

O USO DE MATERIAIS BIOATIVOS NA RECUPERAÇÃO DE ATLETAS LESIONADOS

Emanuel João Behrens¹, Adriano Willian da Silva²

¹Instituto Federal do Paraná- Campus Curitiba/ emanuel10_behrens@hotmail.com

²Instituto Federal do Paraná- Campus Curitiba / adriano.silva@ifpr.edu.br

Resumo: Nos esportes de alto nível, a elevada carga de treinamento e a intensidade das competições deixam os atletas sujeitos a diversas lesões. Uma lesão como uma fratura pode afastar um atleta dos treinamentos e competições por um longo período de tempo, até que ocorra a sua recuperação. A reconstituição de um tecido lesionado, como os ossos, pode ser realizada com materiais que possuem características bioinertes e, portanto, uma menor taxa de rejeição pelo organismo. Porém, tais materiais não possuem a capacidade de se ligar quimicamente ao osso, sendo geralmente utilizados processos como entalhes em sua superfície ou filetes de rosca para que ocorra a sua fixação ao tecido ósseo. A utilização de materiais como os biovidros e a hidroxiapatita torna possível criar uma ligação química entre o implante e o osso, possibilitando a aceleração da cura da lesão, em função das características de bioatividade que esses materiais apresentam. Dessa forma, permitem a recuperação da saúde do atleta, restabelecendo-o para o exercício das atividades desportivas. Este trabalho faz uma análise dos biomateriais aplicados à recuperação de atletas lesionados, esboçando suas características, classificação e as aplicações recentes na medicina desportiva. Ressaltam-se os materiais com características bioativas e biodegradáveis, atualmente muito empregados na recuperação de atletas de alto rendimento que estão acometidos de fraturas ósseas.

Palavras-Chave: próteses, biomateriais, bioatividade, atletas, recuperação.

1 INTRODUÇÃO

Os esportes sempre despertaram a atenção e a paixão das pessoas. Desde a Antiguidade, os seres humanos realizam práticas desportivas individuais ou coletivas. Com o passar dos anos, os esportes foram ficando cada vez mais competitivos, gerando uma grande pressão sobre os atletas na busca de bons resultados em suas competições. Devido a essa competitividade nos esportes de alto rendimento, os atletas são exigidos cada vez mais, tendo que suportar os esforços físicos intensos de uma competição, o que conduz a uma alta carga de treinamento.

Os atletas profissionais geralmente começam a treinar muito cedo, sendo que a ocorrência de uma lesão é praticamente inevitável. Em um passado recente, uma lesão grave muitas vezes significava a aposentadoria do atleta. Atualmente, com os avanços científicos e medicinais a aposentadoria por lesão se tornou rara em esportes de alto nível, e a grande preocupação é fazer com que o atleta se recupere no menor tempo possível para voltar às competições.

De acordo com Feitoza e Martins Júnior (2000, p.143,144), a maior ocorrência de lesões e as suas diversidades variam de acordo com a modalidade do esporte praticado pelo atleta e depende da parte do corpo exigida. Contudo, em praticamente todos os esportes de alto rendimento podem ocorrer fraturas ósseas devido ao

treinamento pesado e as competições intensas. Segundo Arena e Carazzato (2007, p.217), no futsal cerca de 26% das lesões sofridas são constituídas de fraturas ou luxações; no atletismo cerca de 5% dos corredores já tiveram algum tipo de fratura e em algumas modalidades de luta como o mixed martial arts (MMA) podem ocorrer trauma da face, fratura de dedos, dentre outras lesões que ocorrem durante o combate.

Uma fratura pode impedir o atleta da prática desportiva por um longo período de tempo, o que resulta em prejuízo para ele ou seu clube, além de provocar a perda de condicionamento físico e de massa muscular, conforme o tempo em que ele esteja impossibilitado de se exercitar. Nesse cenário, a utilização de biomateriais com propriedades bioativas pode ser bastante útil. Através da utilização de materiais bioativos, as fraturas podem ser recuperadas em um menor tempo, possibilitando o retorno do atleta aos treinamentos mais rapidamente.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho consistiu em realizar um levantamento bibliográfico sobre a história, as características e a classificação dos biomateriais, com base em artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado que versam sobre o tema.

Além disso, foi realizada uma análise das lesões ósseas mais freqüentes que afetam os desportistas, estabelecendo-se um vínculo com os tipos de biomateriais pesquisados e os processos de recuperação dos atletas lesionados. Dessa forma, pode-se estabelecer um paralelo entre as características dos biomateriais e os tipos de lesões, permitindo a constatação dos parâmetros que devem ser empregados na determinação do tipo de substância a ser aplicada na recuperação de lesões ósseas decorrentes de práticas desportivas.

Este trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada a constituição da estrutura óssea dos seres humanos; na seção 3, discutem-se as características das fraturas e microfraturas; na seção 4, analisam-se os biomateriais e suas classificações e na seção 5, são realizadas as considerações finais, destacando-se as aplicações dos biomateriais na medicina desportiva.

3 ESTRUTURA ÓSSEA

De acordo com Maschio (2009, p.3), os ossos tem como finalidades básicas fornecer sustentação ao peso do corpo, fornecer um local rígido para que tendões e ligamentos se fixem, e fornecer proteção a partes vulneráveis como no caso do crânio.

Os ossos são compostos por uma matriz orgânica rígida composta principalmente de fibras colágenas que representam cerca de 30% do osso, sendo os outros 70% composto de sais, principalmente cálcio e fosfato. Segundo Nakagawa (2004, p.4), a proporção de cálcio e fosfato varia de indivíduo pra indivíduo de acordo com sua alimentação podendo ser encontrados valores Ca/P de 1,3 a 2,0.

Os ossos são estruturas vivas e estão continuamente se renovando. Osteoblastos são as células ósseas jovens e tem a função de formação, enquanto os osteoclastos tem a função de absorção óssea. Em indivíduos adultos, as taxas de deposição e reabsorção óssea são iguais mantendo estável a massa óssea. Na ocorrência de uma fratura, os osteoblastos são exigidos ao máximo para a reparação dos traumas.

4 FRATURAS E MICROFRATURAS

A fratura óssea é definida como o sendo a ruptura ou quebra parcial ou total do osso, interrompendo sua continuidade. Segundo Maschio (2009, p.3), as fraturas ósseas podem ser classificadas em transversais, espirais, obliquas ou comunicativas, dependendo do tipo e direção da fratura.

A alta intensidade em que os atletas competem faz com que seus corpos sejam exigidos próximo do limite máximo. Devido aos treinamentos e às competições, o sistema ósseo é constantemente exposto a esforços como tração, compressão, torção e flexão, podendo gerar microfraturas ou mesmo fraturas completas dependendo da intensidade do esforço físico.

Lucena et al. (2011, p.2) afirma que um dos mecanismos básicos de lesão desportiva é o uso em excesso sistema ósseo ou muscular, chamado de overuse. De acordo com Cruz et al.(2009, p.3), a Teoria da Supercompensação afirma que um tecido lesionado durante o processo de recuperação biológica se supercompensa, aumentando o numero de fibras musculares, no caso dos músculos e no caso dos ossos, gerando a deposição óssea. Dessa forma, o músculo fica maior e mais forte que antes da lesão, e o osso tem o aumento da sua densidade mineral e da sua espessura cortical. No entanto,

muitas vezes a intensidade e a frequência dos treinos fazem com que o exercício ocorra durante o processo de recuperação das lesões sofridas durante o último treino, não permitindo a cura das lesões sofridas e fazendo novos microtraumas, o que pode gerar fraturas por estresse no sistema esquelético, podendo ser necessária a intervenção cirúrgica.

A fratura também pode ocorrer por um trauma direto, quando um osso é colocado sobre uma tensão além de sua capacidade mecânica. Este tipo de lesão ocorre em esforços muito intensos como em uma colisão durante uma partida, uma joelhada nas costelas ou o impacto do pé com o solo durante salto em distância.

Para que possa ocorrer a calcificação, processo que permitirá unir novamente o osso quebrado é necessário imobilizá-lo por meio de fixadores como pinos, placas e fixadores externos, além de processos de imobilização por gesso e tala. Conforme Silva (2004, p.48), os materiais utilizados na fabricação dos fixadores devem ter características que possibilitem que o implante desempenhe sua função, minimize a rejeição do organismo, e com a utilização de materiais bioativos, que acelere o processo de reparação.

4.1 FRATURAS MAIS RECORRENTES NOS ESPORTES

Cada esporte está suscetível a ocasionar fraturas características, que dependem dentre outros fatores das partes do corpo envolvidas, da quantidade de jogadores envolvidos, da velocidade e da possibilidade de contato físico entre os praticantes.

Em esportes como o jiu-jitsu e judô é comum a ocorrência de fraturas na clavícula, em geral devido as quedas contra o solo comuns nesses esportes. Fraturas nas mãos ocorrem com os praticantes de boxe devido aos golpes que desferem sobre o oponente. No MMA, devido à utilização de várias técnicas de combates, além das lesões citadas também podem ocorrer outras como traumas na face, tibia entre outros.

Os traumas faciais incluem fraturas na mandíbula, fratura nasal, fratura tipo Le Fort, entre outras. Essas lesões em geral são causadas por impactos de grande energia. Essas fraturas geralmente são tratadas com a restauração dos ossos através de uma fixação por mini ou micro placas e parafusos de titânio.

De acordo com Rocha et al (2000, p.145), as fraturas por fadiga podem ocorrer no atletismo, vôlei e tênis devido à repetição dos mesmos movimentos sucessivamente e do treino excessivo.

No futebol e em outros esportes com bola podem ocorrer fraturas na tíbia, ocasionadas pelos intensos treinamentos e jogos que contem arrancadas, freadas rápidas, bruscas mudanças de direção além de possíveis impactos entre os jogadores em alta velocidade. Em lutas de artes marciais, que utilizam a perna para golpear, também pode ocorrer a fratura da tíbia. Tais esforços físicos podem ocasionar uma carga mecânica superior a resistência elástica do osso.

As fraturas de tíbia causam um edema instantâneo e muita dor. De acordo com Maschio (2009, p.4) o tratamento pode ser feito com a instalação de uma haste metálica fixada por parafusos para unir e alinhar os ossos fraturados da maneira correta.

5 MATERIAIS DE IMPLANTE

Os implantes são utilizados por seres humanos há muito tempo. Civilizações antigas como fenícios e egípcios empregavam ouro em implantes dentário. Outros povos como etruscos usavam dentes de animais, que eram reduzidos e adaptados para servirem de prótese. Há relatos na literatura romana que além do ouro esta civilização utilizava o mármore para confecção de implantes.

Restaurar ou substituir partes danificadas dos tecidos humanos é uma das preocupações na área da saúde, não apenas para que o paciente sobreviva, mas também para que ele tenha qualidade de vida.

De acordo Nakagawa (2004, p.1), para a seleção de materiais utilizados em implantes internos, devem-se levar em consideração suas propriedades físicas, químicas, seus requisitos mecânicos, a reação causada pelo material sobre o meio biológico e a influência do meio biológico sobre ele. O material também não deve ser tóxico, antígeno, cancerígeno ou mutagênico. Dependendo do tipo de interação que o implante tem com os tecidos vivos o material pode ser classificado como tóxico, bioinerte, bioativo e biodegradável.

5.1 MATERIAIS TÓXICOS

Os materiais tóxicos quando implantados causam a morte das células e danos aos tecidos adjacentes ou danos sistêmicos ao tecido, pois o material libera substâncias que são levadas pelos fluidos tissulares. Como resposta do organismo, o material é encapsulado, isolando o implante. A maioria dos metais e polímeros causam esta reação de proteção.

5.2 MATERIAIS BIOINERTES

Os materiais bioinertes são estáveis quimicamente, o que os torna menos sujeitos a reações biológicas adversas como uma inflamação. Esses materiais não formam uma ligação química forte com os tecidos vizinhos. Devido à liberação de íons eles são encapsulados pelo organismo através de uma capa fibrosa de colágeno. As cerâmicas como a alumina e a zircônia além de metais como o titânio e suas ligas, aço inoxidável e ligas de cobalto-cromo estão nesta classe.

A alumina possui uma boa estabilidade química, resistência à fricção e desgaste, porém tem a limitação de apresentar baixa tenacidade, resistência a tração e flexão.

Por sua vez, a zircônia apresenta maior tenacidade que a alumina permitindo maior liberdade dimensional das próteses.

O aço inoxidável austenítico tem alta resistência a corrosão quando comparado a outros aços e apresenta boas propriedades mecânicas, além de geralmente apresentar preços bem menores que os de outros metais usados para implantes. Apesar de sua resistência, a corrosão pode ocorrer dependendo do tempo que a prótese fica implantada, sendo recomendada a remoção desta após o período de 1 a 2 anos em jovens. Outro fator limitante desse material é a liberação de íons de cromo e níquel, que tem podem ter efeitos alergênicos e oncogênicos.

Vergani et al (1994, p.300) afirma que ligas de cobalto-cromo utilizadas em implantes apresentam composição básica de 70% cobalto e 30% cromo. Esta liga apresenta alta resistência mecânica, alta resistência à fadiga e alta resistência à corrosão e tem baixo custo quando comparada a ligas de metais nobres.

O titânio é o metal mais usado em implantes. Ele apresenta alta resistência mecânica, alta resistência a corrosão, além de apresentar uma elevada resistência/peso, sendo 55% menos denso que o aço. O titânio possui módulo de elasticidade mais baixa que o aço e mais alta que o dos ossos. Através da técnica chamada biometismo é possível fazer com que este material bioinerte tenha sua superfície codificada, fazendo com que fique bioativo.

5.3 MATERIAIS BIOATIVOS

Os materiais bioativos não são encapsulados pelo organismo como os tóxicos e bioinertes. Eles têm a capacidade de interagir com os tecidos adjacentes,

estabelecendo uma interface capaz de suportar cargas funcionais, havendo uma ligação química estável entre a prótese e o tecido. Tal característica permite que esses materiais tenham uma melhor fixação evitando a movimentação do implante, apresentando capacidades osteocondutoras e acelerando o processo de recuperação. A sua principal desvantagem é a baixa resistência mecânica quando comparada com a dos metais. As cerâmicas como o vidro bioativo, vitro-cerâmicas e cerâmicas a base de fosfato de cálcio provocam esse tipo de reação e são classificadas como materiais bioativos.

Os vidros bioativos e as vitro-cerâmicas são compósitos geralmente contendo substâncias como sílica, fosfato, cálcio e soda. Quando um biovidro é imerso em meio aquoso ocorre uma reação de troca iônica resultando em uma camada de hidroxiapatita cristalina em sua superfície. Os biovidros e cerâmicas podem ser utilizados para preenchimento de defeitos ósseos, pois são incorporadas a estrutura óssea devido a suas características bioativas.

Os fosfatos de cálcio destacam-se entre os materiais bioativos por possuírem características físicas, químicas e mecânicas semelhantes as dos ossos. Existem vários tipos de fosfato de cálcio, que são classificados de acordo com sua razão Ca/P, que pode variar de 0,5 a 2,0. Recentemente esses biomateriais passaram a ser amplamente utilizados na ortopedia e odontologia. O fosfato de cálcio mais abundando no corpo humano é o que apresenta composição química e estequiometria semelhantes a da hidroxiapatita, o que dá a esta substância grande destaque entre os biomateriais de fosfatos de cálcio. Ela também apresenta ausência de toxicidade e ausência de respostas inflamatórias.

5.4 MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS

Os materiais biodegradáveis possuem uma composição que é degradada pelo meio biológico ou podem ser digeridos pelas células macrófagas. Esses materiais se dissolvem gradualmente e são substituídos pelo tecido em formação, promovendo assim o crescimento ósseo. Por essa razão ele deve ter sua taxa de reabsorção igual à taxa de crescimento ósseo. A hidroxiapatita de baixa densidade e fosfato tricálcio são exemplos de materiais biodegradáveis. Os materiais feitos para esse fim tem uma maior porosidade para que haja uma maior penetração do osso, porém isto resulta em menor resistência mecânica.

De acordo com Ribeiro (2003, p.25), o fosfato tricálcio tem sido foco de estudo devido a suas boas características de biocompatibilidade além de sua propriedade de endurecimento que resulta em uma boa remodelagem a adaptação do implante.

5.5 RECOBRIMENTO POR MATERIAIS BIOATIVOS

Os materiais bioativos e biodegradáveis além de serem incorporados aos ossos e estabelecerem uma ligação capaz de suportar cargas funcionais, tem a capacidade de acelerar a recuperação do paciente. Sua principal desvantagem é a baixa resistência mecânica que muitas vezes limita a sua utilização em implantes com fins estruturais.

Os metais por sua vez apresentam alta resistência mecânica, normalmente maior que a do osso cortical, porém a troca iônica com o meio biológico em que está inserido causa uma resposta de proteção do organismo, causando seu encapsulamento, que impede a formação de uma ligação química entre a estrutura óssea e o implante.

Segundo Nakagawa (2004, p.16), a utilização de materiais bioativos e biodegradáveis para o recobrimento de próteses metálicas possibilita a obtenção de um implante com alta resistência mecânica e com osteointegração.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os esportes a nível profissional exigem esforços de seus atletas até próximo do limite máximo. Esses treinamentos intensos e de grande desgaste físico são executados por longos períodos de tempo. Tais fatores fazem com que a longo prazo uma lesão seja praticamente inevitável.

As fraturas e microfraturas estão presentes na maioria dos esportes e podem impossibilitar um atleta de praticar atividade física por um tempo que pode variar de semanas a meses.

Quando o atleta se lesiona é muito importante que ele se recupere o mais rápido possível, evitando a perda da forma física e garantindo a participação em competições.

A maioria das próteses atuais é fabricada em titânio por possuir propriedades mecânicas mais próximas a do osso. O titânio puro apresenta boas características e tem uma resposta biológica favorável em grande parte das aplicações, porém assim como os

outros metais, suas características osteocondutoras e de bioatividade não são boas se comparadas à de materiais biodegradáveis e bioativos.

Com a utilização dos materiais bioativos e biodegradáveis é possível obter uma série de benefícios como: a aceleração da recuperação do atleta, possibilitando uma volta mais rápida aos treinamentos, minimizando as perdas de condicionamento físico e permitindo que retorne ao seu auge em um intervalo de tempo menor; a diminuição da chance de uma possível rejeição do organismo aos materiais utilizados, o que resultaria em possíveis danos a saúde atleta além de um tempo mais longo de recuperação; e a melhor fixação do implante ao paciente, que devido a ligação química e ao tecido que se forma em sua superfície, permite suportar as cargas que podem ocorrer sobre o local do implante.

A maior limitação para a utilização de materiais bioativos é a sua baixa resistência mecânica quando comparada à dos metais, o que não permitiria sua utilização em determinadas aplicações. Nesses casos a utilização de materiais bioativos como recobrimento de metais permite que a prótese tenha as características bioativas somadas a resistência mecânica necessária.

O estudo analítico dos biomateriais tem se constituído como alvo de pesquisa de engenheiros mecânicos e engenheiros de materiais, médicos, odontologistas e educadores físicos, nas últimas décadas, causando uma revolução no tratamento e na recuperação de lesões ósseas e musculares.

REFERÊNCIAS

CRUZ, W. M.; STAVISKI, G.; FELIPE, J; BRASIL, V. Z.; ANDRADE, A. Compreendendo o processo de recuperação física e psicológica de atletas de futebol de alto rendimento.

Revista Digital, Buenos Aires, Ano 14, n.137, out. 2009. Disponível em <<http://www.efdeportes.com/efd137/recuperacao-fisica-e-psicologica-de-atletas-de-futebol.htm>>. Acesso em 10 de julho de 2012.

ARENA, S. S.; CARAZZATO; J. B. A relação entre o acompanhamento médico e a incidência de lesões esportivas em atletas jovens de São Paulo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.13, n.4, p. 217-221, jul./ago.2007.

FEITOZA, E. J.; MARTINS JÚNIOR, J. LESÕES DESPORTIVAS DECORRENTES DA PRÁTICA DO ATLETISMO. **Revista da Educação Física/UEM**, Maringá, v.11, n.1, p. 139-147, 2000.

NOBRE, Thatiana Lacerda. **Lesões no MMA**. Disponível em <<http://www.portaleducacao.com.br/fisioterapia/artigos/11964/lesoes-no-mma>> Acesso em 12 de julho de 2012.

NAKAGAWA, D. **OTIMIZAÇÃO NA PREPARAÇÃO DE RECOBRIMENTO DE HIDROXIAPATITA PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS E TESTES DE CITOTOXICIDADE**. 2004. 76f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, UniVap, São José dos Campos, 2004.

OLIVEIRA, M. **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE BIOMATERIAIS À BASE DE FOSFATO DE CÁLCIO**. 2004. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Escola de Engenharia da UFMG, UFMG, Belo Horizonte, 2004.

MASCHIO, Michel. **ABORDAGEM FISIOTERAPÊUTICA EM PACIENTE COM FRATURA DE TÍBIA E FÍBULA. RELATO DE CASO**. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAjUAL/artigo-fratura-tibia-fibula>>. Acesso em 12 de julho de 2012.

LUCENA, M. C. G.; SANTOS, C. A.; CARREIRO, D. L.; COUTINHO, L. T. M. COUTINHO, W. L. M.; Incidência de lesões esportivas em atletas de voleibol profissional. **Revista Digital**. Buenos Aires, Ano 15, n.152, jan. 2011. Disponível em <<http://www.efdeportes.com/efd152/lesoes-esportivas-em-voleibol-profissional.htm>>. Acesso em 12 de julho de 2012.

ROCHA, Paulo Ricardo Piccoli. **FRATURAS POR STRESS EM ATLETAS**. Disponível em <http://www.paulopiccoli.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=8>. Acesso em 12 de julho de 2012.

SILVA, C. C.; TEIXEIRA, A. S.; GOLDBERG, T. B. L.; O esporte e suas implicações na saúde óssea de atletas adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, n.6, nov./dez 2003.

RONCAGLIA, Tatiana. **HISTÓRIA DA PRÓTESE**. Disponível em <<http://www.ident.com.br/tatiana/artigo/240-historia-da-protese>>. Acesso em 5 de agosto de 2012.

SILVA, Marcelo Henrique Prado da. **APOSTILA DE BIOMATERIAIS**. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAojYAC/apostila-biomateriais>> Acesso em 5 de agosto de 2012.

SOARES, Gloria de Almeida. **Biomateriais**. Fórum de Biotecnologia Biomateriais. Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, 2005, f.84

VERGAM, C. E.; LEONARDI, P.; CUCCI, A. L. M.; GIAMPAOLO, E. T.; ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE LIGAS METÁLICAS PARA PRÓTESES PARCIAIS REMOVÍVEIS. **Revista de Odontologia da UNESP**, São Paulo, p.297-305, 1994.

HELITO, S.; KAUFFMAN, P. Ortopedia – fraturas e doenças osteomusculares. In HELITO, S.; KAUFFMAN, P (Orgs). SAUDE - ENTENDENDO AS DOENÇAS, A ENCICLOPÉDIA DA FAMÍLIA. 1 ed. Editora Nobel, 2006. Cap 30, p 665.

WULKAN, M.; PARREIRA JR, J. G.; BOTTER, D. A. EPIDEMIOLOGIA DO TRAUMA FACIAL. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, 290-295, 2005.

COLLARES, Marcus Vinícius Martins. **TRAUMATISMO FACIAL**. Disponível em <<http://www.abcdasaude.com.br/artigo.php?426>>. Acesso em 6 de agosto de 2012.

RIBEIRO, C. **PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CERÂMICAS À BASE DE HIDROXIAPATITA E FOSFATO-TRICÁLCICO**. 2003. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.