrutura (Figura 52).

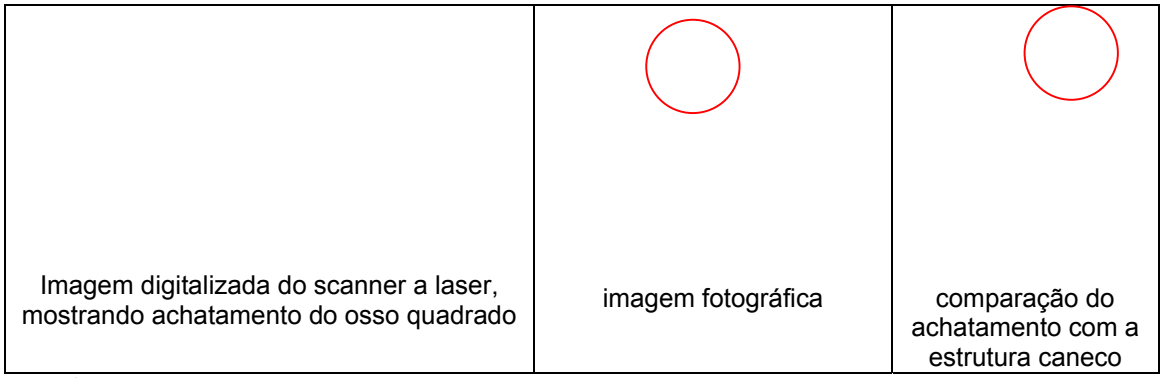


FIGURA 52: Mandíbula da cobra e osso quadrado, com achatamento nas pontas para melhor distribuir o esforço nas junções em comparativo com a dobradiça.

4.1.2 Estrutura do caranguejo em relação às dobradiças estudadas

Os pereiópodos dos crustáceos (*Chasmagnathus granulata*, *Libinia bellicosa* e *Platyxanthus crenulatus*) submetidos a esforços multidirecionais, além da forma tubular, apresentam uma parede mais espessa na região próxima da metade do seu comprimento, uma vez que a solicitação é maior neste ponto quando é submetido a um esforço de flexão (flexibilidade). Nas extremidades dos exoesqueletos existe um achatamento para melhor distribuir o esforço nas junções o que demonstra com muita clareza a contínua adaptação da forma em função da ação de forças. Avaliando a estrutura das dobradiças estudadas verifica-se que estas possuem um achatamento no seu elemento de fixação (caneco) com o móvel bastante semelhante ao achatamento das extremidades encontrados nos

crustáceos para melhor distribuição do esforço nas junções, como mostra a Figura 53.

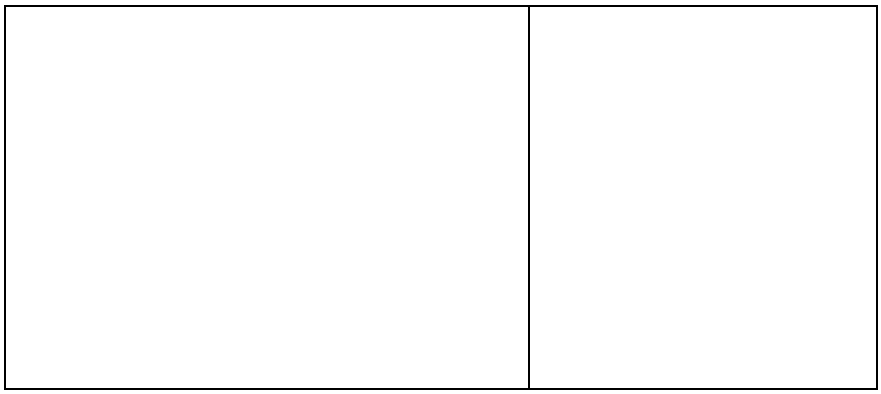


FIGURA 53: Comparando o achatamento das extremidades dos crustáceos para melhor distribuição do esforço nas junções, com as dobradiças estudadas.

Os crustáceos em suas locomoções ou defesa movimentam as suas extremidades em diversas posições, estas estruturas têm um determinado limite físico, uma trava natural. Este mecanismo possibilita estudar o princípio de junção travamento, (retenção/bloqueio) existente na natureza, que nos permite entender melhor este funcionamento, onde a estrutura do pereiópodo é composta pelo dáctilo, pródopo, carpo, mero, isqueo, base e coxa, peças que melhor representam o elemento de junção, princípio de travamento (Figura 54).

FIGURA 54: Relação da dobradiça com pereiópodo de crustáceo.

A estrutura da pata de um caranguejo (pereiópodo) se assemelha muito em relação à composição das dobradiças estudadas no que diz respeito ao princípio de travamento (calço, retenção bloqueio), (Figura 55).

dobradiça FGV fechada	dobradiça BLUM fechada	dobradiça Hettich fechada

FIGURA 55: Relação do princípio de travamento entre dobradiças e pereiópodo de crustáceo (*Libinia bellicosa)*.

As dobradiças, tal como os caranguejos, possuem um sistema de travamento (Figura 56) bem definido que possibilita ao usuário condições de fechamento do móvel, que garantem um manuseio seguro e exato, evitando o desgaste do mecanismo e do próprio móvel, proporcionando uma produção mais limpa, com economia de energia e redução de resíduos.

FIGURA 56: Sistema de travamento da dobradiça (vista superior)

As estruturas naturais vivem em contínua adaptação para fazer frente às solicitações do meio ambiente, robustecendo somente os pontos em que a

resistência é necessária como nos crustáceos. No caso das dobradiças, os pontos que são submetidos a uma maior flexão durante a abertura e fechamento (Figura 57) das portas dos móveis são formados por peças mais reforçadas, onde normalmente, o aço é o material mais empregado para esta finalidade.

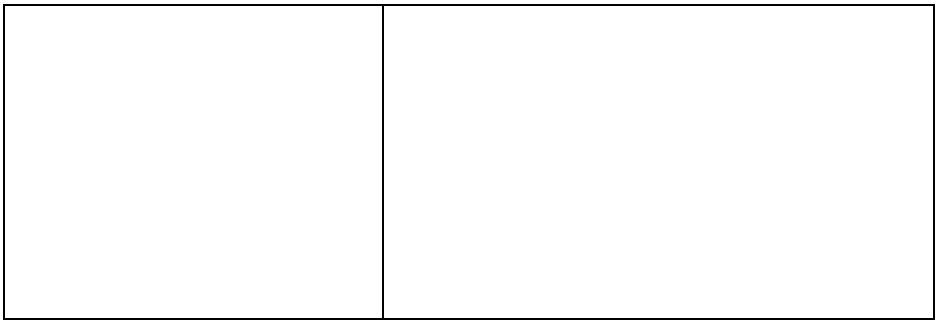


FIGURA 57: Comparação da estrutura do pereiópodo do crustáceo com a dobradiça

Os elementos de junções presentes nos caranguejos, em especial entre carpo, mero e o pródopo são muito semelhantes com os pinos de dobradiças (Figura 58).

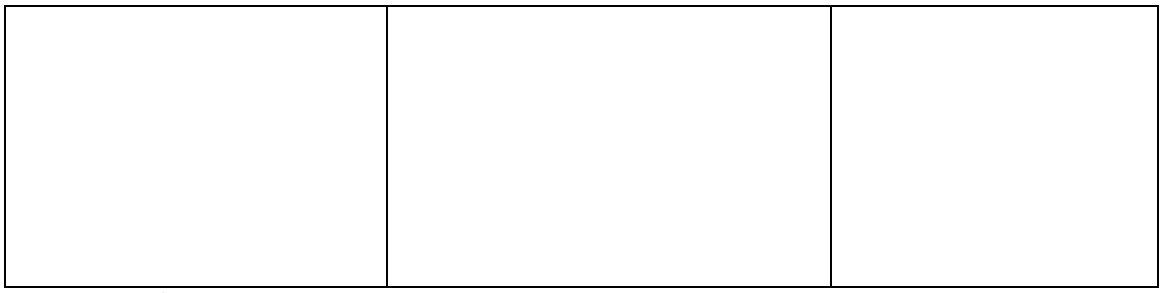


FIGURA 58: detalhes dos pinos das dobradiças e das junções de um crustáceo

A estrutura dos crustáceos depende muito do sistema de musculatura, tecidos e membranas que compõem o seu exoesqueleto, sendo estas informações obtidas de cortes histológicos do pereiópodo de crustáceos. O ensaio de histologia foi feito para observar a estrutura interna dos pereiópodos do crustáceo *Aegla platensis* (Figura 59). Neste trabalho não foram usadas esta informação, ficando como sugestão de método no desenvolvimento de dobradiças com inovações sustentáveis a serem investigadas no futuro.

FIGURA 59: Imagem do corte histológico do pereiópodo
do crustáceo *Aegla platensis* realizado no departamento de zoologia da UFRGS

4.2 Proposta de evolução dos modêlos das dobradiças estudadas utilizando a Biônica e conceitos de Ecodesign

O primeiro passo para o desenvolvimento de projeto conceitual de dobradiça foi à observação criteriosa das formas da natureza, em especial crânio das cobras e patas (pereiópodos) dos caranguejos, no sentido de obter um modelo aprimorado de dobradiça com base nas dobradiças estudadas, segundo os conceitos da biônica como ferramenta para o Ecodesign. Em relação ao ângulo de abertura não houve modificação apreciável, pois o mesmo apresentava-se adequado (Figura 60).

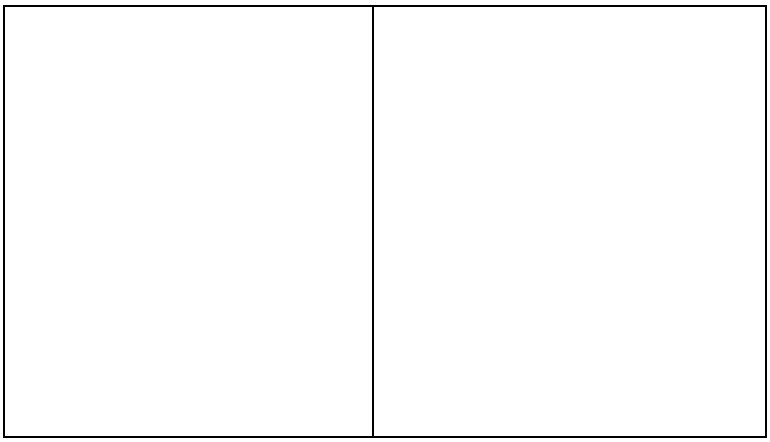


FIGURA 60: Relação do ângulo da dobradiça conceitual sem a peça guia
e abertura da mandíbula de cobra (Silva Junior, 1956)

Através da análise da mandíbula da cobra com uso de tomografia computadorizada (Figura 61) e prototipagem (Figura 62) foi possível visualizar a semelhança da simetria da mandíbula da cobra em relação ao projeto conceitual. A simetria da mandíbula da cobra é uma característica muito importante a ser considerada no projeto conceitual de dobradiças, pois a mesma confere à peça o ajuste correto entre ela e a porta do móvel.

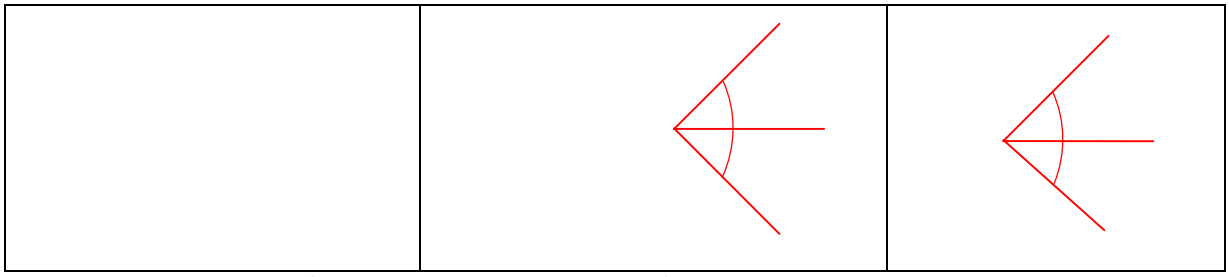


FIGURA 61: Imagem de tomografia computadorizada
da simetria da mandíbula de cobras em comparação ao projeto conceitual

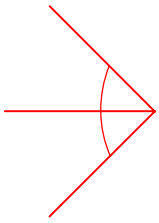


FIGURA 62: Modelo de prototipagem da simetria da mandíbula de cobras
(construído no CenPra)

Julgando ser bastante conveniente e adequado o emprego do caneco de fixação da dobradiça (Figura 63) na porta do móvel, segundo os conceitos da biônica (pereiópodos dos caranguejos) não foi realizada nenhuma modificação na estrutura do projeto conceitual.

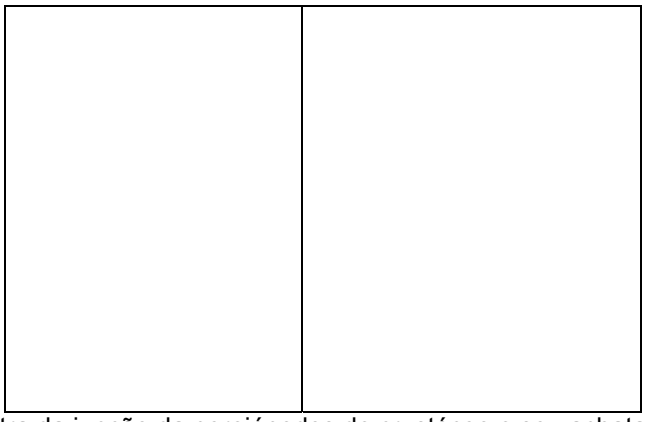


FIGURA 63: Amostra da junção da pereiópodos de crustáceo e seu achatamento junto com a proposta da nova dobradiça.

Considerando a relação das dobradiças estudadas e os pereiópodos dos caranguejos, foi desenvolvida melhoria no projeto conceitual da estrutura de travamento (posição da porta fechada do móvel). Em observação na estrutura do primeiro par de pereiópodo de crustáceos identificou-se estrutura delimitadora de travamento como o dáctilo (uma garra de proteção e retenção), que se identifica de acordo com o princípio de travamento. Esta observação foi utilizada em um mecanismo de travamento do novo projeto conceitual (Figura 64).

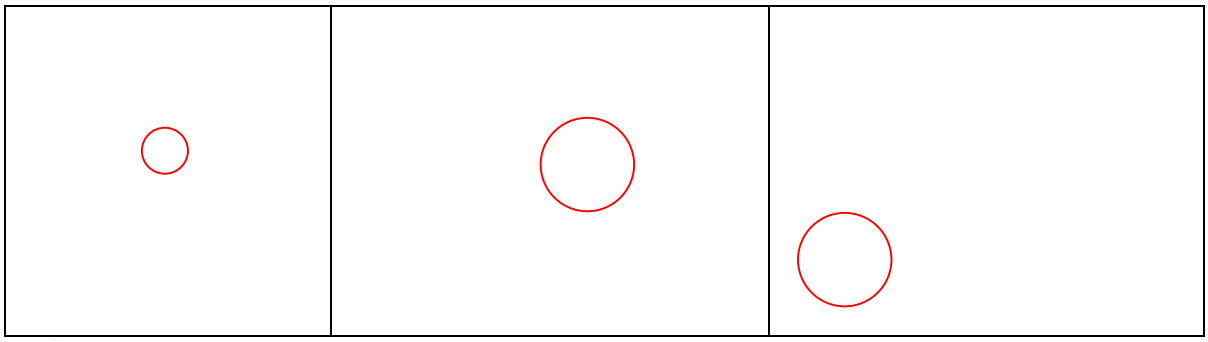


FIGURA 64: Representação da estrutura de travamento (guia) utilizado no novo projeto conceitual de dobradiça baseado nas formas naturais (primeiro par de pereiópodos)

Os crustáceos oferecem um exemplo bastante completo de como na natureza a resistência aparece nos pontos em que é necessário, apresentando resistência aos mais variados tipos de esforços. Neste estudo focou-se na otimização de peças e materiais, visando estruturar os pontos críticos de ruptura, dando segurança e firmeza à nova estrutura (Figura 65).

FIGURA 65: Dobradiça com estruturas dobradas em vigas em comparação a exoesqueleto com forma tubulada dos crustáceos

Com o apoio do Laboratório NdSM, foi desenvolvido um projeto conceitual de dobradiça empregando o estudo da biônica e os conceitos de Ecodesign. O projeto foi executado utilizando o software 3D *AutoDesk Inventor*, com o qual foi possível efetuar simulações de abertura e fechamento da nova proposta.

O Design da dobradiça parte do principio que algumas peças serão fabricadas pelo processo de injeção de Zamak, estampagem e conformação. O processo de injeção será utilizado na peça na qual o design seria quase inviável de ser produzido por outro processo.

De acordo com os princípios de junção foi executado um novo projeto conceitual de dobradiça com estudos detalhados das peças individualmente para poder obter informações sobre dados, quantidades, função de cada peça, material utilizado e processos de fabricação (Figura 66). O qual se encontra relacionado abaixo:

1- Caneco, função de fixar o conjunto móvel à porta do móvel através de parafusos;
2- Braço, função de componente de articulação (regulagem) na parte fixa;

3- Braço, função estrutural entre as peças nº 1, 5 com a peça fixa nº 2, tem como função fazer a abertura e afastamento da porta de sua posição original;

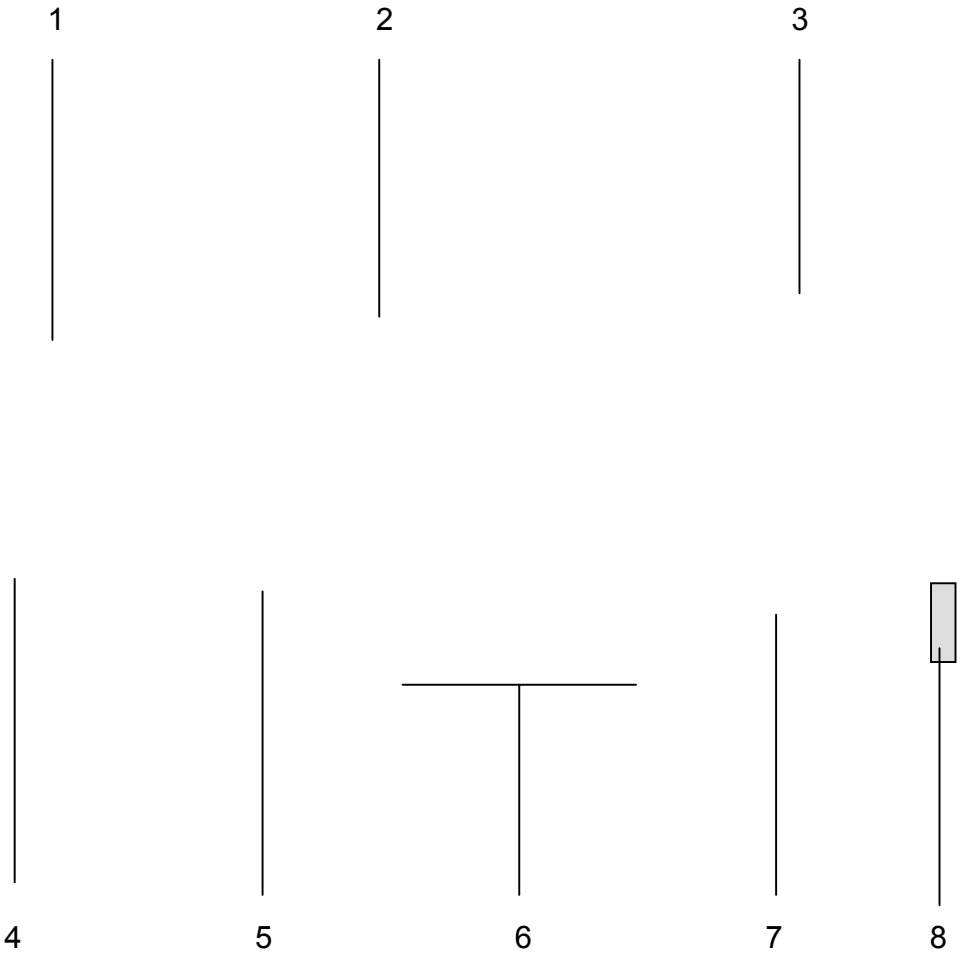
4- Braço, função de trazer a porta ao ângulo original de 90º;

5- Braço, articulação com as peças 3 e 4 com a peça fixa 2. Tem a função de fazer a abertura e afastamento da porta de sua posição original;

6- Pino, função de articulação dos eixos;

7- Mola, com função de pressionar a trava da dobradiça na posição de 90º e auxilio na abertura da dobradiça;

8- Rolete, facilitam a retratação do braço móvel até a posição original 90º.



Número	Nome	Quantidade	Função	Material	Processos
1	Caneco	1	Fixação	aço	laminação e conformação
2	Braço	1	articulação	aço	laminação e conformação
3	Braço	1	articulação	zamak	injeção
4	Braço	1	articulação	aço	laminação e conformação
5	Braço	1	articulação	aço	laminação e conformação
6	Pino	5	articulação	aço	trefilação
7	Mola	1	Regulagem	aço	trefilação e conformação
8	Rolete	1	Rolagem	aço	trefilação
Total		12	2		4

FIGURA 66: Partes dos produtos do projeto conceitual de dobradiça e seu processo de fabricação

4.3 Aplicação projetual sustentável

O projeto do novo conceito de dobradiça foi baseado na metodologia de Biônica e no Ecodesign. A analogia com as dobradiças encontradas no mercado reforça a análise de que as dobradiças estudadas não contemplam o conceito de desenvolvimento sustentável, principalmente no quesito extração de matéria-prima.

O Processo escolhido foi para os materiais em aço e zamak. Neste projeto foi utilizado o S*oftware Inventor* no NdSM, para desenhar o projeto conceitual da dobradiça, identificando os detalhes de formas e funcionamento das mesmas. A Figura 67 mostra a dobradiça em diversos estágios de funcionamento como no estágio fechado, semi-aberto e aberto.

Ângulo de 0º Vista lateral	Ângulo de 90º Vista lateral	Ângulo de 165º Vista lateral
vista isométrica fechada	vista isométrica semi-aberta	vista isométrica aberta

FIGURA 67: Modelagem do projeto conceitual da dobradiça proposta a partir de estudos de Biônica e Ecodesign.

Estudando os diversos materiais constituintes das dobradiças (aço, zamak e plástico) constatou-se que as mesmas possuem materiais incompatíveis entre si como o plástico, zamak e aço, isto dificulta o processo de DfD (*Design for Disassembly*) necessário para separação dos materiais na reciclagem. Um dos principais focos desse projeto foi reduzir o número de componentes empregando sistemas e formas semelhantes aos desenvolvidos pela natureza. No projeto conceitual o estudo de estrutura, conseguiu reduzir os materiais em número de três (aço, plástico e zamak) nas dobradiças analisadas, para somente dois materiais (aço e zamak). Optou-se por zamak neste trabalho, devido ao design desenvolvido, no qual o processo de obtenção dos componentes é a injeção, pois o mesmo de acordo com o projeto não tem condições de ser fabricado pelo processo de laminação e conformação.

Na comparação a analogia entre as dobradiças estudadas (dobradiça 170º Hettich, dobradiça 170º Blum e dobradiça 175º FGV) e projeto conceitual observou-se que há uma variação significativa de materiais (aço, zamak e plástico), quantidades de peças, funções e processos de fabricação conforme cada modelo de dobradiça (Figura 68).

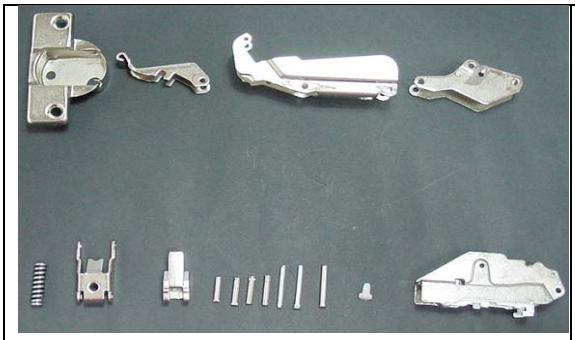
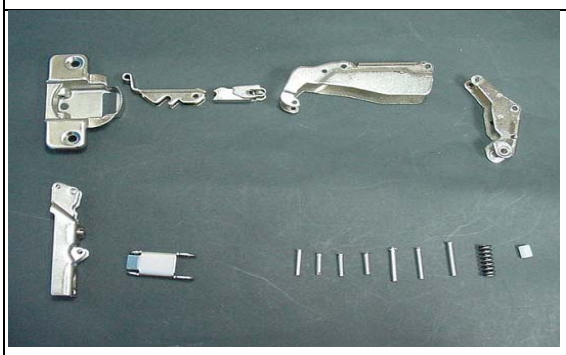
	Dobradiça 170º Hettich Quant. de funções: **16** Materiais: **03** (aço, zamak e plástico)
	Dobradiça 170º Blum Quant. de funções: **17** Materiais: **03** (aço, zamak e plástico)
	Dobradiça 175º FGVTN Quant. de funções: **16** Materiais: **03** (aço, zamak e plástico)
	Projeto Conceitual de Dobradiça Quant. de funções: **12** Materiais: **02** (aço e zamak)

FIGURA 68: Dados referentes ao número de peças, quantidades de funções e tipos de materiais das dobradiças

Aplicando-se o conceito da evolução das cobras no tocante à redução da quantidade de materiais estruturais rígidos (menor ossificação) e ecodesign pode-se definir um projeto conceitual de dobradiça com um menor número de funções, chegando a 12 funções no total. Tendo uma redução aproximada de 40% em número de peças, proporciona-se uma produção mais limpa, com economia de gastos de energia e redução de materiais (em conseqüência redução de resíduos), otimizando assim o ciclo de vida do produto. Nas dobradiças estudadas têm-se uns números de funções superiores, dobradiça 170º Hettich: 16 peças, dobradiça 170º, Blum: 17 peças e dobradiça 175º FGV: 16 peças.

6 CONCLUSÕES

O estudo apresentado vem demonstrar que é viável a utilização de uma metodologia de projeto baseada no estudo da biônica e de ecodesign, pois com esses conceitos foi possível desenvolver um projeto conceitual de dobradiça, podendo citar a redução de aproximadamente 40% do número de componentes em relação as dobradiça estudadas. A natureza por sua vez vem demonstrar que se pode utilizar somente o necessário de energia e material para que cada componente exerça sua função.

Este estudo também demonstrou que o desenvolvimento de projetos pode ser feito aplicando-se tecnologias disponíveis, como a prototipagem rápida, scanner a laser e tomografia computadorizada, evidenciando assim desenvolver produtos conceitualmente mais eficazes utilizando as configurações das estruturas.

Em relação às dobradiças analisadas conclui-se que são produtos bem desenvolvidos no conceito mecânico e na metodologia de projetos convencionais.

A metodologia aplicada à biônica e ao ecodesign tornaram-se eficaz, devido à confiabilidade dos resultados analisados, levando em consideração os processos evolutivos naturais.

Os chamados DfA (*Design for Assembly*) e DfD *(Design for Disassembly*) são condições necessárias para atingir a redução, a reutilização e a reciclagem de materiais e componentes, pois facilita a montagem e desmontagem. No projeto conceitual isso fica evidente pela redução de peças, materiais (como o plástico) e processos utilizados.

Com a metodologia utilizada foi possível desenvolver um novo projeto conceitual de dobradiça com ênfase no ecodesign, contemplando as seguintes melhorias:

- economia de recursos naturais;
- utilização de materiais recicláveis;
- produto que seja durável ao invés de descartável;
- redução do número de peças do projeto;
- redução da quantidade de materiais;
- redução do número de diversidades de materiais;
- redução das etapas de processos produtivos;
- redução de consumo de energia;
- aumento do tempo de vida útil do produto;
- promoção da facilidade de manutenção;
- produção mais limpa.

Este trabalho sugere a metodologia biônica no desenvolvimento de projetos conceituais, com ênfase em ecodesign para promover a sustentabilidade. Os estudos de biônica podem ser empregados para desenvolver um aprimoramento em diversos projetos do mercado, com base nos princípios de junção.

Existem diversos projetos a serem estudados, devem-se utilizar todas as tecnologias disponíveis para análises das amostras da natureza, sugere-se a utilização de novas tecnologias como por exemplo, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) como uma ferramenta para observação detalhada de estruturas microscópicas, em benefício da inovação de projetos ecologicamente sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BARROS, Elton I. M. Gestão ambiental no setor moveleiro. **Informativo do Núcleo Especializado de Informação Tecnológica em Mobiliário e Madeira do SENAI-RS/CETEMO.** Bento Gonçalves, v. 15, n. 4, p. 8, fev 2003.

BEZERRA, Maria C. L.; MUNHOZ, Tânia M. T**. Gestão dos recursos naturais:** subsídios à elaboração da agenda 21 brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2000.

BILLETT E. H. **The interdisciplinary journal of design and contextualy studies**. Brunel: Brunel University, 2000. Disponível em: <http://www.co-design.co.uk/ecodesign.htm>. Acessado em: 26/11/2000.

BOND-BUCKUP, Georgina; FONTOURA, Nelson Ferreira; MARRONI, Norma Possa; KUCHARSKI, Luiz Carlos. **O caranguejo:** manual para o ensino prático em zoologia. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS, 1991. p. 71.

BONSIEPE, Gui. **Teoría e práctica del diseño industrial :** elementos para uma manualística crítica. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

BÜRDEK, Bernhard E. **Diseño historia:** teoria y prática del diseño industrial. Barcelona: GG, 1994. p218.

CÂNDIDO, Luis Henrique Alves; KINDLEIN, Wilson Junior**.** Uma Visão da Situação Actual dos Elementos de Junção e das Possíveis Ações de Melhorias no Projecto, Visando o Design para Desmontagem. In: **CONGRESSO USER DESIGN**, 2003, Lisboa. Poster.

COMMONER, Barry. **Making peace with the planet**. New York: Pantheon Books, 1990.

DARWIN, C. **The origin of species**. Londres: Harvard University Press, 1872. Facsímile com introdução e bibliografia por Ernst Mayr.

FREYRE, José Antonio de la Fuente. **Zoologia de artropodos**.Madrid: McGraw-Hill-Interamericana de Espanha, 1994. p. 11-45.

FURTADO J. S. **ISO 14001 e produção limpa:** importantes, porém, distintas em seus propósitos e métodos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000. Disponível em:<http://www.vanzolini.org.br/htm>. Acessado em: 12/10/2002.

GANS Carl. **Biomechanics an approach to vertebrate biology**. Ann Arbor: The University of Michigan, J. B. Lippincott Co. 1974.

GHYKA, M**. Esthetique dês proportions dans la nature et dans lês arts**. Paris: Gallimard,1927.

GORINI, Ana Paula Fontenelle. Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competividade externa a partir do desenvolvimento da cadeia industrial de produtos sólidos de madeira. **Relatório BNDES** setorial nº 8 Set. 1998: Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set801/>. Acessado em: maio de 2003.

HSUAN-AN,Tai. **Sementes do serrado e design contemporâneo**, Goiânia, 1999, 203f. Dissertação (mestrado em artes), Artes Visuais, Universidade Federal de Goiás, 1999.

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; GUANABARA, Andréa; SILVA, Everton; PLATCHECK, Elizabeth. Proposta de uma metodologia para o desenvolvimento de produtos baseado no estudo da biônica. In: Congresso Brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design, 5., 2002, Brasília. Brasília: **P&D DESIGN**, 2002a.

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; PEREIRA, Carlos; SILVA, Everton; PLATCHECK, Elizabeth. Implementação do ecodesign na incubadora tecnológica de design. In: Congresso Brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design, 5.,2002, Brasília. Brasília: **P&D DESIGN**, 2002b.

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; SILVA, Everton; ETCHEPARE, Hélio; SEADI, Andréa; SILVA, Fábio. **CD Biônica** - Núcleo de Design e Seleção de Materiais, Escola de Engenharia UFRGS, Porto Alegre. 2001. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ndsm/htm>. Acessado em: 12/10/2003.

LYLE, John Tillman**. Regenerative design for sustainable development.** Wiley, 1994. Capítulo 1. Traduzido por Miguel A. Sattler. 16/09/99

MAÑA, Jordi. **O design industrial.** Coleção Biblioteca Salvat de Grandes Temas. Rio de Janeiro: Salvat, 1979. p.123.

MELO G. A. S. **Fauna Brasil:** caranguejos, siris, lagostas e cia (Superclasse Crustacea). Disponível em: <http://www.aultimaarcadenoe.com/crustáceos.htm>. Acessado em: 12/10/2003.

PEARCE, Peter. **Structure in nature is a strategy for design**. Cambridge: The MIT Press, 1978.

POUGH, F. Harvey; ANDREWS, Robin M.; CADLE, John E.; CRUMP, Martha L.; SAVITZKY Alan H.; WELLS Kentwood D. **Herpetology**. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.

ROMER, Alfred S. O crânio. In: Romer, Alfred Sherwood. **Anatomia comparada dos vertebrados.** São Paulo: Atheneu, 1985. Cap. 8, p. 192- 220.

SACHS, I. Recursos, emprego e financiamento do desenvolvimento: produzir sem destruir. *O caso do Brasil.* Relatório de introdução. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL CENDEC**. 1988, Brasília. Anais... . Brasília: CENDEC, 1988. (mimeo).

SANTOS, C. V. J. **Tecnologias de produção mais limpas e análise do ciclo de vida aplicadas na indústria da construção civil -** estudos de caso. 2000. Porto Alegre. (mestrado em engenharia civil), Curso de Pós-graduação, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

SANTOS, Petras Amaral. **Inovação sustentável:** o ecodesign aplicado ao design de novos produtos. 2001. f. 92. Monografia de especialização em Agentes de Inovação Tecnológica. Universidade de Caxias do Sul, 2001.

SPERB, M. R. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção.** 2000**.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-graduação, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

SILVA JÚNIOR, Marcelo. A função venenosa nos ofídios. In: SILVA JÚNIOR Marcelo. **O ofidismo no Brasil**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Educação Sanitária, Ministério da Saúde. 1956. Cap. 2, pag. 89-110.

STEBBINS, G.L**. Processos de evolução orgânica.** Rio de Janeiro: EDUSP; guanabara: LTC., 1974. 258p.

THOMPSON, D. **On growth and form**. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.345p.

TOFFLER, Alvin. **A terceira onda**. Rio de Janeiro: Record, 1980.

TURRA, Dilce; ETCHEPARE, Hélio; KINDLEIN, J. Wilson. Caracterização e viabilidade de reciclagem dos materiais nos centros de triagem de Porto Alegre e região metropolitana. In: **Primeiro Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade.** 2002, Campinas. ANAIS. São Paulo: ANPPAS, 2002.

VANDEN BROECK, F. O uso de analogias biológicas. **Revista Design e Interiores.** São Paulo: n.15, p. 97 - 100, 1989.

VENZKE, C. S. **A situação do ecodesign em empresas moveleiras da região de Bento Gonçalves, RS:** Análise da postura e das práticas ambientais. 2002, 117f. Dissertação (Mestrado em Administração) – curso ecodesign, Faculdade de Administração, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

WOOD, J. G. **Los precursores del arte y de la industria.** Barcelona, España: Montener Y Simon, 1886. Traducida por Enrique Leopoldo de Verneuil.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DA ANÁLISE METALOGRÁFICA, ANÁLISE QUÍMICA E ENSAIO DE DUREZA DO AÇO DAS DOBRADIÇAS ESTUDADAS

SOLICITANTE: NdSM

DESCRIÇÃO

Foram recebidas peças de dobradiças, identificadas, para análise metalográfica, análise química e ensaio de dureza.

ANÁLISE METALOGRÁFICA

Para a análise metalográfica, uma amostra de cada uma das peças foi cortada, embutida, lixada, polida e atacada quimicamente. O reagente utilizado foi Nital 3%. A microestrutura das peças é ferrítica com carbonetos esferoidizados como mostra a Figura 1.

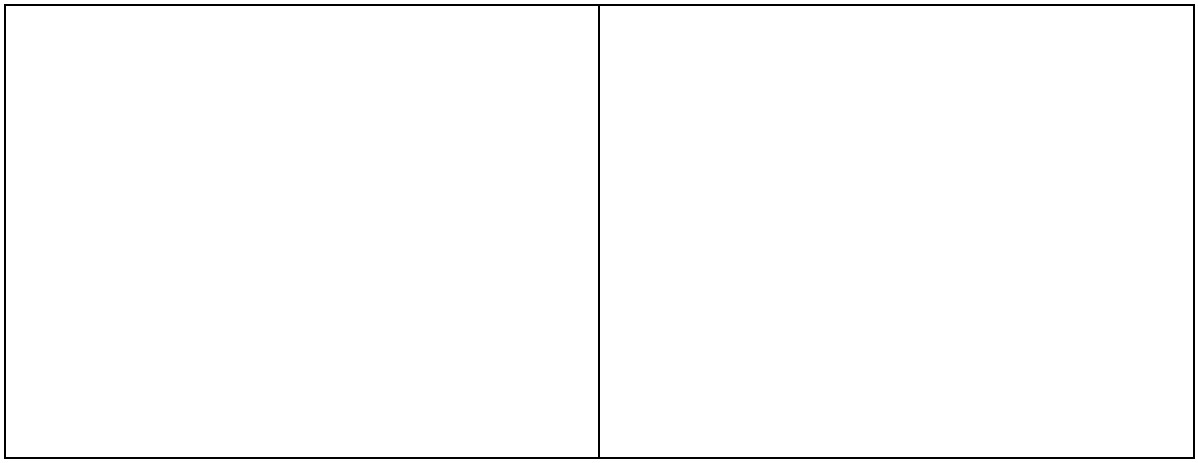


FIGURA 1: Imagem mostrando a microestrutura ferrítica com carbonetos esferoidizados da peça grande e pequena respectivamente. Os tamanhos de grão são 7 e 7,5 ASTM respectivamente.

ANÁLISE QUÍMICA

A análise química foi realizada por espectrometria de emissão ótica. A Tabela 1 mostra a média do resultado de três queimas na peça grande e a Tabela 2 na peça pequena.

Tabela 1: Resultados da análise química na peça grande.

Elemento (%)	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
Composição	0.03	0.2	0.001	0.009	0.008	0.025	0.035

Elemento (%)	Al	Co	Cu	Nb	Ti	Sn
Composição	0.02	0.018	0.09	0.0035	0.0015	0.003

Tabela 2: Resultados da análise química na peça pequena.

Elemento (%)	C	Mn	Si	S	P	Cr
Composição	0.058	0.24	0.02	0.005	0.005	0.01

Elemento (%)	Ni	Al	Cu	Nb	Ti
Composição	0.01	0.031	0.0325	0.003	0.0015

ENSAIO DE MICRODUREZA

O ensaio de microdureza foi realizado utilizando-se escala Vickers com carga de 250Kgf. Foram realizados 5 pontos de microdureza em cada uma das amostras conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de microdureza

MICRODUREZA (HV)		
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
PEÇA GRANDE	124,48	7,6
PEÇA PEQUENA	119,28	7,6

Ambas peças são de aço AISI 1005 no estado recozido, com microestrutura ferríticacom carbonetos esferoidizados dispersos e com dureza média de 125 HV e tamanho de grão ASTM 7,0 para a peça grande e com dureza média de 119 HV e tamanho de grão ASTM 7,5 para a peça pequena.

ANEXO 2 - PROTOCOLO PARA A AQUISIÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS

A precisão dos modelos anatômicos depende da qualidade dos dados obtidos em tomografias ou ressonâncias magnéticas. Para que o protótipo seja o mais fiel possível às estruturas do corpo, é necessário seguir algumas recomendações durante os exames para aquisição de imagens:

- O modelo deve manter-se imóvel durante todo exame;
- Deve haver uma margem de um cm acima e abaixo da área de interesse;
- Usar fatias contínuas ou pequenas sobreposições para tomógrafos helicoidais. Escolha a combinação espaçamento e largura da fatia adequada ao aparelho utilizado e ao tamanho da estrutura a ser examinada;
- O exame deve ser completamente arquivado. Não arquivar imagens comprimidas;
- Os dados originais do exame devem ser mantidos nos arquivos da clínica ou hospital até que o Promed confirme o recebimento dos dados;
- Se possível, utilizar marcador radio-opaco à direita da anatomia para confirmar orientação;
- Enviar a fita magnética, disco ótico ou CD para a Promed. Se for possível enviar os arquivos em formato DICOM via internet, entrar em contato previamente.

DADOS PARA O EXAME

FOV	mm – incluir somente estrutura de interesse
Gantry Tilt	zero
Espaçamento	Um mm ou menos
Espessuras das fatias	um mm ou menos
Algoritmo	Tecido – não osso ou detalhes
mA/KVP	200-150 mA/120 KVP - pequenas variações*
Pitch	1:1

*baixo mA para estruturas ósseo, alto mA para incluir tecidos.

ANEXO 3 - TÉCNICA HISTOLÓGICA DE ROTINA (DEPARTAMENTO ZOOLOGIA UFRGS)

Realizada no laboratório de Carcinologia UFRGS.

Descalcificação

- Pré-fixação: álcool 70% (frasco de 50 ml);
- Fixação: Bouin (24H) (frasco de 50 ml);
- Fixador Bouin 10%;
- 75 ml ácido pícrico (pó) +25 ml formol 40% + 5 ml ácido acético glacial.

Se a solução for preparada para estoque, prepara-la sem o ácido acético, sendo acrescido no momento do uso.

- Água corrente (24H) (frasco de 50 ml);
- Álcool 70% (24H) (frasco de 50 ml);
- Água corrente (1H) (frascos de 50 ml);
- Descalcificador – EDTA 10% (tempo indeterminado) (de preferência frasco de 100 ml) +EDTA 10%: 10g EDTA + 100ml de água destilada.

OBS: O tempo no descalcificador depende do tamanho da peça, quantidade de descalcificador, tamanho do frasco e estágio de desenvolvimento do animal (+ ou – quitina). Deve-se, então, com uma pequena agulha, tentar perfurar o material; caso isso ocorra sem nenhuma obstrução, o material está descalcificado.

- Água corrente (24H) (frasco de 50 ml).

Nesse momento, o material pode ser estocado em álcool 70%.

- Eosina (10min) (frasco de 10 ml).

OBS: O material é imerso em eosina, a fim de que possa ser visualizado no momento da inclusão.

Desidratação I (frasco de 50 ml para peças grandes, e para peças menores diminuir os tempos pela metade):

- Álcool 96%I (30min);
- álcool 96%II (30min);
- clorofórmio usado I (20min);
- clorofórmio usado II (20min);
- clorofórmio novo I (20min);
- clorofórmio novo II (20min).

Neste momento, a técnica pode ser interrompida colocando-se o material em parafina (10min).

- Inclusão;
  parafina I (1h)
  parafina II (1h)
  parafina III (1h)
- Cortes.

O material é cortado em micrótomo na espessura de 7-8 micras, sendo os cortes colocados em banho-maria. As lâminas são impregnadas com albumina e os cortes são coletados e as lâminas são colocadas na estufa até secarem (mínimo de 48 h na estufa).

Desparinificação

- xilol I (8min);
- xilol II (8min);
- álcool 100% I (1min);
- álcool 100% II (1min);
- álcool 96% I (1min);
- álcool 96% II (1min);
- água destilada (2-3 mergulhos).

Corantes + Desidratação II

- hematoxilina de Harris ou de Mayer (7min);
- água corrente (no mínimo 20min)
- água destilada (banho-maria)
- eosina (5min);
- álcool 96% I (1min);
- álcool 96% II (1min);
- Álcool 96% III (1min);
- Álcool 100% I (1min);
- álcool 100% II (1min);
- xilol puro (2min);
- xilol usado (até retirar os artefados);
- bálsamo do Canadá (filete).