

**Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**

“Avaliação das características de três materiais de baixo custo utilizados na confecção de órtese para estabilização de punho”

Naya Prado Fernandes Francisco

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

São José dos Campos
2004

**Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**

“Avaliação das características de três materiais de baixo custo utilizados na confecção de órtese para estabilização de punho”

Naya Prado Fernandes Francisco

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientadores: Prof. Dr. Paulo David de Castro Lobo
Prof^a. Dra. Viviane Santalucia Maximino

São José dos Campos
2004

F893a

Francisco, Naya Prado Fernandes.

Avaliação das características de três materiais de baixo custo utilizados na confecção de órtese para estabilização de punho / Naya Prado Fernandes Francisco. São José dos Campos: Univap, 2004. 63 p.: il.; 31cm.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

1. Órteses 2. Materiais 3. Terapia Ocupacional I. Lobo, Paulo David de Castro, Orient. II. Maximino, Viviane Santalucia, Orient. III. Título

CDU: 615.851.3

Autorizo exclusivamente para fins acadêmicos e científicos a reprodução parcial ou total desta dissertação, por processo fotocopiador ou transmissão eletrônica.

Assinatura da Aluna:

Data:

“Avaliação das características de três materiais de baixo custo utilizados na confecção de órtese para estabilização de punho”

Naya Prado Fernandes Francisco

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Rosé Colom Toldrá (UNIVAP) _____

Prof. Dr. Paulo David de Castro Lobo (UNIVAP) _____

Prof^a. Dra. Viviane Santalucia Maximino (UNIVAP) _____

Prof^a. Dra. Cristina Yoshie Toyoda (UFSCar) _____

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco
Diretor do IP&D - UNIVAP
São José dos Campos, 18 de março de 2004.

*Dedico este estudo ao Curso de Terapia Ocupacional
como estímulo à busca de novos caminhos.*

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Paulo David de Castro Lobo pela disponibilidade e paciência.

À querida Prof^a. Dra. Viviane Santalucia Maximino pelo incentivo, sincera amizade e carinhoso entusiasmo e, principalmente, pela confiança no meu trabalho.

À banca examinadora, Prof^a. Dra. Cristina Yoshie Toyoda e Prof^a. Dra. Rosé Colom Toldrá por se disporem a avaliar este estudo e pelo carinho com o qual acolheram este desafio.

Ao Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica e diretor da Faculdade de Ciências da Saúde pelo convite, que na verdade foi um presente, a ser mestranda do programa, possibilitando assim minha permanência na Universidade.

À Sra. Nídia Lúcia Domingues, secretária da direção da Faculdade de Ciências da Saúde, pelas palavras de incentivo e pela amizade sincera.

À Sra. Maria Silvia de Moraes, secretária do curso de Terapia Ocupacional da Faculdade de Ciências da Saúde, meu agradecimento pelo carinho materno e por sempre plantar dentro de mim a esperança de que tudo vai dar certo.

Ao Sr. Adair Alves Fernandes pelo empréstimo do laboratório, pela grande ajuda no desenvolvimento da idéia inicial deste estudo e pelas conversas animadas no fim da tarde.

Às bibliotecárias Rosângela R. C. Taranger e Rúbia Gravito Gomes pela revisão editorial desta pesquisa.

À querida Prof^a Fernanda Possa da Silva, precursora desta linha de pesquisa dentro do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Univap.

À querida colega, terapeuta ocupacional, Prof^a Cristiane Kroll Lindemayer que mesmo preocupada com a própria dissertação e com a pequena Julia que acaba de chegar, me auxiliou em questões referentes às órteses e à metodologia.

À colega, há muitos anos querida, Prof^a Márcia de Oliveira Novaes pela compreensão e preocupação.

Aos funcionários da Faculdade de Ciências da Saúde, Ivanilda Bitencourt de Almeida, Gerson Santos e Alessandro Okamoto, 'companheiros de lanche' e responsáveis pelos meus momentos de descontração.

Às secretárias do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento pela competência e disponibilidade.

Ao amigo Flávio Bissoli, sempre disposto a nos socorrer.

Às antigas e às novas amigas concretizadas durante o programa.

Ao Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco, Diretor do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento por abrir as portas da pesquisa à Terapia Ocupacional.

À Universidade do Vale do Paraíba pelo auxílio financeiro no decorrer do programa.

A minha 'Grande Família' (mãe, pai, vó, Cayo e Ricca) que sempre festeja comigo as minhas conquistas e em especial minha mãe, pois sem a sua imensurável ajuda este trabalho não teria sido concluído.

E principalmente a Deus, grande responsável por tudo isso...

“Se uma estrela te atrai, segue-a mesmo que ela te leve a um pântano e tenha certeza de que dele sairás, pois se assim não o fizeres, levarás por toda a vida a impressão de que aquela era a tua estrela...”

(FINGER, 1986)

Resumo

Este estudo teve por objetivo avaliar as características de três materiais de baixo custo utilizados na confecção de órteses para estabilização de punho. Pretendeu-se verificar se tais materiais poderiam ser uma alternativa aos termoplásticos, material geralmente utilizado, porém de alto custo. Foram avaliados o polietileno tereftalato (PET) pós-consumo, a atadura gessada rápida e a atadura gessada rápida com resina de fibra de vidro. Os critérios para avaliação foram selecionados a partir das atividades cotidianas do paciente usuário do dispositivo e incluem dez itens: resistência aos procedimentos de higienização, resistência ao calor, peso, conformabilidade, formação de pontos de pressão, facilidade na confecção, tempo para confecção, remodelagem, durabilidade e custo. Os resultados obtidos durante as avaliações demonstraram que o polietileno tereftalato pós-consumo apresentou melhor desempenho na maioria dos critérios selecionados.

Palavras-chave: Órtese, Avaliação de material, Terapia Ocupacional.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate three low-cost materials used in the Cock-up wrist splinting. It was intended to verify if such materials could be an alternative to the thermoplastics, generally used, even so expensive. Had been evaluated the polyethylene terephthalate (PET) post-consume, the plaster of Paris and the plaster of Paris with fiberglass resin. The criterions for analysis was selected among daily activities of splint users and included ten items: hygiene proceeding resistance, heat resistance, weight, conformability, development of pressure points, fabrication facilities, time expending to fabrication, reusability, durability and cost. The results gotten during the evaluating had demonstrated that the polyethylene terephthalate post-consumer followed the majority of the previous selected criterions.

Key words: Orthosis, Splint, Material evaluation, Occupational Therapy.

Sumário

1. Introdução	01
2. Revisão Bibliográfica	06
2.1. Órteses	06
2.1.1. Definição, Classificação e Função	06
2.1.2. Nomenclatura	10
2.1.3. Evolução histórica	12
2.2. Materiais utilizados na confecção de órtese	18
2.2.1. Os termoplásticos	18
2.2.2. Outros materiais utilizados	21
2.3. Materiais alternativos	26
2.3.1. Polietileno tereftalato	27
2.3.2. Atadura gessada rápida	30
2.4. Os Plásticos	31
2.4.1. A Reciclagem	32
2.5. Avaliação das propriedades materiais	35
3. Material e Métodos	37
3.1. Materiais	39
3.2. Método	40
3.2.1. Protocolo de Confecção para Órtese de Posicionamento de Punho - <i>Cock up</i>	40
3.2.2. Itens selecionados	46
4. Resultados e Discussão	51
5. Considerações Finais	55
Referências Bibliográficas	58

Lista de Figuras

Figura 1	- Órtese para imobilização em extensão, datada de 2750-2625 a.C. _____	13
Figura 2	- <i>Appliances for crooked arms</i> - Ferramenta para braços deformados _____	14
Figura 3	- Órteses baseadas em armaduras desenvolvidas no século XVI__	15
Figura 4	- Órteses para imobilização de punho em extensão. A) 1886 e B) 1908 _____	16
Figura 5	- Órteses para imobilização de punho em flexão. A) 1880, B) 1886 e C) 1908 _____	16
Figura 6	- Três tipos de <i>Poroplast®</i> - a) Grande(10 mm); b) Médio (5,5 mm) e c) Pequeno (4,5 mm) _____	21
Figura 7	Órtese para membro superior confeccionada com <i>Pergamum®</i> _____	22
Figura 8	- Órtese confeccionada com gesso de Paris _____	23
Figura 9	Gesso sintético sendo molhado para moldagem O terapeuta protege as mãos com luva de látex _____	25
Figura 10	- Unidade repetitiva do polietileno tereftalato _____	28
Figura 11	- Atadura gessada rápida _____	30
Figura 12	- Órtese confeccionada com PET pós-consumo _____	37
Figura 13	- Modelo de órtese <i>Cock-up</i> _____	38
Figura 14	- Contorno da mão _____	41
Figura 15	- Marcação das articulações MCF e da base do polegar _____	41
Figura 16	- Molde da órtese sobre desenho da mão do paciente _____	42
Figura 17	- Garrafa PET indicando os locais a serem cortados _____	42
Figura 18	- Tubo obtido com o corte da parte superior e inferior da garrafa _____	43
Figura 19	- Sentido em que o molde deve ser desenhado para ser recortado _____	43
Figura 20	Corta-se o molde com cuidado para não desprender o gesso _____	44

Lista de Tabelas

Tabela 1	- Segmentação do mercado de materiais de embalagem no Brasil (mil toneladas)	29
Tabela 2	- Escala gradativa de avaliação do item facilidade de confecção	48
Tabela 3	- Resultados obtidos nas avaliações dos materiais	51

Abreviações e Símbolos

- ® - Marca registrada
- a.C. - Antes de Cristo (calendário cristão)
- cm - Centímetros
- C1 - Custo do material utilizado
- C2 - Custo da mão-de-obra do terapeuta
- COM - Movimentação Passiva Contínua
- d.C. - Depois de Cristo (calendário cristão)
- FCS - Faculdade de Ciências da Saúde
- FES - Estimulação Elétrica Funcional
- INPM - Instituto Nacional de Pesos e Medidas
- M - Valor do material utilizado
- MCF - Articulação metacarpofalangeana
- PEAD - Polietileno de Alta Densidade
- PEBD - Polietileno de Baixa Densidade
- PET - Polietileno Tereftalato
- PVC - Policloreto de Vinila
- R - Valor calculado da mão-de-obra do terapeuta
- T1 - Tempo para confecção com a presença do terapeuta
- T2 - Tempo de confecção sem a presença do terapeuta

1. Introdução

Ao ler um 'guia de sobrevivência' à elaboração de uma tese, deparei-me com a seguinte frase:

“Supomos que toda dissertação, toda tese, tenha uma história. Esta história é construída a partir das mil definições do objeto, das mudanças de perspectiva, das indecisões, dos cenários novos, da coisa mais recente que se leu sobre o assunto, das inseguranças sobre tudo que não foi lido, da ‘paranóia’ sobre a qualidade do escrito, das vontades de rasgar tudo e recomeçar, dos ataques de inspiração e da falta dela. Enfim, uma diversidade de estados de espírito que, por si só, merece uma tese” (FREITAS, 2002, p.13).

Ultrapassada esta fase, retomei o tema que me motivou nos últimos anos. O interesse pelo direito de acesso das pessoas a um tratamento digno levou-me a optar por uma área de pesquisa que atribuísse relevância à tentativa de solucionar incapacidades físicas por meio da utilização de materiais de baixo custo que contribuíssem, de certa forma, para a sua inclusão social.

Sabemos que, infelizmente, nem todos nascem ou se mantêm por toda a vida com as habilidades funcionais dos membros superiores em condições adequadas, sendo que este fato pode interferir na execução das atividades cotidianas e levar estes indivíduos a não executá-las ou a fazê-las de maneira ineficiente, ou seja, o membro doente, lesado ou traumatizado perde sua capacidade funcional e resulta na perda da função do próprio indivíduo como relatam Elui *et al* (2001). Shah e Shah (2000) afirmam que as afecções da mão são mais comuns que em qualquer outra parte do corpo. Estas limitações, entretanto, têm sido objeto de pesquisa em diversas áreas, assim como também é expressivo o desenvolvimento de técnicas tendentes a minimizá-las e a inserir seus portadores nas atividades cotidianas, sociais e familiares básicas.

Embora se reconheça a importância da tecnologia no diagnóstico e acompanhamento de portadores de limitações, é imprescindível ressaltar que o trabalho de reabilitação desenvolvido por profissionais especializados torna-se cada vez mais indispensável e fundamental. Neste sentido, Pessini e Ferrari (2001) admitem que a proposição de

uma visão ampla relativamente à abrangência das ações no processo de reabilitação está presente em diversos campos, fazendo interface com várias áreas do conhecimento como a Terapia Ocupacional, Fisioterapia, Psicologia, entre outras.

A Terapia Ocupacional, particularmente, intervém de forma positiva nessa realidade, na medida em que objetiva a reabilitação dos pacientes portadores de deficiências físicas, promovendo sua autonomia e independência. Como afirma Ciasca (2001) o papel principal da Terapia Ocupacional é “auxiliar as pessoas a identificar, construir, reconstruir ou ressignificar as ocupações cotidianas responsáveis por seu bem estar e seu desenvolvimento”.

Para Pessini e Ferrari (2001)...

“...reabilitar é compreender que não basta modificar, melhorar, tratar aquele que se nos apresenta como cliente, mas envolve uma busca constante pela transformação social, de modo que todos possam, efetivamente ser considerados membros da sociedade, como preconizam os princípios da inclusão social. Reabilitar é pensar na problemática da pessoa a ser reabilitada como questão essencial à prática da saúde. Portanto, implica em não fragmentar a pessoa, dividi-la, parcelá-la, ou seja, transformá-la em órgãos e funções em nome da racionalidade. A ciência não pode estar isenta da humanidade”(p. 349).

Um dos recursos utilizados na busca da reabilitação e da melhoria da qualidade de vida destes indivíduos é a confecção de órteses, que são

dispositivos utilizados quando se busca prevenir deformidades, limitar movimentos ou estabilizar articulações, facilitando, assim, a capacidade de manipular objetos, ação fundamental para a execução de atividades da vida diária das pessoas portadoras de deficiência.

Várias áreas do conhecimento trabalham com a questão da reabilitação de pessoas com incapacidades físicas e entre elas encontramos a Engenharia de Reabilitação, sub área da Engenharia Biomédica que se propõe a pesquisar e desenvolver métodos, técnicas e instrumentos que contribuam para a melhoria da qualidade de vida e possibilitem a independência, a produtividade e a integração social de pessoas com deficiência neurológica ou músculo-esquelética, onde se destacam as órteses como instrumento de reabilitação.

É sabido que as órteses, dada a sofisticação tecnológica na sua confecção, não são acessíveis a todos os pacientes que poderiam se beneficiar delas, principalmente devido ao elevado custo do produto. Atualmente são confeccionadas com material termoplástico, importado, cujo preço se altera conforme a cotação do dólar. Ao mesmo tempo, é notório que no Brasil o desperdício de materiais passíveis de reciclagem é muito grande, principalmente os resíduos de embalagens plásticas, embora sua reciclagem seja de larga utilidade.

Diante destas considerações, inicialmente este estudo teve por objetivo verificar a possibilidade da utilização do polietileno tereftalato (PET) pós-consumo para fabricação de órteses. Para tal, foi criada uma placa de polietileno tereftalato a partir de dez garrafas moídas e aquecidas em uma fôrma de teflon em estufa a 280° C, conforme protocolo elaborado por Ungari (1999). Neste procedimento, após 20 minutos de aquecimento para que a história térmica prévia¹ do plástico seja apagada, e posterior resfriamento, obteve-se uma placa de PET que se mostrou inadequada ao objetivo até então desejado. A placa tornou-se rígida, impossibilitando nova moldagem e impedindo a sua utilização para a confecção de órteses.

A partir desta tentativa pensou-se então em avaliar as órteses de PET, já confeccionadas em algumas instituições, como por exemplo, na Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCCamp) e na Universidade de Sorocaba (UNISO). Estas órteses são moldadas a partir da garrafa recortada, sem necessidade de derretimento do material. A questão a ser investigada é se o material utilizado nestas órteses teria as características necessárias para se constituir em uma alternativa aos termoplásticos. Além disso, decidiu-se testar, além do PET, outros tipos de materiais alternativos utilizados atualmente.

Nesta nova etapa da pesquisa, o objetivo geral imediato foi encontrar um material de baixo custo alternativo aos termoplásticos para a confecção de órteses, levando-se em conta a demanda de pacientes de baixa renda atendidos nos serviços de saúde e o objetivo específico foi verificar as características de três materiais alternativos de baixo custo que foram utilizados na confecção de uma órtese funcional para estabilização de punho (*Cock-up*) - o polietileno tereftalato (PET) pós-consumo, a atadura gessada rápida e a atadura gessada rápida impermeabilizada com resina de poliéster.

¹ Todo e qualquer processamento térmico e/ou mecânico sofrido pelo material (HATAKEYAMA; QUINN, 1994).

Estes objetivos vêm ao encontro de princípios pessoais tidos como essenciais à efetivação da cidadania – (a) o direito ao acesso universal à qualidade de vida, (b) a harmonização entre a busca da satisfação profissional e a aplicação do conhecimento técnico em favor do próximo e (c) o respeito ao meio ambiente. Esta proposta, na verdade busca materializar o conceito de que o desenvolvimento técnico só atinge a sua plenitude na medida em que, direta ou indiretamente, põe-se a serviço da minimização da exclusão social.

Na busca da implantação destes três princípios, o fator econômico foi decisivo para a escolha do objeto deste estudo que tem por foco a população de baixa renda que não encontra resposta imediata a sua necessidade de reabilitação nos serviços de saúde. Isso se deve ao fato de que é sabido que o mercado atende satisfatoriamente os pacientes que dispõem de condições financeiras para aquisição de produtos elaborados com alta tecnologia, o que exclui basicamente a população que se beneficiaria do objeto alvo deste estudo, regra geral dependente da atuação social dos sistemas de saúde.

A importância deste trabalho, do ponto de vista institucional, é a demonstração de que a pesquisa acadêmica pode e deve oferecer à sociedade um retorno do conhecimento técnico oferecido pela Universidade.

O capítulo seguinte deste estudo traz uma revisão bibliográfica referente às órteses, sua evolução histórica e aos materiais atualmente utilizados e os selecionados para a pesquisa, dando importância também à reciclagem de materiais plásticos.

Os materiais e métodos utilizados para a realização desta pesquisa são apresentados no terceiro capítulo.

O estudo é finalizado no quarto e quinto capítulos nos quais são apresentados, respectivamente, os resultados em conjunto com a discussão e as considerações finais.

Revisão Bibliográfica

2.1. Órteses

2.1.1. Definição, Classificação e Funções

Órteses, *splints* ou férulas são dispositivos aplicados aos membros (superiores ou inferiores) para obtenção de determinadas funções (ELUI *et al*, 2001).

A palavra órtese vem do grego “*orthósis*” que significa estabilizar-se, ajeitar-se. Sauron (1998) define as órteses como “dispositivos exoesqueléticos que, aplicados a um ou vários segmentos do corpo, têm a finalidade de mantê-lo na postura mais correta, buscando sempre uma posição funcional”. Segundo Trombly (1989), as órteses também são utilizadas para substituir um poder motor ausente, para restaurar uma função, ajudar músculos fracos, imobilizar uma parte ou corrigir deformidades.

Elui *et al* (2001) descrevem que entre as principais funções de uma órtese, podemos destacar as possibilidades de estabilizar ou promover o repouso das articulações, tendões, ligamentos e músculos; manter um determinado alinhamento ósseo; evitar deformidades e contraturas em posição viciosa; evitar movimentos indesejados; reduzir gradativamente contraturas, a fim de aumentar a amplitude de movimento articular; promover o alongamento muscular e das partes moles; substituir a função muscular perdida ou debilitada; manter as melhoras conseguidas através de manipulações cirúrgicas, corretivas ou outros processos reconstrutivos; aliviar a dor; simular resultados cirúrgicos e restaurar a função e também atuar no manuseio de cicatrizes pós-cirúrgicas.

Dentre os 25 objetivos de uma órtese citados por FESS (2002) como tendo sido encontrados em uma pesquisa histórica, apenas seis razões para sua aplicação permanecem citadas há mais de 50 anos: 1) aumentar a função, 2) prevenir deformidades, 3) corrigir deformidades, 4) proteger cicatrizes, 5) limitar movimentos e 6) permitir crescimento e reconstrução tecidual.

Para Luzo (2002) a função essencial da órtese é otimizar o aparelho locomotor, através das forças externas que exerce para influenciar a mobilidade articular.

As órteses representam um recurso importante em Terapia Ocupacional, pois auxiliam na obtenção dos resultados mais precoces, abreviam o tempo de tratamento, reduzem o estresse dos tecidos, restauram e/ou aumentam a função dos membros. Existem quatro circunstâncias, propostas por Xenard *et al* (1994), em que as órteses podem ser indicadas: na presença da dor; na instabilidade de uma estrutura anatômica; na limitação de amplitude articular e na presença de lesões cutâneas como edemas, cicatriz hipertrófica, retração cutânea, etc.

Historicamente, as órteses para membros superiores eram classificadas de acordo com o objetivo, configuração, tipo de força aplicada, material ou área anatômica (ELUI *et al*, 2001). Uma das classificações mais utilizadas hoje em dia, segundo os autores citados, é a que agrupa as órteses quanto às características mecânicas, resultando em duas subdivisões: órteses estáticas e órteses dinâmicas:

- Órteses estáticas: evitam o movimento e são utilizadas para imobilizar ou estabilizar as articulações, proporcionando repouso articular, diminuindo processos inflamatórios e dolorosos, promovendo posicionamento para prevenir deformidades esqueléticas, substituindo funções musculares, protegendo estruturas reparadas e permitindo que tecidos se adaptem a sua nova função.
- Órteses dinâmicas: são também chamadas de órteses cinéticas, promovem ou iniciam movimento passivo em uma direção e são utilizadas para aplicar uma força de deformação através da tração intermitente a uma articulação, com o objetivo de alongar e deformar os tecidos moles para restaurar o arco de movimento articular (tecido cicatricial, retrações tendíneas), substituir força muscular ausente ou fraca, buscando sempre manter o equilíbrio muscular.

Esse tipo de órtese pode possuir uma fonte de energia autônoma gerada por baterias ou eletricidade, como nas máquinas de movimentação passiva contínua (CPM), nos aparelhos de estimulação elétrica funcional (FES) e nas órteses elétricas. As órteses dinâmicas mais conhecidas utilizam energia mecânica associada, gerada pela força de tensão de bandas elásticas, molas ou cordas elásticas.

Luzo (2002) também considera uma terceira subdivisão - as órteses articuladas:

- Órteses articuladas: são assim classificadas por possuírem um componente móvel posicionado paralelamente ao eixo da articulação. Permitem a mobilidade, gradação do arco do movimento e o travamento da dobradiça em diferentes graus de amplitude.

Sauron (1998) indica órteses estáticas nos casos em que haja a necessidade de:

- Imobilizar ou limitar a atividade da articulação com o objetivo de colocar a mão e o punho em posição que limite movimentos indesejáveis;
- Posicionar e manter o alinhamento adequado das articulações;
- Prevenir o aparecimento de deformidades que podem se desenvolver por uma variedade de fatores, entre eles a espasticidade, o posicionamento inadequado do membro superior, lesões na pele e tecidos profundos.
- Manter a amplitude articular obtida através de exercícios específicos;
- Estabilizar e/ou posicionar uma ou mais articulações.

Para a autora, as órteses dinâmicas se limitam a situações em que é necessário:

- Neutralizar a progressão de forças de deformação devido a desequilíbrio muscular, através de estiramento suave e constante;
- Possibilitar a manutenção da força da musculatura normal e estimular o fortalecimento da musculatura fraca;
- Corrigir deformidades causadas por desequilíbrio muscular, através de tração suave e constante.

Pinto (1999) relata que a busca por soluções que visam restaurar a capacidade funcional da mão não é nova. Vários dispositivos, como adaptações, equipamentos de eletroestimulação e de transmissão de ondas, vêm sendo desenvolvidos e/ou aperfeiçoados por profissionais da área de reabilitação (Fisioterapeutas, Terapeutas Ocupacionais e Engenheiros Biomédicos) para atendimento daquele objetivo.

2.1.2. Nomenclatura

A literatura científica não é consensual quanto à nomenclatura mais adequada para identificar um tipo de órtese. Segundo McKee e Morgan (1998) vários autores e várias organizações já propuseram muitos sistemas de classificação. O sistema mais simples é o que identifica somente as articulações envolvidas ou regiões anatômicas.

Pode-se considerar as seguintes classificações:

1) De acordo com as articulações envolvidas:

- AFO: *ankle-foot orthosis* (órtese de pé e tornozelo);
- WHO: *wrist hand orthosis* (órtese de punho e mão);

- CMC: carpo-metacarpal, entre outras.

2) Quanto à função que exercem:

- Órtese para estabilização de punho;
- Órtese extensora de joelho;
- Órtese abduutora do polegar, etc.

3) Como homenagem ao seu idealizador:

- VRSLO: *Vanni-Rizzoli Stabilizing Limb Orthosis*.

Luzo (2002) afirma que a cascata descritiva é a forma mais utilizada por aqueles que confeccionam órteses sob medida.

“A descrição dos posicionamentos desejados permite a quem confecciona atender às necessidades mecânicas individuais por entender de forma clara as prescrições. Um exemplo desta descrição é mencionar da seguinte forma: órtese para imobilizar a articulação do punho na direção da extensão, de moldagem ventral para posicionamento. Essa descrição equivale a WHO (wrist-hand orthosis), cock-up splint ou estabilizador de punho” (LUZO, 2002, p.03).

Em 1987, Fess e Philips propuseram um sistema de classificação que designava as órteses de acordo com as questões: ‘como?’, ‘onde?’ e ‘por que?’ (McKEE; MORGAN, 1998).

Lima *et al* (2002) relatam que em 1991 a Sociedade Americana de Terapeutas da Mão (ASHT) adotou um novo sistema de classificação para órteses de membro superior, o *Splint Classification System*, que se fundamenta em quatro características:

- 1) Área anatômica (articulações e segmentos envolvidos pela órtese);

- 2) Direção cinemática (movimento das articulações ou segmentos – flexão, extensão, abdução, etc.);
- 3) Objetivo principal (ao que a órtese se propõe: imobilizar, movimentar ou restringir);
- 4) Inclusão de articulações secundárias (número de articulações em um padrão longitudinal que se inclui na órtese, porém não se considera o lugar articular principal).

Nesta quarta característica, a classificação refere-se ao número de articulações secundárias envolvidas, assim, a órtese pode não incluir nenhuma articulação secundária e ser considerada do tipo 0, pode apresentar apenas uma articulação secundária, sendo do tipo 1, duas articulações, do tipo 2, e assim por diante (LIMA *et al*, 2002).

A não uniformidade da terminologia utilizada, como afirmam McKee e Morgan (1998), é uma barreira existente entre os profissionais de saúde.

2.1.3. Evolução histórica

“Aqueles que ignoram o passado, inevitavelmente o recriam”.
(FESS, 2002)

A órtese, como um dispositivo, não representa propriamente uma novidade. Entretanto, os profissionais que a utilizam, de regra desconhecem sua história e sua evolução, restringindo sua compreensão apenas àquilo que faz parte de seu dia-a-dia, num inquestionado uso do dispositivo.

A revisão de literatura produzida por Fess (2002) busca identificar os fatores históricos primários que permitiram a evolução das técnicas

hoje utilizadas pelos profissionais da área, embora os conceitos e a prática que envolvem as órteses possuam uma história não documentada. Existem na literatura científica mais de novecentas referências específicas sobre desenho, técnica e aplicação, mas poucos autores se animam a desenvolver a evolução histórica destes dispositivos.

Historicamente, as órteses eram utilizadas no tratamento de fraturas desde o Egito Antigo, confeccionadas com folhas e casca de árvores, cana e bambu (figura 1), sejam para emprego em vida ou após a morte, como demonstram avaliações de algumas múmias. As órteses de *Copper* eram utilizadas, por volta de 1500 a.C., no tratamento de queimaduras e Hipócrates (460 – 367 a.C.) usava órteses, compressas e bandagens para imobilizar fraturas.

Este período, salvo algumas exceções, foi praticamente estéril de qualquer progresso. O declínio da civilização romana e da Alexandria, a propagação do misticismo oriental e a influência da cultura árabe resultaram em degradação religiosa, política e moral (SAURON, 1998).



Figura 1: Órtese para imobilização em extensão, datada de 2750 -2625 a.C. encontrada em múmias.

Com o advento da pólvora e seu uso bélico, outras técnicas para fabricação de armaduras foram desenvolvidas objetivando a proteção dos combatentes. Assim, com as batalhas se desenrolando em novas condições, as órteses também se adaptaram aos novos tempos, passando-se a utilizar parafusos e roscas – as denominadas “*appliances for crooked arms*”, ferramentas para braços deformados (figura 2).

Ambroise Paré (1509 – 1590) é considerado pioneiro na arte de confecção de órteses. Um de seus grandes inventos foram os coletes de metal para aplicação em “corpos com curvaturas”, que eram perfurados para diminuir o peso e forrados para evitar escoriações devendo ser trocados periodicamente (SAURON, 1998).



Figura 2: *Appliances for crooked arms – Ferramenta para braços deformados.*

O primeiro manual de órtese foi escrito por volta de 1592 por Hierônimus Fabricius, um cirurgião que desenvolveu uma coleção ilustrada de órteses baseadas em armaduras para o tratamento de contraturas de qualquer parte do corpo humano (figura 3).

Entre os séculos XVIII e XIX os cirurgiões europeus, especialmente franceses e ingleses, trabalharam para desenhar e construir órteses e adaptações com ganchos ou braçadeiras.

Ainda que o gesso de Paris já fosse conhecido dos persas por volta de 970 d.C. como material para imobilização, só em meados do século XIX passou a ser reconhecido na Europa, e mais tarde na América, já que era visto com desconfiança pelos influentes cirurgiões da época devido ao prolongado tempo de confecção e à inadequação do tecido que constituía a gaze.

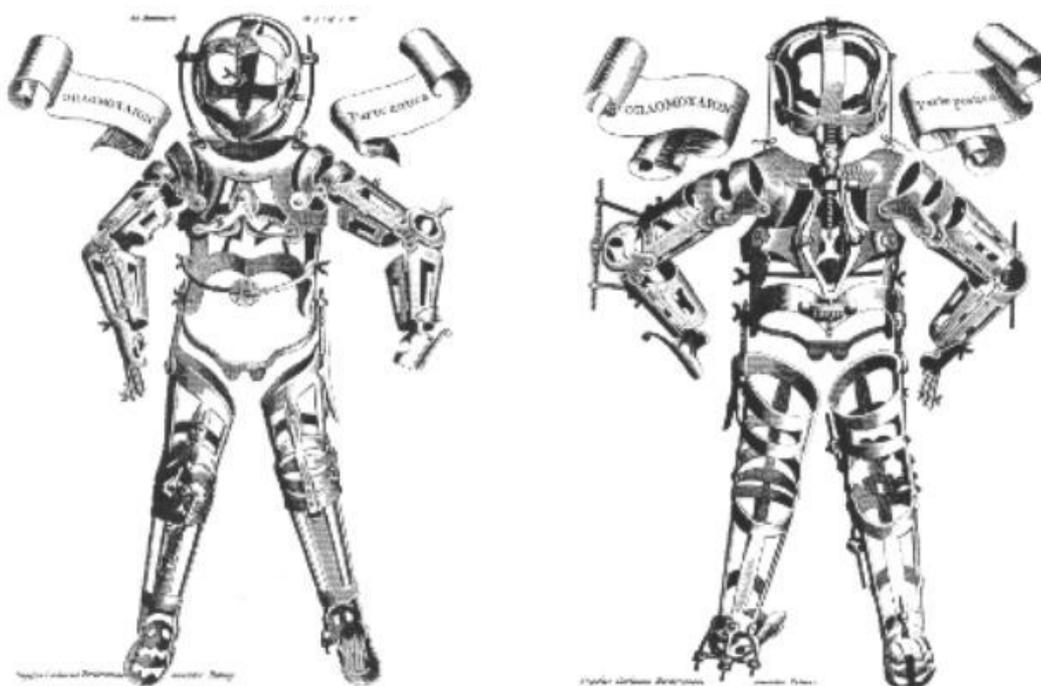


Figura 3: Órteses baseadas em armaduras desenvolvidas no século XVI.

Em 1878 foi publicado por F. Gustav Ernest um livro com descrições e ilustrações de sofisticadas órteses para o tratamento de problemas nos membros superiores, baseadas na combinação de

gatilhos, molas e conjuntos de parafusos. Simultaneamente, progressos foram obtidos por outros especialistas em novas situações, inclusive identificando-se a importância da relação entre a cirurgia e o uso de órtese.

A importância do processo de reabilitação após o tratamento cirúrgico começou a ser reconhecida na América apenas após 1880.

Muito embora a maioria das órteses tenha sido aplicada para obter imobilização, o dispositivo de distração tibial produzido por Hipócrates é um claro exemplo de órtese para mobilização, como relata Fess (2002). Outros exemplos de órteses para mobilização são mostrados nas figuras 4 e 5, com as respectivas datas.

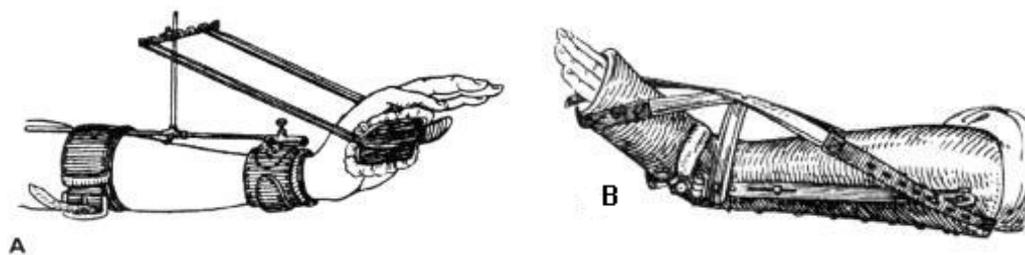


Figura 4: Órteses para mobilização de punho em extensão. A) 1886 e B) 1908.

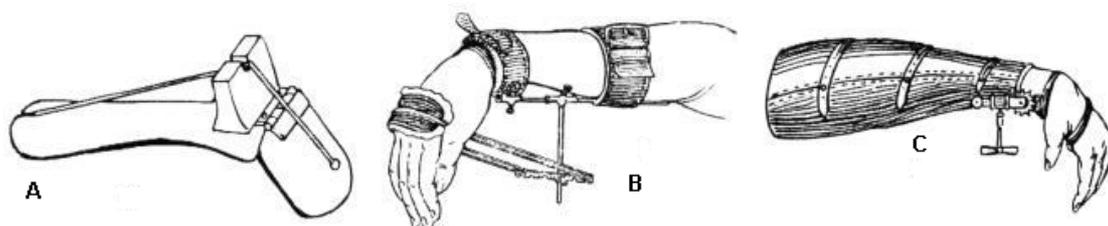


Figura 5: Órteses para mobilização de punho em flexão. A) 1880, B) 1886 e C) 1908.

O desenvolvimento da prática e da teoria na confecção das órteses no século XX foi influenciado por muitos fatores, tais como doenças,

conflitos políticos, avanços médicos e tecnológicos, criação de centros de treinamento e avaliação e disseminação de informações, embora não esteja limitado a estes.

O século XX foi pródigo na identificação de soluções clínicas e terapêuticas para doenças como infecções e poliomielite, por exemplo. Tão devastador quanto as doenças, os conflitos políticos e guerras deixaram um rastro de vítimas ao mesmo tempo em que aceleraram avanços nas áreas médica e tecnológica o que, de forma reflexa, alterou a teoria e a prática das órteses.

Neste mesmo momento há a reorganização de conhecimentos já utilizados em reabilitação nas novas profissões: a Terapia Ocupacional e Fisioterapia para atender o grande número de incapacitados físicos advindos da I e II Guerras Mundiais e abarcar o avanço do conhecimento sobre as práticas médicas.

Relata Fess (2002) que embora a nona parte de todos os ferimentos de guerra envolva a mão e o punho, pouca atenção foi dada ao tema, de acordo com a documentação médica da Guerra Civil Americana (1861 - 1865), o mesmo se dizendo da escassez de menções sobre o tema nos relatos da Primeira Grande Guerra (1917 - 1918). O fato é que a pólvora mudou para sempre o perfil das doenças de guerra pela maciça perda de tecido que provoca, bem como a contaminação com fragmentos ósseos e partículas externas.

Por outro lado, o desenvolvimento da tecnologia aeronáutica trouxe avanços e benefícios indiretos relativamente à aplicação de materiais até então impensáveis para uso em órteses – o alumínio e o plástico.

A partir da Guerra Fria (1947) e da Guerra da Coreia (1950 - 1953), a indústria americana, novamente na esteira do avanço da tecnologia aeronáutica, resgatou para a vida civil a aplicação de materiais cuja finalidade era tida como essencialmente bélica.

Neste passo é importante ressaltar que o desenvolvimento industrial - na indústria automobilística, por exemplo - tem trazido

reflexos na invenção de materiais de grande aplicabilidade na vida civil e, em especial, nas ciências da saúde.

Segundo Capello (2000), há algum tempo atrás utilizavam-se órteses confeccionadas em ferro e aço inoxidável, de fácil obtenção, mas com excessivo peso para o paciente. Em membros superiores geralmente eram utilizados alumínio revestidos por courvim e feltro que, embora leves, não permitiam modelagem satisfatória.

Vários foram os materiais utilizados, ao longo do tempo, na confecção de órteses em geral e, também para membros superiores (folhas, madeira, couro, borracha, metal, gesso de Paris).

Hoje em dia os termoplásticos são os materiais mais utilizados podendo ser associados a outros tipos quando necessário e as técnicas que buscam minimizar o tamanho das órteses estão sendo amplamente desenvolvidas (VAN LEDE, 2002).

Sauron (1998) ressalta que a escolha pelo uso de um ou outro material não deve ser norteadada pela cronologia, mas sim pela disponibilidade ou não de determinado material, devendo a equipe de reabilitação adaptar-se à realidade e cultura da região.

2.2. Materiais utilizados na confecção de órtese

No processo de escolha do material a ser utilizado para confecção da órtese, muitos aspectos, de acordo com Toyofuku (2000), devem ser estudados, e vão desde as possibilidades financeiras do cliente até o tipo de doença e o tipo de órtese indicada.

Entre os materiais existentes, os mais utilizados são os termoplásticos. Existem também outros materiais como o gesso de

Paris, a atadura ortopédica sintética, *Poroplast*®, *Pergamum*® e materiais alternativos².

2.2.1. Os Termoplásticos

Os plásticos são divididos em dois grandes grupos, de acordo

² Dentre os materiais utilizados neste estudo, optou-se também pelo PET, um material passível de reciclagem visto que este é um tema atual e de grande importância para a conservação do meio ambiente.

com as suas características de fusão³ e derretimento: os termoplásticos e os termofixos.

Os termoplásticos são plásticos que amolecem e se fundem ao serem aquecidos, podendo ser moldados. Solidificam com o resfriamento, tornando-se plásticos rígidos. Este processo pode ser repetido várias vezes, o que faz deste tipo de plástico um material altamente reciclável. Os termoplásticos correspondem a 80% dos plásticos consumidos mundialmente. Entre eles, destacam-se o policloreto de vinila (PVC), o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o polietileno tereftalato (PET).

Atualmente, com as exigências estéticas e biomecânicas, os materiais utilizados na confecção das órteses incluem os termoplásticos de baixa, moderada e alta temperatura.

Os termoplásticos de baixa temperatura são os mais utilizados na clínica terapêutica. São plásticos importados, comercializados em placas de 46 cm x 61 cm (MN IMPORTAÇÕES, 2002), que amolecem após aquecimento em água (entre 60 °C e 77 °C). Estes termoplásticos são moldados diretamente sobre a pele do paciente e necessitam de poucos minutos para resfriar e tornarem-se plásticos rígidos e resistentes.

Segundo Trombly (1989), os termoplásticos de temperatura moderada são aquecidos em temperatura entre 77 °C e 107 °C, em forno ou em água quente e podem ser moldados diretamente no paciente com proteção de uma manta tubular.

Os termoplásticos de alta temperatura são moldados após aquecimento em forno ou estufa, em temperatura média de 250 °C. Devido à alta temperatura para moldagem, os plásticos são

³ Ato ou efeito de fundir ou fundir-se; derretimento pela ação do calor; passagem de uma substância, ou mistura, da fase sólida para a líquida (FERREIRA, 1999).

conformados em um molde positivo confeccionado em gesso. Este trabalho geralmente é feito por uma oficina especializada.

Para Canelón (1995), os termoplásticos de moderada e de alta temperatura não são uma boa escolha quando o que se busca é o baixo custo do dispositivo. A exigência de ferramentas adequadas e a necessidade do molde positivo acabam por tornar o processo de confecção longo e complexo.

Além destas classificações, os termoplásticos de baixa temperatura são encontrados no mercado em diferentes espessuras que variam de 1,6 mm até 4,8 mm (SAMMONS PRESTON, 2003), em diferentes graus de resistência ao estiramento (mínimo, moderado e máximo) e com composições à base de borracha (Ezeform®), à base de plástico (Polyform®) ou com base elástica (Aquaplast®).

Os termoplásticos têm uma grande variedade de características. Para se fazer a escolha do melhor material a ser usado é preciso compreender as características de cada um deles. Os fatores mais importantes a serem considerados são o controle (ou resistência ao estiramento), ajuste na moldagem, caimento, memória, rigidez, aderência e acabamento superficial (MN IMPORTAÇÕES, 2002).

A grande desvantagem dos materiais termoplásticos é o preço. A placa de termoplástico Ômega Plus®, por exemplo, de 46 cm x 61 cm é encontrada no mercado por R\$142,00⁴ (MN IMPORTAÇÕES, 2002). Uma placa com tais medidas possibilita a confecção de seis órteses modelo *Cock-up*.

SILVA (2001) conclui em seu estudo que os termoplásticos disponíveis no mercado apresentam custo financeiro alto, pois dependem de importação e, por conseqüência, seu acesso está limitado aos pacientes e aos profissionais que apresentam condições sócio-econômicas adequadas.

⁴ Valor pesquisado em novembro de 2003.

Além dos termoplásticos já tradicionalmente utilizados outros materiais têm sido desenvolvidos conforme verificou-se na revisão bibliográfica da produção científica publicada no período entre 1993 e 2004, adiante descrito.

2.2.2. Outros materiais utilizados

Nagata *et al* (1991) afirmam ser o plástico o material mais utilizado na confecção de órteses, embora a falta de ventilação seja um dos principais problemas identificados, principalmente em países como Japão, onde o clima é quente e úmido, especialmente durante o verão. A partir desta identificação os pesquisadores iniciaram um estudo a fim de encontrar um material que permitisse uma boa ventilação e fosse, ao mesmo tempo, confortável.

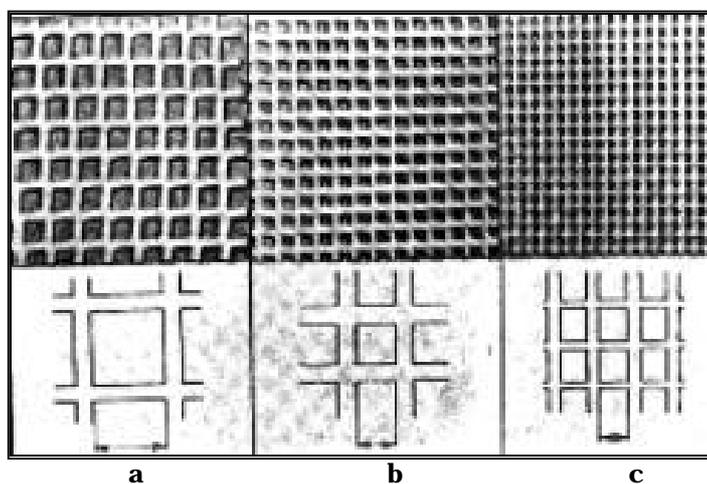


Figura 6: Três tipos de Poroplast® - a) Grande (10 mm); b) Médio (5.5 mm) e c) Pequeno (4.5 mm).

Tais pesquisadores criaram o *Poroplast*®, um material termoplástico constituído de uma rede de tiras de polietileno de alta densidade (PEAD), trançadas entre si. Por ser um material de alta temperatura, necessita de um molde positivo do membro a ser imobilizado. Possui três tipos: grande (*large*), médio (*médium*) e pequeno (*small*), caracterizados pela distância entre as tiras de PEAD (figura 6). As órteses confeccionadas com *Poroplast*® promovem boa ventilação e conforto ao usuário devido ao baixo peso do material. O estudo preliminar contou com 74 voluntários e demonstrou resultados satisfatórios.

Outro material também utilizado na confecção de órteses é o *Pergamum*®. Bell e Graham (1995), insatisfeitos com os materiais disponíveis no mercado para confecção de órteses para neonatos e crianças, desenvolveram uma pasta à base de silicone odontológico. Após a triagem de vários materiais odontológicos comercializados, o *Pergamum Green System*® foi selecionado como a melhor opção, apresentando facilidade na confecção e adaptação a qualquer tipo de órtese.

O *Pergamum*® (figura 7) é o nome fantasia do polisiloxane vinil, um material composto por borracha de silicone utilizado para impressões dentais. É um material firme, embora não seja rígido. A única vantagem do *Pergamum*® sobre os materiais convencionais é o máximo benefício em neonatos e crianças. O material, segundo os autores, não é rígido o suficiente para ser utilizado em crianças mais velhas.

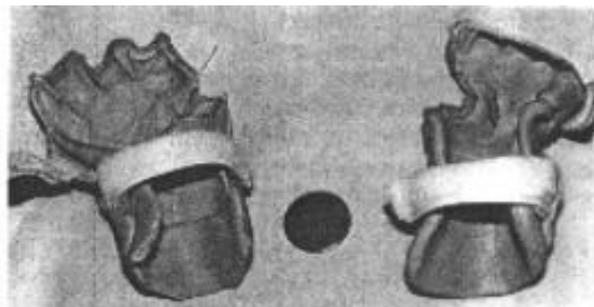


Figura 7: Órtese para membro superior confeccionada com Pergamum®

Outro material utilizado na confecção de órtese é o gesso de Paris, assim chamado por ter sido primeiramente preparado em Paris. É um material derivado do sulfato de cálcio.

Quando o sulfato de cálcio é aquecido a 128 °C, a maior parte da água é retirada, resultando em um pó conhecido como gesso de Paris. Quando se adiciona água ao gesso de Paris seco, este processo de hidratação converte o pó frágil em uma massa firme e homogênea (COLDITZ, 2002).

Quando se pretende utilizar este material para confecção de órtese, uma gaze de tecido de tramas fechadas que não desfiam é impregnado com gesso de Paris (figura 8).



Figura 8: Órtese confeccionada com gesso de Paris.

Para Colditz (2002) as vantagens da utilização deste material na confecção de órteses são: 1) conformabilidade⁵; 2) baixa possibilidade de áreas de pressão (devido à conformabilidade do material); 3) menor

⁵ Facilidade do material em adaptar-se às áreas anatômicas do membro.

chance de desvio do dispositivo (movimento da órtese na pele); 4) porosidade, que permite a absorção do suor e previne maceração⁶ da pele; 5) retenção do calor corpóreo que proporciona uma temperatura agradável; 6) seu custo razoável e 7) conforto.

Entre as desvantagens estão: 1) o indispensável conhecimento do profissional para aplicação precisa do material e perfeita remoção da órtese moldada; 2) a sensibilidade do material, que em contato com a água pode causar modificações no dispositivo moldado; 3) seu peso, que em alguns casos pode ser superior ao peso de alguns termoplásticos, caso o terapeuta não tenha habilidade na moldagem.

Foss-Campbell (1998) cita em seu estudo que existem diversas alternativas em materiais para imobilização de membro superior. Para o autor, os terapeutas de mão geralmente utilizam materiais que estão divididos em dois grupos:

1. Dos que não necessitam de aquecimento: Coban® (3M Health Care), gesso de Paris, atadura ortopédica sintética, entre outros;
2. E os materiais de baixa temperatura: são os mais utilizados, podendo ser encontrados à base de borracha, plástico ou com base elástica.

Canelón (1995) também inclui nesta classificação: 3) os materiais de temperatura moderada e 4) de alta temperatura.

Além destes materiais, também são encontradas as órteses pré-fabricadas com Neoprene e combinações de metal e tecido.

A atadura ortopédica sintética (ou gesso sintético) consiste em um tecido de fibra de vidro tricotado, impregnado com resina de poliuretano, que se polimeriza (endurece) após contato com a água ou

⁶ Conjunto de alterações degenerativas, com alterações de cor e amolecimento de tecidos, e eventual desintegração (MICHAELIS, 1998).

umidade do ar. É um material de fina espessura que necessita de várias camadas para se tornar resistente (cerca de quatro a cinco

camadas conforme o modelo de órtese a ser confeccionado).

De acordo com as recomendações do fabricante (Woosam Medical Co., Korea), a atadura sintética não pode entrar em contato com a pele do paciente durante a moldagem, pois ao entrar em contato com a água (figura 9), o material inicia um processo de polimerização e, dessa forma, uma fina camada de resina adere à pele tornando difícil sua retirada. Recomenda-se o uso de luva de látex para proteção da pele do paciente e do terapeuta (SILVA, 2001).



Figura 9: Gesso sintético sendo molhado para moldagem. O terapeuta protege as mãos com luva de látex.

O gesso sintético, depois de moldado, apresenta-se áspero o que faz necessária a colocação de uma forração interna e externa a fim de proteger a pele de possíveis escoriações (SILVA, 2001).

É um material de secagem rápida e apresenta durabilidade maior que o gesso comum, não sendo danificado no caso de ser molhado (CENTRO ORTOPÉDICO GRAJAÚ, 2004), embora seu custo seja elevado. Este material não permite remodelagens e correções posteriores o que exige treino para familiarizar-se com o material a fim de evitar o desperdício desnecessário (LIMA *et al*, 2002).

Em contrapartida a estas tecnologias, encontramos os materiais alternativos que têm como principal intuito a diminuição do custo do dispositivo a ser confeccionado.

2.3. Materiais alternativos

Consideram-se, para os fins deste trabalho, materiais alternativos aqueles que, embora não se encontrem no rol dos tradicionalmente utilizados, podem vir a apresentar performance razoavelmente adequada para confecção das órteses.

Silva (2001) considera como condições imprescindíveis à caracterização de materiais alternativos para a confecção de órtese:

- Baixo custo: levando-se em conta as condições sócio-econômicas do país, o material alternativo aos termoplásticos deve apresentar baixo custo, não ficando assim, limitado a poucos pacientes e profissionais;
- Facilidade de confecção: deve apresentar condições adequadas de manuseio durante a confecção;

- Adequação à moldagem: o material deve ser adaptável à mão do paciente, respeitando as saliências anatômicas, a prega palmar distal e às reentrâncias anatômicas dos espaços interdigitais;
- Durabilidade: sem prejudicar a qualidade e a eficiência do dispositivo, o material deverá proporcionar condições de uso prolongado;
- Conforto: deve possibilitar ao paciente facilidade na colocação, na higiene e no uso, conforme orientação do terapeuta;
- Estética: deve ser um material que não cause constrangimento ao paciente, podendo ser utilizado em qualquer ambiente;
- Leveza: por se tratar de um dispositivo que, em casos indicados, será utilizado durante várias horas, o peso se torna uma característica primordial;
- Reutilização, remodelagem: o material deve possibilitar ao terapeuta reajustes necessários durante o processo de reabilitação;
- Resistência mecânica: deverá possuir características físicas que permitam seu máximo rendimento.

Dentre os materiais alternativos encontrados, serão avaliados neste estudo o polietileno tereftalato (PET) pós-consumo, a atadura gessada rápida e a atadura gessada rápida revestida com resina de fibra de vidro. A atadura gessada rápida foi considerada, neste estudo, um material alternativo por apresentar baixo custo em relação aos termoplásticos.

2.3.1. Polietileno Tereftalato

O polietileno tereftalato, também chamado de politereftalato de etileno, é um polímero resultante da policondensação⁷ do ácido tereftálico e do etileno glicol, que apresenta sua unidade repetitiva conforme ilustrada na figura 10.

Dentre suas características físicas podemos destacar a leveza, a transparência, segurança, resistência e facilidade de moldagem (UFBA, 2002).

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET (ABEPET, 2002), a primeira amostra deste material foi desenvolvida pelos ingleses Whinfield e Dickson, em 1941. As pesquisas que levaram à produção deste plástico em grande escala começaram somente no pós-guerra, nos anos 50, em laboratórios dos Estados Unidos e da Europa e baseavam-se quase que totalmente nas aplicações têxteis. Em 1962 surgiu o primeiro poliéster pneumático e no início dos anos 70, o PET começou a ser utilizado pela indústria de embalagens.

⁷ Várias ocorrências de um tipo de reação em que duas moléculas se unem com a eliminação de uma terceira, geralmente de água ou outra molécula pequena (FERREIRA, 1999). Reação em cadeia que leva à formação de um macropolímero mediante as sucessivas condensações entre monômeros ou entre duas substâncias diversas (MICHAELIS, 1998).

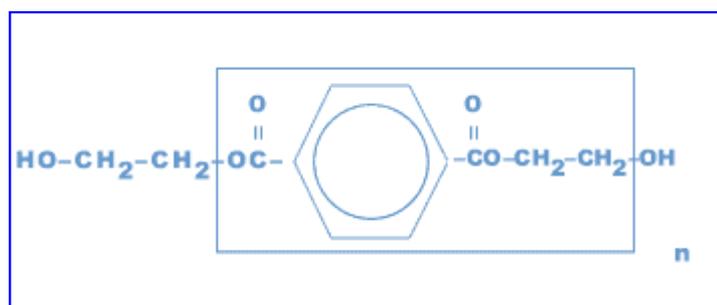


Figura 10: Unidade repetitiva do polietileno tereftalato.

O PET chegou ao Brasil somente em 1988 e seguiu uma trajetória semelhante àquela no resto do mundo. Apenas a partir de 1993 passou a ter forte expressão no mercado de embalagens.

Atualmente o PET é um material alternativo na confecção de diversos produtos, desde móveis até tecidos, levando-se em conta seu baixo custo.

A produção de plásticos no Brasil ainda é incipiente embora o seu crescimento identifique a tendência de que, dentro desta produção, as embalagens plásticas venham a ser o mais importante produto do setor (Tabela 1). Dados de 1998 indicam que aproximadamente 31% da produção de matéria plástica foi destinada à produção de embalagens (FORLIM; FARIA, 2002).

Tabela 1: Segmentação do mercado de materiais de embalagem no Brasil (mil toneladas).

Material de embalagem	1990	1998	1999	2005 (estimativa)
Plásticos (exceto PET)	384	739	785	1036
PET	4	273	276	354
Papel	298	301	311	377
Papelão ondulado	915	1616	1742	2309

Cartão	234	390	376	439
Flexíveis	135	343	350	488
Alumínio	19	184	180	225
Folhas metálicas	584	668	668	778
Aço	158	119	121	138
Vidro	514	492	481	584

Fonte: Datamark. In: Wallis (2000)

Os materiais plásticos de embalagens que possuem PET na sua constituição têm sido bastante visados para reciclagem, sob o ponto de vista empresarial. A sua transformação em novos materiais ou produtos inclui a produção de fibras multifilamento (fabricação de cordas) e monofilamento (produção de fios de costura); a moldagem de produtos para o setor de autopeças, lâminas para termo-formadores e formadores a vácuo; embalagens de detergentes; embalagens secundárias e terciárias de alimentos; tecidos, carpetes, *pallets*⁸, entre outros (IPT, 1997; FORLIM; FARIA, 2002).

2.3.2. Atadura Gessada Rápida

Outro material que apresenta baixo custo em relação aos termoplásticos é a atadura gessada rápida (figura 11) que constitui uma gaze especial alvejada⁹, 100% algodão, impregnada com gesso ortopédico que é moldada, após imersão em água, sobre a pele do paciente.

⁸ Pequenos grânulos (UNGARI, 1999).

⁹ Que apresenta fibras de cor branca, livre de impurezas após imersão em substância alvejante.



Figura 11: Atadura gessada rápida.

Durante a confecção a pele recebe uma camada oleosa de proteção, pois durante o processo de polimerização gera-se calor, o que eventualmente pode ocasionar irritações cutâneas. Depois de moldado, são necessárias cerca de 12 horas para que o material seque totalmente.

A atadura gessada é um material de baixo custo e de fácil aquisição, encontrado em farmácias e supermercados em unidades de 6 cm a 20 cm de largura. O inconveniente deste material é a impossibilidade de lavagem (limpeza) e sua baixa resistência a fortes impactos (TROMBLY, 1989). É utilizada normalmente quando a órtese requer modificações freqüentes de posicionamento e/ou quando o paciente não possui condições financeiras para adquirir uma órtese confeccionada com material termoplástico.

Lima *et al* (2002) relatam que para pacientes com lesões ortopédicas dos membros superiores, a atadura gessada mostrou-se de extrema valia.

Este material permite ser resinado com resina de poliéster, um plástico utilizado para impregnação em fibra de vidro, o que muda as características da órtese, como mostrado posteriormente nos capítulos 3 e 4.

2.4. Os Plásticos

Os plásticos são, para Rosa (2001), materiais inertes aos ataques de microorganismos. Apresentam um longo tempo de vida útil e, conseqüentemente, provocam sérios problemas ambientais uma vez que, após o seu descarte, demoram em média 100 anos para se decomporem totalmente.

Segundo Rosa (2001) e Soares *et al* (2002), atualmente os polímeros são aplicados em vários setores, como na construção civil, indústria automotiva, produção de eletro-eletrônicos e embalagens. No mercado de embalagens, o plástico ocupa o primeiro lugar entre os maiores produtores de embalagens para o setor alimentício. Estas embalagens podem vir em forma de sacolas, garrafas, caixas e filmes. Com isso, diversas alternativas têm sido buscadas para minimizar o impacto ambiental causado pelos polímeros convencionais.

2.4.1. A Reciclagem

A reciclagem é, por definição, a revalorização dos descartes industriais e domésticos mediante uma série de operações que permitem que os materiais sejam reaproveitados como matéria-prima

para outros produtos, aliando a consciência ecológica ao desenvolvimento econômico e tecnológico.

Existem três tipos de reciclagem de materiais plásticos: a reciclagem mecânica, a química e a energética. A transformação mecânica em novos materiais ou produtos consiste em submeter os materiais plásticos a processos mecânicos, moldando-os fisicamente em uma forma diferente da original. Os materiais termoplásticos, como é o caso das embalagens plásticas primárias de alimentos, adequam-se vantajosamente ao processo preservando, em grande parte, as propriedades físicas, químicas e mecânicas dos polímeros originais (FORLIM; FARIA, 2002). A reciclagem mecânica é a mais utilizada no Brasil.

Um processo mais recente de reciclagem mecânica que também vem sendo utilizado no país consiste na mistura de resíduos plásticos para obtenção de perfis extrusados¹⁰, de diferentes formas, que podem substituir economicamente diversos materiais, principalmente a madeira natural.

A reciclagem energética consiste em queimar o material, liberando calor que será aproveitado na forma de energia. Com o material aquecido também é realizada a reciclagem, separando a matéria-prima para que seja reutilizada na indústria petroquímica.

Em 1995, mais de 600 mil toneladas de lixo plástico (industrial, urbano, rural e outros) foram geradas no Brasil e, só a cidade de São Paulo produziu cerca de 12 mil toneladas por dia de lixo sólido, sendo 700 toneladas de embalagens plásticas (WIEBECK *et al*, 1995). O destino final destes materiais constitui uma das grandes preocupações da sociedade atual. Os plásticos degradam-se muito lentamente no ambiente, uma vez que eles são bastante resistentes às radiações, ao calor, ao ar e à água. Para Soares (2002), o desenvolvimento industrial e populacional agravou este problema, exigindo soluções para diminuir o

¹⁰ Massa plástica impelida contra um molde vazado, a fim de conformá-la na configuração desejada (FERREIRA, 1999).

impacto no ambiente. Parte destes plásticos pode ser recuperada pela reciclagem mecânica, produzindo novos materiais, normalmente para usos menos nobres como, por exemplo, na construção civil e nas rodovias, e nos materiais para sinalização de estradas. Também os plásticos podem ser incinerados produzindo energia (SOARES, 2002).

O impacto ambiental causado pelos resíduos originados nos processos, serviços e produtos utilizados na vida moderna têm-se tornado uma preocupação crescente em todos os setores conforme citado por Manrich (2000), acarretando a busca de alternativas para minimizá-lo (ROSA, 2001).

Mustafa (1995) e Manrich (2000) consideram que os polímeros sintéticos e os naturais modificados, muito utilizados em embalagens diversas, têm sido um dos grandes vilões da poluição ambiental, principalmente quando se refere aos danos causados pelos resíduos urbanos. A contribuição desses materiais para o crescente volume de resíduos sólidos urbanos também tem aumentado ao longo dos últimos anos, tendo alcançado o segundo lugar em maior incidência na composição do lixo da cidade de São Paulo, considerando somente os plásticos.

A reciclagem de embalagens plásticas preocupa a sociedade, mundialmente, face ao crescente volume de sua utilização e as implicações ambientais inerentes ao seu descarte não racional pós-consumo, como no setor de alimentos segundo Forlim e Faria (2002).

“Os hábitos de consumo da sociedade moderna, a definição das regulamentações específicas, a implementação de centros de pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias adequadas, constituem pauta de ações específicas de setores governamentais e empresariais na reciclagem de embalagens” (FORLIM; FARIA, 2002, p.01).

De forma geral, quanto menor o número de componentes poliméricos e a complexidade do sistema de embalagem, maior o seu

valor de reciclagem, conseqüência da redução das etapas e recursos tecnológicos despendidos no processo, como limpeza, separação dos materiais que compõe a embalagem, recuperação de coadjuvantes utilizados na limpeza e delaminação (água e solventes) e energia necessária para estas operações (SADLER, 1995; TACITO, 1995).

O principal mercado consumidor de plástico reciclado na forma de grânulos é a indústria de artefatos plásticos, que utiliza o material na produção de baldes, cabides, garrafas de água sanitária, conduítes e acessórios para automóveis, entre outros (FORLIM; FARIA, 2002).

Entre os principais benefícios da reciclagem, podemos destacar a redução nos custos da coleta, melhoria da limpeza e higiene da cidade, diminuição da quantidade de lixo a ser aterrado, economia de energia elétrica e melhoria das condições de saúde da população, eliminando doenças relacionadas ao acúmulo do lixo.

No estudo realizado por Forlim e Faria (2002), chegou-se à conclusão que...

“A reciclagem de matérias plásticas de embalagem pós-consumo, pela transformação em outros produtos, deve ser uma opção melhor explorada nas condições brasileiras, diante dos volumes disponíveis, possibilidade de aplicabilidade de tecnologias menos sofisticadas, amplo espectro de materiais disponíveis, existência de demanda e aceitabilidade no mercado interno de produtos fabricados com materiais reciclados e representar uma rota empresarialmente viável e ecologicamente correta”(p.09).

No Brasil existem muitas dificuldades para se obter estatísticas referentes à reutilização de plásticos. Segundo a Associação Brasileira dos Recicladores de Material Plástico (ABREMPLAST, 2002), existem aproximadamente 600 a 800 instalações industriais e sucateiros dedicados à reciclagem mecânica de plásticos provenientes de resíduos sólidos industriais, agrícolas ou urbanos. Estima-se que a atividade de reciclagem processe cerca de 200.000 toneladas ao ano, sendo que 60%

são provenientes de resíduos industriais e 40% de resíduos sólidos urbanos. Este valor representa um faturamento próximo a US\$ 250 milhões, podendo gerar cerca de 20.000 empregos diretos.

2.5. Avaliação das propriedades materiais

A proliferação no mercado de alternativas para confecção de órteses fez com que o conhecimento das propriedades dos materiais fosse imprescindível aos terapeutas durante o processo de escolha do material mais adequado à cada caso (CANELÓN, 1995).

Ao avaliar as propriedades materiais de diversos tipos de órteses utilizados atualmente, alguns autores definem requisitos imprescindíveis às suas características.

Canelón (1995) define a densidade, elasticidade, rigidez, conformabilidade, aderência, durabilidade ou reutilização e facilidade na fabricação como as mais importantes propriedades materiais a serem consideradas.

Ainda segundo o autor, outro item também importante a ser considerado quando se avalia um material é o seu custo e a viabilidade de sua aquisição.

Foss-Campbell (1998) considera também como critérios de avaliação de materiais para órteses, além dos itens citados acima, a capacidade de ventilação do material, o peso e a aceitação do material pelo paciente.

Mac Donald (1998) relata que as órteses devem ser confeccionadas com materiais leves, fortes e capazes de suportar um grande desgaste. Durante o processo de escolha do material, segundo a

autora, devem ser considerados: a rigidez do material (o material suportará o peso do membro imobilizado ou posicionado?); a flexibilidade; o volume do material (espessura); limpeza; facilidade de manejo; economia e calor (o material suporta temperaturas presentes no dia-a-dia do paciente?).

Após a revisão bibliográfica sobre a evolução histórica, a classificação e os materiais utilizados, iremos descrever o experimento realizado para avaliação dos três tipos de materiais alternativos selecionados.

Materiais e Métodos

Foi realizado um estudo prospectivo no período de maio a novembro de 2003 no Laboratório de Órtese e Prótese/Terapia de Mão do curso de Terapia Ocupacional da Faculdade de Ciências da Saúde – UNIVAP.

Nesta pesquisa experimental foram avaliadas três órteses funcionais de estabilização de punho, confeccionadas com três diferentes tipos de materiais alternativos ao termoplástico: a órtese de

atadura gessada rápida, a órtese de atadura gessada rápida revestida com resina de poliéster e a órtese de PET pós-consumo (figura 12).



Figura 12: Órtese confeccionada com PET pós-consumo.

A órtese *Cock-up* (figura 13) é uma órtese estática funcional utilizada para manutenção da articulação metacarpofalangeana em extensão (TENNEY; LISAK, 1986). Sua principal função é estabilizar a articulação do punho em posição funcional.

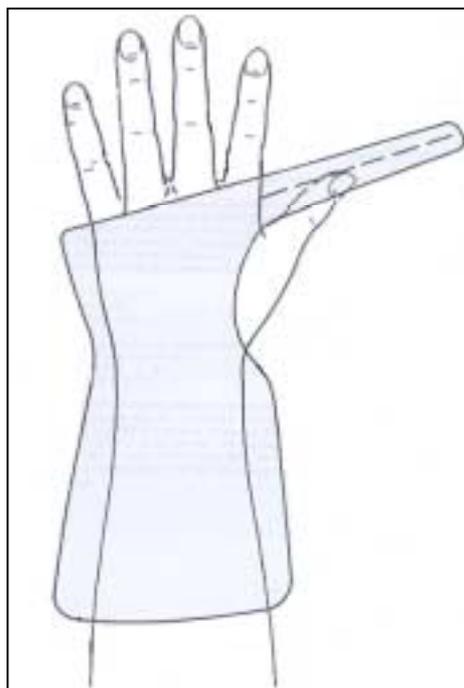


Figura 13: Modelo de órtese Cock-up.

A mão deve estar posicionada de forma que o punho mantenha de 15° a 20° de dorsiflexão. As articulações interfalangeanas e o polegar ficam livres permitindo a funcionalidade do membro.

Segundo Tenney e Lisak (1986), as órteses *Cock-up* podem ser confeccionadas com qualquer tipo de material termoplástico.

Apesar de não haver correlação entre o modelo apresentado e o material utilizado, é sabido que, muitas vezes, o tipo de material escolhido não permite a confecção satisfatória de alguns modelos de órtese. A órtese *Cock-up* é um dos modelos onde pode ser encontrado o uso do material que está sendo pesquisado (PET). Este modelo de órtese também foi escolhido pelo pesquisador levando-se em conta sua afinidade com o mesmo.

Todos os modelos utilizados neste estudo foram confeccionados para o mesmo indivíduo: sexo feminino, 24 anos, estatura mediana, 61 kg e que não apresenta incapacidades físicas.

A avaliação dos materiais foi realizada baseando-se em dez itens pré-selecionados, considerados essenciais para o bom desempenho e confecção de uma órtese. Para tal seleção as atividades cotidianas e hábitos comuns dos pacientes foram levados em conta, uma vez que facilitar as tarefas diárias é uma forma objetiva de melhorar sua auto-estima e incentivar a disposição de retomar a rotina de suas vidas:

1. Resistência aos procedimentos de higienização;
2. Resistência ao calor;
3. Peso;
4. Conformabilidade;
5. Formação de pontos de pressão;
6. Facilidade na confecção;
7. Tempo para confecção;

8. Remodelagem;
9. Durabilidade e
10. Custo.

Os itens referentes ao custo, remodelagem, facilidade e tempo para confecção, embora não estejam diretamente ligados ao desempenho das atividades de vida diária, são relevantes na medida que tornam a aquisição do dispositivo acessível à população de baixa renda.

3.1. Materiais

- Órtese confeccionada com polietileno tereftalato pós-consumo;
- Órtese confeccionada com atadura gessada rápida;
- Órtese confeccionada com atadura gessada rápida e revestida com resina de fibra de vidro;
- Cronômetro Casio® modelo SWC-20;
- Estufa;
- Água corrente a 28 °C;
- Água corrente quente a 45 °C;
- Água quente a 100 °C;
- Álcool etílico hidratado para uso doméstico (46,2° INPM);
- Balança digital Toledo® modelo 9094.

3.2. Método

Para que os itens selecionados neste estudo fossem avaliados, a pesquisa teve início na confecção das órteses com os três diferentes materiais escolhidos, o PET pós-consumo, a atadura gessada rápida e a atadura gessada rápida com resina de fibra de vidro, de acordo com protocolo abaixo.

3.2.1. Protocolo de Confecção para Órtese de Posicionamento de Punho - Cock-up

1. Desenha-se o contorno da mão a ser imobilizada com lápis sobre uma folha de papel. A mão deve repousar sobre a folha, mantendo os dedos em posição de descanso. Coloca-se o lápis verticalmente ao papel passando-o ao redor de toda a mão. O contorno deve chegar ao terço proximal do antebraço (figura 14).

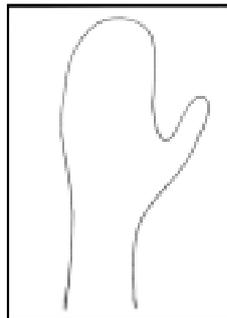


Figura 14: Contorno da mão. Neste exemplo utilizou-se a mão esquerda.

2. O molde da órtese é feito sobre este desenho. Efetuam-se as medidas das articulações metacarpofalangeanas e da base do polegar (figura 15).

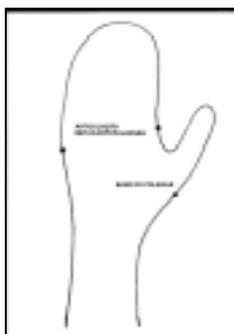


Figura 15: Marcação das articulações MCF e da base do polegar.

A partir destas medidas desenha-se o molde deixando cerca de 1 cm de distância nas laterais (figura 16).

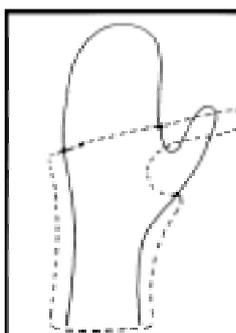


Figura 16 : Molde da órtese sobre desenho da mão do paciente.

3. Após a confecção do molde em papel, desenha-se o modelo da órtese em feltro ou Perfex® para que possa ser experimentado e

ajustado à mão do paciente antes de se cortar o material. Com a confirmação do molde, passa-se o desenho para o material a ser utilizado.

- **Polietileno Tereftalato**

1. Corta-se a parte superior e a parte inferior de duas garrafas PET lisas, sem desenhos (figura 17). Obtém-se um tubo. Corta-se este tubo verticalmente para se abrir a folha de PET como mostra a figura 18.



Figura 17: Garrafa PET indicando os locais a serem cortados.



Figura 18: Tubo obtido com o corte da parte superior e inferior da garrafa.

2. O molde da órtese é desenhado na folha de PET, no sentido vertical (figura 19), com marcador permanente.

Corta-se o molde e, em água aquecida a 100 °C em um aquecedor elétrico para confecção de órteses ou em uma panela comum, molda-se a curvatura do punho (entre 10° e 15°) e a curvatura interdigital para fixação do velcro. Este processo é repetido duas vezes. São necessárias duas folhas de PET para que a órtese se torne rígida o suficiente. As duas partes são coladas com cola adesiva.

Figura 19: Sentido em que o molde deve ser desenhado para ser recortado.



3. Os velcros são fixados nos locais pré-determinados. Se necessário, usa-se forração para impedir a formação de pontos de pressão e proporcionar maior conforto ao paciente. O acabamento das bordas é feito com ferro elétrico.

- **Atadura Gessada Rápida**

1. São necessárias de cinco a seis camadas de atadura sobrepostas. Para este tipo de órtese são utilizadas as ataduras de 20 cm de largura. O molde da órtese é desenhado sobre estas camadas. Corta-se o molde com cuidado para que o gesso não se desprenda da gaze (figura 20).



Figura 20: Corta-se o molde com cuidado para não desprender o gesso.

2. O molde recortado é mergulhado em água (temperatura ambiente) e moldado sobre a pele do paciente que deve receber uma camada de proteção (pode ser utilizado óleo de amêndoas) para evitar irritações cutâneas. O terapeuta deve moldar a órtese e alisar o gesso para que fique uniforme, não apresentando marcas da gaze. Assim que a órtese se tornar rígida (cerca de 3 minutos) deve-se removê-la com cuidado para não deformá-la.
3. O acabamento é feito em seguida, recortado as rebarbas da gaze com tesoura e, se necessário, faz-se um acabamento com uma pequena tira de atadura gessada em volta da órtese. São necessárias cerca de 12 horas para que o gesso seque totalmente e os velcros possam ser fixados.

- **Atadura Gessada Rápida com Resina de Poliéster**

1. Para utilizar este material, seguem-se os mesmos passos da órtese confeccionada com atadura gessada rápida.
2. Após as 12 horas de secagem do material, prepara-se a resina de poliéster misturando-a com o catalisador em um recipiente plástico, de acordo com as informações do fabricante. Esta resina e o catalisador podem ser obtidos em lojas especializadas em artigos para trabalhos em fibra de vidro. Após este processo, deve-se passar a resina na órtese toda o mais rápido

possível, com a ajuda de um pincel, pois a resina começa a endurecer ficando com consistência gelatinosa, o que impede a continuidade do processo. Após passagem da resina, espera-se cerca de 20 minutos e a órtese está pronta. Este tempo varia de acordo com a quantidade de catalisador empregada e com a temperatura do ambiente. O odor da resina é muito forte e leva cerca de 48 horas para desaparecer. A resina de poliéster é a mais comum e mais barata, mas pode ser substituída pela resina epóxica (epóxi), que é mais resistente e mais leve. É um material transparente, que pode ser colorido com pigmentos à base de água, como a anilina. Após este processo, o material resinado apresenta dureza extrema, semelhante ao vidro.

3.2.2. Itens selecionados

Os dez itens pré-selecionados para avaliação das órteses confeccionadas com tais materiais foram:

- **Resistência a procedimentos de higienização:**

A resistência do material aos procedimentos de higienização foi avaliada em três diferentes situações. A órtese foi submetida à lavagem durante 3 minutos em água corrente fria (torneira), durante 3 minutos em água corrente quente a 45 °C (chuveiro) e submetida à limpeza com álcool etílico hidratado para uso doméstico (46,2° INPM), que são situações do cotidiano do usuário de órtese.

- **Resistência ao calor:**

O teste de resistência do material ao calor justifica-se devido a possibilidade deste sofrer a ação do sol, seja por exposição intencional, seja por necessidade do paciente. Para se avaliar tal resistência em ambiente controlado, as órteses foram colocadas em estufa na temperatura de 40 °C durante 60 minutos.

- **Peso:**

O peso do material foi calculado utilizando-se uma balança eletrônica digital Toledo® modelo 9094.

O peso, da mesma forma que o custo, levou em conta apenas a comparação entre os três modelos estudados, identificando-se entre eles a órtese mais leve.

- **Conformabilidade:**

Neste estudo, entende-se por conformabilidade do material a facilidade com que este se adapta à área anatômica a ser imobilizada. Em mão e punho, segundo Canelón (1995), a conformabilidade do material sobre proeminências ósseas, como processo estilóide radial e ulnar, é imprescindível para o conforto do paciente.

- **Formação de pontos de pressão:**

Um dos problemas enfrentados pelos pacientes usuários de órteses é a formação de pontos de pressão. Para este item, as órteses foram utilizadas durante 120 minutos cada modelo (ANGARTEN; SANTOS, 1980) para se verificar a formação de tais sinais. Este item está, de certa forma, ligado à capacidade de conformabilidade do material e diretamente relacionado ao conforto do dispositivo.

Todas as órteses utilizadas neste estudo foram confeccionadas para o mesmo indivíduo que também as utilizou durante as avaliações.

- **Facilidade de confecção:**

Para se avaliar a facilidade na utilização do material foi utilizado como parâmetro a experiência e habilidade do pesquisador em confeccionar órteses visto que na literatura não foi encontrado um protocolo de avaliação para este item.

O material foi avaliado segundo uma escala gradativa de 1 a 5 que corresponde à facilidade ou dificuldade encontrada durante sua utilização conforme a tabela abaixo:

Tabela 2: Escala gradativa de avaliação do item facilidade de confecção.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Muito fácil	Fácil	Médio	Difícil	Muito difícil

- **Tempo para confecção:**

O tempo de confecção foi definido como sendo o tempo utilizado desde a preparação do material até sua moldagem. Assim como no item

anterior o parâmetro utilizado foi a experiência e habilidade do pesquisador. Além do tempo de confecção também foi avaliado o tempo necessário para finalização da órtese. Para a determinação do tempo utilizado na confecção de cada modelo foi utilizado um cronômetro Casio® modelo SWC-20.

Neste item, T1 corresponde ao tempo de confecção que necessita da presença do terapeuta e T2 o tempo utilizado para finalização do material sem a necessidade da presença do terapeuta.

Para o modelo feito a partir da garrafa PET, iniciou-se a contagem de T1 no momento de preparação da garrafa (desde os cortes das garrafas), sua moldagem e fixação dos velcros. Nas órteses de gesso, iniciou-se a contagem de T1 a partir da preparação das camadas de gaze para serem recortadas no modelo da órtese. O tempo utilizado para secagem deste material foi calculado em T2 visto que não necessita da presença do terapeuta para ser concluído.

- **Remodelagem:**

Um item importante levado em conta nesta avaliação é a capacidade de remodelagem apresentada pelo material, uma vez que as órteses geralmente necessitam de ajustes com o decorrer do tempo de uso para melhor se adequarem às necessidades do paciente durante o processo de reabilitação.

Para avaliar este item os materiais foram submetidos a tentativas de reajuste, conhecendo as propriedades dos materiais utilizados. A órtese feita a partir das garrafas de PET foi novamente aquecida em água a 100 °C na tentativa de se obter a remodelagem do material. O modelo de gesso foi mergulhado em água com temperatura ambiente (aproximadamente 28 °C) por 5 minutos a fim de se obter o amolecimento do material para o seu reaproveitamento. A órtese de gesso com fibra de vidro foi também mergulhada em água com

temperatura ambiente (aproximadamente 28 °C) por 15 minutos e sofreu tentativas de aquecimento em água a 100 °C.

- **Durabilidade:**

Este item não foi testado devido à impossibilidade de precisar este conceito. A literatura científica pesquisada (CANELÓN, 1995; SILVA, 2001) relaciona a durabilidade com a capacidade de remodelagem do material. Neste estudo, entende-se por durabilidade a resistência do material ao desgaste, não sendo encontrado um protocolo de avaliação para esta questão.

- **Custo:**

Neste item considera-se custo o valor calculado de cada um dos três materiais utilizados na confecção dos modelos de órteses e seus acessórios e a mão-de-obra do terapeuta. Visto que o tempo de confecção interfere diretamente no preço final do dispositivo e que este valor varia em relação a cada profissional, o custo será avaliado em duas etapas: 'R1' é o valor do material utilizado e 'R2' o valor do tempo gasto pelo terapeuta durante o processo de confecção.

Outros itens considerados importantes na avaliação de um material utilizado para confecção de órteses, como conforto e estética, não serão avaliados neste estudo por se tratarem de itens subjetivos. A sensação de conforto é importante para que o paciente sinta tranquilidade de utilizar o dispositivo sem o receio de que este possa causar-lhe algum dano. A estética é essencial para garantir a utilização da órtese pelo paciente. Mac Donald (1998) acredita que é mais fácil o

paciente tolerar uma órtese noturna feia e desajeitada do que uma diurna.

Resultados e Discussão

Após a avaliação dos três tipos de materiais alternativos utilizados na confecção de órteses obtiveram-se os seguintes resultados, como demonstra a Tabela 3:

Tabela 3: Resultados obtidos nas avaliações dos materiais.

Material		PET	Atadura gessada rápida	Atadura gessada com resina
Itens				
Higiene ¹¹	Água	Não	Sim	Não
	Água quente	Não	Sim	Não
	Álcool	Não	Sim	Não
Resistência ao calor		Sim	Sim	Sim
Peso		26 gr	77 gr	86 gr
Conformabilidade		Não	Sim	Sim

¹¹ Alterações do material devido aos processos de higienização.

Formação de pontos de pressão	Sim	Não	Sim
Facilidade de confecção	3	2	4
Tempo para confecção ¹²	T 1 = 1h00m	T 1 = 0h30m	T 1 = 1h00m
	T 2 = 0h	T 2 = 12h00m	T 2 = 12h20m
Remodelagem	Mínima	Não permite	Não permite
Durabilidade	---	---	---
Custo ¹³	C1 = 1 M	C1 = 2,5 M	C1 = 5,8 M
	C2 = 2 R	C2 = R	C2 = 2 R

Durante a avaliação da resistência dos materiais aos processos de higienização, pôde-se observar que a órtese confeccionada com PET pós-consumo não sofreu nenhuma alteração visível a olho nu. Assim como a órtese de atadura gessada rápida revestida com resina de poliéster, já que com esta cobertura o material se torna impermeável. Na órtese confeccionada apenas com atadura gessada rápida houve desprendimento do gesso nas três situações testadas.

Os três modelos de órteses confeccionados suportaram o calor de 40 °C, o que permite que sejam utilizados em dias quentes sem que ocorram alterações significativas.

Na avaliação do peso de cada modelo é importante estabelecer que a classificação de um material como 'leve' ou 'pesado' permite uma margem de subjetividade, visto que cada indivíduo tem um particular conceito de conforto, portanto os pesos foram comparados entre si, para assim encontrar a órtese com menor peso. A órtese de PET apresentou menor valor, o que já era esperado devido ao material utilizado. O objetivo de se avaliar o peso é encontrar um material que minimize a energia requerida do paciente tanto para sustentação da órtese como durante a execução de suas atividades.

¹² Os valores foram arredondados para facilitar o cálculo do custo do material. Os valores reais serão demonstrados adiante.

¹³ O custo foi calculado em duas etapas: C1 significa o valor do material utilizado, calculado em 'M' e C2 o valor simbólico (R) do tempo gasto pelo terapeuta.

Os dois modelos confeccionados com atadura gessada rápida apresentaram boa conformabilidade. A órtese de PET permite apenas a curvatura do punho e não respeita saliências ósseas, o que torna necessária a utilização de uma forração.

Um material com má conformabilidade acarreta em dificuldade na colocação da órtese, podendo apresentar pregas e rugas indesejáveis na órtese finalizada (CANELÓN, 1995).

Todos os modelos foram utilizados pelo mesmo período de tempo (120 minutos) e pelo mesmo indivíduo. O modelo de PET apresentou pontos de pressão na base do polegar e no espaço interdigital entre o polegar e o segundo dedo, o que novamente mostra a necessidade do uso de uma forração. A órtese de atadura gessada rápida não mostrou pontos de pressão após o intervalo de uso. A órtese revestida de com resina de poliéster apresentou alguns pontos de pressão ao redor do modelo devido às pequenas pontas de resina sendo necessário que a órtese seja lixada após secagem para eliminação destes pontos.

A atadura gessada rápida mostrou ser o material mais fácil de ser utilizado entre os três materiais avaliados. A órtese de PET não é um material difícil de moldar, mas recebeu avaliação 3 devido ao processo complexo para preparação do dispositivo. A órtese revestida com resina de fibra de vidro apresentou menor facilidade na confecção também devido à complexidade do processo de confecção.

Apesar de apresentar maior facilidade na confecção, a órtese de atadura gessada rápida apresentou um tempo total de confecção (T1 + T2) alto. Gastou-se 32 minutos para moldar a órtese (T1), mas foram necessárias 12 horas (T2) para que o material secasse totalmente e os velcros pudessem ser colados. A órtese com resina utilizou o mesmo tempo para moldagem (T1) e secagem (T2) da órtese sem resina. Após este processo foram gastos mais 22 minutos para preparação e passagem da resina (T1) e mais 20 minutos (T2) para que a resina secasse totalmente, resultando em T1= 0h54m e T2= 12h20m. O modelo de PET exigiu a presença do terapeuta durante todo o processo

de confecção que durou 0h53m (T1). Estes valores foram arredondados para facilitar o cálculo do custo final do dispositivo, como verificou-se na Tabela 3. O valor calculado foi considerado um tempo médio visto que foi confeccionado apenas um modelo de órtese com cada material, não sendo possível calcular uma média do tempo gasto para confecção das órteses.

Tanto o item 'facilidade na confecção' como o item 'tempo para confecção' não são precisos, visto que dependem do fator humano. Cada terapeuta apresenta maior ou menor facilidade no manuseio de alguns materiais e no tempo de utilização dos mesmos.

Na tentativa de remodelar os dispositivos, não se obteve resultados satisfatórios. Em contato com a água, a órtese de atadura gessada rápida se apresentou quebradiça e boa parte do gesso se despreendeu da gaze. O modelo com resina não sofreu nenhuma alteração em contato com a água em temperatura ambiente (cerca de 28 °C), mas trincou em contato com a água quente, mostrando não ser possível seu reaproveitamento. A órtese de PET, ao aquecer em água, permitiu um ajuste mínimo na curvatura do punho e na curvatura interdigital.

O item 'durabilidade', como citado anteriormente não foi testado, portanto não apresentou resultados. Este é um fator importante em relação aos materiais utilizados, pois beneficiaria o usuário do dispositivo por um longo período. É sabido que, pelo PET ser um material de difícil degradação, este provavelmente será uma opção de alta durabilidade.

O último item leva em consideração todos os itens anteriores. Como resultado não foram apresentados valores em Reais, mas um valor simbólico. Além do valor do material utilizado (C1), calculado em 'M' também foi considerado o valor da mão-de-obra do terapeuta (C2) durante o processo de confecção dos dispositivos, calculado em 'R', por não ser possível estipular valores em Reais.

A órtese de PET apresentou $C1=M$ e $C2=2R$. O modelo em atadura gessada rápida utilizou material com $C1=2,5M$ e $C2=R$ e o modelo com resina de fibra de vidro teve um custo $C1=5,8$ e $C2=2R$. Cada unidade de 'M' correspondente ao material utilizado equivale a R\$0,60 (sessenta centavos).

Considerações Finais

De Carlo e Bartalotti (2001) salientam que um dos problemas enfrentados por terapeutas ocupacionais e pelos cursos de formação profissional em Terapia Ocupacional para o desenvolvimento dos seus trabalhos e pesquisas é a falta de obras especializadas, material produzido e publicado no Brasil que aborde as diferentes práticas profissionais contemporâneas na área. Essa situação tem levado muitos profissionais a utilizarem material produzido em outros países que, embora possa enriquecer nossa compreensão sobre a profissão, não refletem o que vem sendo produzido a partir de nossa realidade e nem sempre respondem às nossas demandas.

Reid (1992) alerta também para a necessidade de mais pesquisas referentes as órteses. Este é um campo vasto de pesquisa que

necessita, segundo Silva (2001), de constantes investigações tendo em vista as inúmeras variáveis que interferem diretamente no processo terapêutico de uso das órteses, bem como nas variáveis referentes aos materiais que podem ser escolhidos para a sua confecção.

A dificuldade em pesquisar materiais referentes à confecção de órteses consiste na falta de publicações referentes ao tema. No Brasil, os artigos relacionados às órteses referem-se a tratamentos de enfermidades onde se utilizou este dispositivo como auxílio no processo de reabilitação. No levantamento bibliográfico realizado entre as publicações científicas apresentadas no período compreendido entre 1993 e 2004 foram encontrados poucos artigos que relacionassem as órteses com os materiais utilizados na confecção, principalmente com materiais de baixo custo. Na literatura internacional foi encontrada apenas uma referência sobre a utilização de baixa tecnologia na confecção de órteses (SZEKERES, 2002).

Toyofuku (2000) afirma que em uma revisão de dez anos (1988-1998) em periódicos estrangeiros não se obteve esclarecimentos sobre o material mais adequado na confecção de órteses.

Com o início da utilização dos materiais sintéticos, mais leves e resistentes à água, o tradicional gesso de Paris foi substituído. Com isso, o gesso foi sendo cada vez menos utilizado pelos terapeutas. Essa falta de frequência na utilização do material é refletida na restrita bibliografia científica atual que trata do assunto (COLDITZ, 2002).

Portanto, retomando os objetivos inicialmente fixados neste estudo, pode-se, conclusivamente, afirmar que:

- (a) o objetivo geral imediato de identificar um material alternativo aos termoplásticos para a confecção de

órteses para estabilização de punho destinadas a pacientes de baixa renda foi parcialmente atingido, na medida em que o polietileno tereftalato apresentou custo de material muito baixo em relação aos outros modelos, mas não apresentou índice absolutamente satisfatório de conformabilidade;

- (b) o objetivo específico de verificação das características dos três materiais alternativos - PET pós-consumo, atadura gessada rápida e atadura gessada rápida com resina de fibra de vidro - levou ao resultado de que todos atenderam a algumas características consideradas ideais entre as dez selecionadas no Capítulo 3, de forma que todos são utilizáveis, dependendo das condições que o terapeuta considerar mais adequadas ao caso concreto.

Entretanto, os resultados finais da avaliação demonstraram que o PET pós-consumo atendeu satisfatoriamente à maioria dos critérios selecionados, revelando-se como o material alternativo mais adequado.

Considera-se que muitos outros aspectos ainda precisam ser aprofundados e/ou pesquisados, podendo gerar trabalhos futuros. Uma questão a ser explorada é a possibilidade de confeccionar os outros tipos de órtese com este material e as adaptações necessárias para tanto.

Também seria útil testá-las em usuários com características diversas, tais como: diferentes idades e graus de comprometimento, diferentes enfermidades, sexo, massa corporal, força, etc.

A durabilidade, item que não foi verificado, também poderia ser explorado com protocolo criado especificamente para isto.

O conforto e estética, apesar de serem itens subjetivos, também são extremamente importantes, pois condicionam o uso ou não do equipamento. Uma metodologia qualitativa poderia investigá-los e as informações obtidas contribuiriam para ampliar o que se sabe sobre as órteses.

Materiais alternativos podem surgir onde menos se espera, principalmente se tivermos em mente a importância da reciclagem e do reaproveitamento daquilo que já existe. Pesquisar novos usos e novos materiais como fibras, bambus, borrachas, tecidos, espumas, papéis, pode representar um salto de qualidade na pesquisa na medida que alia a consciência ambiental e a resposta a problemas relevantes.

Referências Bibliográficas

ABEPET. *Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET*. Disponível em <<http://www.abepet.com.br>>. Acesso em 04.set.2002.

ABREMPLAST - Associação Brasileira dos Recicladores de Material Plástico. *A Nobreza do Plástico*. In: INP - Instituto Nacional do Plástico. Disponível em <<http://www.inp.org.br>>. Acesso em 06.set.2002.

ANGARTEN, M. G., SANTOS, M. L. F. Detecção de alterações em exame físico da pele da região de apoio de pacientes submetidos prolongadamente a um mesmo decúbito. *Rev. Bras. Enf.*, n.33, p.443-452, 1980.

BELL, E.; GRAHAM, H.K. A New Material for Splinting Neonatal Limb Deformities. *J. Pediatr. Orthop.*, v.15, n.5, p.613-6, 1995.

CANELÓN, M.F. Material Properties: A Factor in the Selection and Application of Splinting Materials for Athletic Wrist and Hand Injuries. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, v.22, n.4, p.164-72, 1995.

CAPELLO, V.A. *Indicação e confecção de órteses: papel do terapeuta ocupacional no tratamento da mão*. 2000. Trabalho de Conclusão de Curso. Pós-Graduação em Terapia Ocupacional. Faculdades Salesianas de Lins.

CENTRO ORTOPÉDICO GRAJAÚ. *Serviços - Sala de gesso*. Disponível em <<http://www.centroortopedicograjau.com.br>>. Acesso em 18.fev.2004.

CIASCA, R. Aspectos Lúdicos da Interação e Inclusão Social. *Arq. Neuropsiquiatr.*, v.59, n.1, p.81-82, 2001.

COLDITZ, J.C. Plaster of Paris: The Forgotten and Splinting Material. *J. Hand Ther.*, v.15, n.2, p.144-57, 2002.

DE CARLO, M.M.R.P.; BARTALOTTI, C.C. *Terapia Ocupacional no Brasil - fundamentos e perspectivas*. São Paulo: Plexus, 2001.

ELUI, V.M.C. *et al.* Órtese: um importante recurso no tratamento da mão em garra móvel de hansenianos. *Hansen. Int.*, v.26, n.2, p.105-111, 2001.

FERREIRA, A.B.H. *Novo Aurélio Século XXI - Dicionário da Língua Portuguesa*. São Paulo: Nova Fronteira, 1999.

FESS, E.E. A History of Splinting: To Understand the Present, View the Past. *J. Hand Ther.*, v.15, n.2, p.97-132, 2002.

FINGER, J.A.O. *Terapia Ocupacional*. São Paulo: Savier, 1986.

FORLIN, F.J.; FARIA, J.A.F. Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.12, n.1, p.1-10, 2002.

FOSS-CAMPBELL, B. Principles of Splinting the Hand. *Plast. Surg. Nurs.*, v.18, n.3, p.199-203, 1998.

FREITAS, M.E. *Viva a tese! Um guia de sobrevivência*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2002.

HATAKEYAMA, T.; QUINN, F.X. *Termal Análisis - Fundamentals and Applications to Polymer Science*. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Laboratório de Embalagem e Acondicionamento. *Embalagem & Cia*, n.107, p.34, 1997.

LIMA, S.M.P.F.; LINZMEYER, J.M.; MASIERO, D. Tecnologia reabilitadora: órteses. *CADERNOS - Centro Universitário São Camilo*. v.8, n.3, p.74-79, 2002.

LUZO, M.C.M. Workshop Princípios Teóricos e Práticos na Confecção de Órteses. In: SIMPÓSIO DE TERAPIA OCUPACIONAL EM CIRURGIA PLÁSTICA DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1., Agosto 2002, São Paulo.

MANRICH, S. Estudos em reciclagem de resíduos plásticos urbanos para aplicações substitutivas de papel para escrita e impressão. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.10, n.3, p.170-78, 2000.

MAC DONALD, E.M. *Terapia Ocupacional em Reabilitação*. São Paulo: Santos, 1998.

McKEE, P.; MORGAN L. *Orthotics in Rehabilitation - Splinting the hand and the body*. Philadelphia: F.A Davies Co., 1998.

MICHAELIS. *Moderno Dicionário da Língua Portuguesa*. São Paulo: Melhoramentos, 1998.

MN IMPORTAÇÕES. *Catálogo de Produtos*. São Paulo, 2002.

MUSTAFA, N. *Plastics waste management: disposal, recycling and reuse*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1993.

NAGATA *et al.* Orthosis of ventilative plastics. *Prosthet. Orthot. Int.*, n.15, v.3, p.175-177, 1991.

PESSINI, L.; FERRARI, M.A.C. Reabilitação, qualidade de vida e inclusão social: Questões básicas à Cidadania. *O Mundo da Saúde*. v.25, n.4, out/dez, 2001.

PINTO, S.A.P. *Projeto, implementação e avaliação de uma órtese funcional robotizada de mão*. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Universidade Federal de Minas Gerais.

REID, D.T. An instrumental approach for assessing the effects of a hand positioning device on reaching motion of children with cerebral palsy. *Occupational Therapy Journal of Research*. v.12, n.5, sept/oct, 1992.

ROSA, D.S.; FRANCO, B.L.M.; CALIL, M.R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.11, n.2, p.82-8, 2001.

SADLER, G.D. Recycling of Polymers for Food Use: a Current Perspective. *American Chemical Society*, 1995.

SAMMONS PRESTON. *Catalogue Sammons Preston Rolyan Enrichments*. Illinois: Bolingbrook, 2003.

SAURON, F.N. Órtese para membros superiores. In: SOUZA, A.M.C.; FERRARETO, I. *Paralisia Cerebral: aspectos práticos*. São Paulo: Memnon, 1998.

SHAH, A.; SHAH, N. Improving function in leprotic hands. *Disabil. Rehabil.*, v.22, n.13/14, p.591-597, 2000.

SILVA, F.P. *Órtese Abdutora do polegar: estudo de material alternativo aos termoplásticos de baixa temperatura atualmente utilizados*. 2001. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba.

SOARES, E.P. *et al.* Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.12, n.3, p.206-12, 2002.

SZEKERES, M.; CHINCHALKAR, S.; LE BLANC, M. A low-tech alternative to static progressive wrist extension splinting: the wrist extension strap. *J. Hand Ther.*, v.15, n.4, p.375-6, 2002.

TACITO, L.D. Polymer Recycling Technology for Food Use Technical Requirements to Meet Safety and Quality Assurance. *American Chemical Society*, 1995.

TENNEY, C.G.; LISAK, J.M. *Atlas of Hand Splinting*. Toronto: Little, Brown and Co., 1986.

TOYOFUKU, M.H. *Órteses: estudo dos materiais utilizados em sua confecção por terapeutas ocupacionais paulistas*. 2000. Projeto de Pesquisa. Universidade Federal de São Carlos.

TROMBLY, C.A. *Terapia Ocupacional para disfunção física*. São Paulo: Santos, 1989.

UFBA. ***Propriedades Poliméricas***. Departamento de Engenharia Química. Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia. Disponível em <<http://www.deq.eng.ufba.br/polimeros/propriedades.html>>. Acesso em 24.abr.2002.

UNGARI, M.B. ***Estudo da Influência do Grau de Cristalinidade nas Propriedades Mecânicas do Polietileno Tereftalato (PET) Processado a Baixas Taxas de Resfriamento***. 1999. Dissertação. (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

VAN LEDE, P. Minimalistic Splint Design: a rationale told in a personal style. ***J. Hand Ther.***, n. 15, v. 2, p.192-201, 2002.

WALLIS, G. A evolução do mercado brasileiro de embalagem e sua inserção no mercado internacional. In: Brasil Pack Trends 2005 – Seminário Embalagem, Distribuição e Consumo. **Anais**. ... Campinas, 2000.

WIEBECK, H. *et al.* Dificuldades na reciclagem do plástico do residuo sólido urbano do lixão. In: ***Anais do 3º Congresso Brasileiro de Polímeros***, v.2, p.1183-1186. Rio de Janeiro, 1995.

XENARD *et al.* Ortesis de la mano. ***Encycl. Med. Chir.***, 26-161-C-10, 1994.