

## **Materiais cerâmicos utilizados para implantes**

**V. V. C. Azevedo<sup>1\*</sup>; S. A. Chaves<sup>1</sup>; D. C. Bezerra<sup>1</sup>; A. C. F. M. Costa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso , 882, CEP 58109-970, Campina Grande – PB

(Recebido em 14/11/2007; revisado em 10/12/2007; aceito em 28/12/2007)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

---

### **Resumo:**

A necessidade de obtenção de novos materiais para substituição de partes do corpo humano que foram destruídas ou danificadas conduziu os cientistas das mais diferentes áreas à investigação das biocerâmicas desde os anos 70, devido, os materiais metálicos até então em uso, começarem mostrar problemas no implante. A vantagem de utilizar biocerâmicas se dá pelo fato de serem os materiais que mais se assimilam com o tecido do osso, apesar da baixa propriedade mecânica quando comparada aos metais. Neste contexto, este trabalho relata uma visão global sobre as biocerâmicas utilizadas em implantes ortopédicos e odontológicos dando destaque aos implantes osseointegrados.

**Palavras-chave:** biomateriais; biocerâmicas; implantes

---

### **Abstract:**

The need for new materials to substitute injured or damaged parts of the human body has led scientists of different areas to the investigation of bioceramics since the 70's years, due to the metallic materials, until then in use, start to show problems in the implant. The advantage in using bioceramics is due to the fact that these materials have properties very close to the bone tissue, in spite of the low mechanical strength when compared to the metals. In this context, this work presents an overview about bioceramics used in orthopedics and odontologic implantations, with detached to the osseointegrated implants.

**Keywords:** biomaterials; bioceramics; implants

---

---

\* E-mail : [valleriavitall@oi.com.br](mailto:valleriavitall@oi.com.br) (V. V. C. Azevedo)

## 1. Introdução

De maneira sucinta pode-se dizer que o corpo humano é constituído por três componentes básicos: água, colágeno e hidroxiapatita. Este último composto representa a fase mineral dos ossos e dentes, que é responsável por fornecer estabilidade estrutural ao corpo, protegendo órgãos vitais como pulmões e coração e funcionando como um depósito regulador de íons. Em casos de acidentes, doenças ou por desgaste, os ossos podem vir a perder sua funcionalidade e, neste caso, na busca pela melhoria da qualidade de vida, a ciência desenvolveu os biomateriais e dentre eles está a biocerâmica [1].

## 2. Origem da Biocerâmica

A utilização de cerâmicas como biomateriais remonta a 1894, quando Dreesman relatou o uso de gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) como um possível substituto para ossos. Este material apresenta uma resistência mecânica muito baixa e é completamente reabsorvido pelo organismo, resultando em uma rápida fragmentação e degradação. Tais propriedades pouco atrativas praticamente excluíram a utilização do gesso como biocerâmica em implantes [1].

Em 1967, Hench, um engenheiro especializado em cerâmica, durante uma conferência do exército americano, relatou que um Coronel que havia acabado de voltar do Vietnã e reclamava que milhares de soldados estavam tendo braços e pernas amputados devido a implantes defeituosos, metais e plásticos que eram rejeitados pelo corpo [1].

O cientista e engenheiro Hench da Universidade da Flórida iniciou um trabalho com verba do exército americano em setembro de 1969 e dois meses depois apresentou um vidro que se soldava tão bem aos ossos e tecidos de ratos, que os pesquisadores não conseguiam separá-los. Aparentemente o vidro que Hench havia desenvolvido atraía as células ósseas [1].

Em 1985, depois de extensos testes e aperfeiçoamentos a *Food & Drug Administration* (FDA) aprovou a petição da *U.S. Biomaterials Corp.*, de Baltimore, de utilizar o *Bioglass*, como agora é chamado, para substituir os ossos do ouvido médio, restaurando a audição. Hench havia descoberto uma nova classe de materiais médicos, também conhecidos como biomateriais: a biocerâmica. Esta categoria inclui todos os tipos de cerâmicas implantados no corpo humano [1].

## 3. Características das biocerâmicas

As cerâmicas empregadas no corpo humano podem ser divididas nas três classificações de biomateriais: inerte, biodegradável e bioativo. Os

três principais tipos de resposta de tecidos. Os materiais inertes (mais estritamente quase inertes) causam resposta de tecidos mínima ou nula. Materiais ativos estimulam a ligação de tecido vizinho com, por exemplo, estímulo de novo crescimento ósseo. Materiais degradáveis, ou reabsorvíveis, são incorporados no tecido vizinho, ou podem até mesmo ser completamente dissolvidos após certo período de tempo [2].

Biocerâmicas satisfazem necessidades tão diversas quanto: baixos coeficientes de atrito para a lubrificação de próteses de juntas, superfícies de válvulas de coração que evitam coagulação do sangue, materiais que estimulem o crescimento ósseo e aqueles que podem prender espécies radioativas para tratamentos terapêuticos [2].

Estes materiais podem ser encontrados na forma de microesferas, camadas ou coberturas finas em implantes metálicos, redes porosas, compostos com componentes polímeros (compósitos). Materiais que podem ser classificados como biocerâmicas incluem alumina, zircônia, fosfatos de cálcio, vidros ou vidros cerâmicos a base de sílica, carbonos pirolíticos [2].

## 4. Fosfato de cálcio

Existe uma série de cerâmicas de fosfato de cálcio consideradas biocompatíveis. Destas, a maioria é reabsorvível e dissolverá quando expostas a ambientes fisiológicos. Em ordem de solubilidade estes materiais incluem [3]:

- Tetracalcium Phosphate ( $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$ )
- Fosfato de cálcio amorfo
- alpha-Tricalcium Phosphate ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )
- beta-Tricalcium Phosphate ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )
- Hidroxiapatita ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ )

Ao contrário dos outros fosfatos de cálcio, a hidroxiapatita não quebra sob condições fisiológicas. De fato, é termodinamicamente estável em pH fisiológico e participa ativamente na ligação óssea, formando ligações químicas fortes com os ossos em volta. Esta propriedade tem sido explorada para recuperação óssea rápida após traumas mais complexos ou cirurgia [3].

As propriedades mecânicas da hidroxiapatita não a torna apropriada para aplicações de resistência à carga, como em ortopedia. Porém, é utilizada como cobertura em materiais como titânio e ligas de titânio, onde suas propriedades bioativas contribuem efetivamente para que haja uma maior osseointegração entre o metal e osso. Neste caso, o componente metálico contribui com a resistência mecânica suportando o peso. Estas coberturas usando hidroxiapatita são aplicadas por pulverização de plasma. No entanto, é preciso um

grande controle dos parâmetros de processamento para evitar decomposição térmica da hidroxiapatita em seus fosfatos de cálcio solúveis, devido às altas temperaturas de processamento utilizadas [3].

A Figura 1 ilustra a preparação de prótese com biocerâmica.



Figura 1: Cobertura de prótese – CAM Implants, por pulverização com plasma [3].

Substitutos de ossos e implantes reabsorvíveis podem ser produzidos quando a hidroxiapatita e outras variantes de fosfato de cálcio são utilizadas na fase cerâmica. Estas espumas possuem a habilidade de manter e estimular o crescimento de células humanas; poros com tamanhos variando entre 100 e 200  $\mu\text{m}$  permitem o crescimento de osteoblastos acima e dentro dos poros, levando à formação de osteróides que mineralizam dentro dos poros. Condições de processamento que resultem na presença de microporosidade de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  nas paredes dos poros são importantes para a fixação efetiva das células e crescimento interno. Tanto a microporosidade quanto a macroporosidade afetam a morfologia celular e o grau de infiltração celular [3].

O controle de porosidade da hidroxiapatita também permite grande potencial no desenvolvimento de implantes para a liberação lenta de agentes terapêuticos.

A Figura 2 ilustra o crescimento de uma célula humana ao longo de uma superfície de hidroxiapatita.

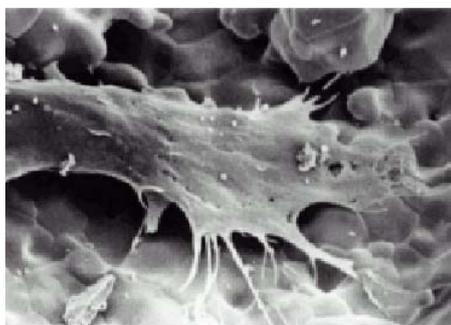


Figura 2. Célula de osso longo humana crescendo sobre a superfície de espuma cerâmica de hidroxiapatita [3].

A biocerâmica de fosfato de cálcio biofásico poroso para implante orbital, consistindo de cerca de 77% b-TCP e 23% de HAp foi desenvolvido como uma alternativa de custo baixo para implante orbital comercialmente disponível. O tamanho do poro do material que é de 198  $\mu\text{m}$  contribuiu para o crescimento fibrovascular precoce nos poros do implante. 12 órbitas de 6 gatos adultos domésticos sofreram implantação orbital. Os resultados dos testes de biocompatibilidade mostram para houve potencial excelente da biocerâmica desenvolvido no implante orbital para a reconstrução da fratura orbital. Sendo biocompatível, permitiu a vascularização, sendo resistente a resorção provou ter indução de osso fisiológico, como também propriedades de condução óssea [4].

O progresso notável da cerâmica em anos recentes resultou no desenvolvimento de materiais com propriedades químicas, físicas e mecânicas que são satisfatórios para as aplicações biomédicas. Os materiais cerâmicos usados para este propósito são conhecidos como biocerâmicas e os campos de aplicação incluem ortopedia, odonto-estomatologia, oftalmologia, cirurgia plástica e cirurgia cosmética. Entre os materiais biocerâmicas que estão sendo desenvolvidos, o fosfato de cálcio,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , foi estudado extensivamente devido a sua composição química e estruturas cristalinas que são semelhante à substância inorgânica do corpo humano [4].

Os fosfatos de cálcio é um grupo de combinações que são achadas naturalmente em ossos humanos e dentes. Eles existem em fases cristalinas diferentes e só a hidroxiapatita (HAp) e o tri-cálcio fosfato (TCP) são geralmente usados em sistemas biológicos como raízes de dente artificiais, implantes ósseos e articulares. Recentemente, a HAp foi prosperamente usado como implante do platô orbital. Como visto na Figura 1, são utilizados implantes do platô orbitais para reconstrução do chão orbital. É usado para substituir a fratura do chão orbital de um indivíduo como resultado direto e indireto (estouro) de objetos que causam força de compressão que afeta diretamente a parte póstero-mediana do osso maxilar. O conserto do chão orbital requer a limpeza e retirada dos tecidos orbitais e a colocação de um implante orbital em cima da fratura, para prevenir o procolapso periódico e a adesão [4].

Os enxertos ósseos autógenos foram tradicionalmente usados como material de reconstrução para a fratura do chão orbital desde que eles provêm fontes viáveis para os osteoblastos conduzindo à osteoprodução, fortalecendo o esqueleto para substituir a perda de tecido ósseo (osteoprodução), e habilidade para estimular a formação do osso novo (osteoprodução). Porém, eles estão sendo criticados para a resorção imprevisível. Estas desvantagens iniciaram o nascimento dos aloplásticos porosos como a hidroxiapatita coralíneo em 1986 e o polietileno

poroso em 1991. Esta nova geração de implante orbital substituiu as propriedades osteocondutivas e osteoindutivas. Na Filipinas, estes implantes são adquiridos somente por importação e o uso dos implantes de hidroxiapatita coralíneas não é aceito amplamente por causa do alto custo. A preocupação crescente para abaixar o custo destes materiais iniciou um interesse para desenvolver um novo material localmente para implantes do platô orbital que contém duas fases (bifásico) de fosfato de cálcio, a hidroxiapatita e o b-tricálcio fosfato. O estudo também aponta para avaliar a biocompatibilidade do implante biocerâmico orbital e demonstrar seu potencial como uma baixa alternativa de custo para implantes orbitais comercialmente disponíveis [4].

## 5. Alumina

A alumina ( $Al_2O_3$ ) é um material altamente inerte e resistente à maioria dos ambientes corrosivos, incluindo o ambiente altamente dinâmico que é o corpo humano. Sob condições fisiológicas é praticamente inerte, causando pouca ou nenhuma resposta dos tecidos em volta e mantendo-se essencialmente inalterado [5].

No entanto, o corpo humano a reconhece como material estranho e procura isolá-lo formando uma camada de tecidos fibroso não aderente em volta do implante onde necessário. As principais características que tornam a alumina adequada como biomaterial incluem [5]:

- alto grau de inércia química sob condições fisiológicas;
- alta resistência de uso;
- habilidade de ser polida com alto acabamento superficial;
- dureza excelente.

Devido à possibilidade de polimento com alto acabamento superficial e sua excelente resistência de uso, alumina é muito utilizada em superfícies em próteses de substituição de juntas. Tais aplicações incluem cabeças femurais para substituições de quadris e placas de uso em substituições de joelhos. Cabeças femurais de alumina são utilizadas em conjunto com uma haste femural metálica e um copo acetabular feito de polietileno de peso molecular muito alto (*ultra high molecular weight polyethylene* – UHMWPE) [5].

Alumina porosa também pode ser utilizada para repor largas sessões de osso que tenham sido removidas devido a enfermidades, como câncer. Estes podem possuir o formato de anéis concêntricos em volta de um pino metálico, inseridos acima do centro do osso remanescente. A natureza porosa destes implantes permite que o osso cresça dentro dos poros, efetivamente, a alumina estimula nova formação de ossos. A alumina também é utilizada em aplicações dentárias.

Especificamente para substituição de dentes. Em muitos destes casos alumina de cristal simples ou safira são utilizados. No entanto, atualmente tem sido substituída por outros materiais, como porcelana dentária [5].

A Figura 3 ilustra uma prótese de cabeça de fêmur de alumina.



Figura 3: Prótese de cabeça de fêmur [5].

## 6. Zircônia

Zirconia ( $ZrO_2$ ) não ocorre na natureza como óxido puro e é encontrado na badeleíta e na zirconita ( $ZrSiO_4$ ). Dos dois minérios, a zirconita é a mais abundante, porém menos pura e necessita de quantidade significativa de processamento para obter zirconia.

A zircônia é uma cerâmica polimorfa que possui três estruturas cristalinas: monoclinica, cúbica e tetragonal. A zircônia pura tem a estrutura monoclinica na temperatura ambiente e é estável até  $1.170^\circ C$ . Entre esta temperatura e  $2.370^\circ C$ , ela se transforma em zircônia tetragonal, e, acima de  $2.370^\circ C$ , em zircônia cúbica. Após o processamento, durante o resfriamento, a tetragonal se transforma em monoclinica a uma temperatura de  $970^\circ C$ , aproximadamente. Esta fase de transformação está associada a 3% a 4% de expansão volumétrica. O Ítrio é adicionado a zircônia para estabilização, então, a forma tetragonal pode existir na temperatura ambiente após a sinterização [6].

A fim de produzir componentes de zircônia, é preciso bloquear o material completamente na forma cúbica utilizando aditivos ou agentes estabilizantes. A adição de quantidades variáveis de estabilizadores cúbicos como  $CaO$ ,  $MgO$  e  $Y_2O_3$  permite a formação de zircônias parcialmente estabilizadas que, combinadas com variações de processos, podem resultar em cerâmicas que demonstrem propriedades excepcionais [6] tais como:

- alta resistência;
- alta resistência a fraturas;
- excelente resistência de uso;
- alta dureza;
- excelente resistência química;
- bom refratário;
- bom condutor de íons de oxigênio.

## 7. Carbono Pirolítico

Carbono pirolítico é geralmente utilizado em válvulas de corações artificiais e tem sido o principal material para esta aplicação nos últimos 30 anos. Propriedades que tornam este material apropriado para este uso incluem boa resistência, durabilidade e, mais importante, “trombo-resistência”, ou habilidade de suportar coagulação sanguínea. Carbono pirolítico também é utilizado em pequenas juntas ortopédicas como dedos e inserções espinhais [7].

## 8. Dispositivos biônicos

O uso de biocerâmica não se limita a próteses e enxertos. Desde que o engenheiro sueco Arne Larsson recebeu o primeiro marca-passo cardíaco completamente implantado, a mais de 40 anos, pesquisadores do mundo todo buscam formas de melhorar a vida das pessoas com dispositivos artificiais, biônicos. A cerâmica é utilizada desde corações artificiais até mesmo a olhos biônicos [8].

## 9. Implantes osseointegrados

O sucesso dos implantes osseointegrados é incontestável. Biologicamente, nos dias atuais, é indiscutível a possibilidade de se considerar a colocação de um implante para se repor dentes perdidos. Com o sucesso dos implantes houve uma preocupação muito grande em se solucionar esteticamente o tratamento restaurador. Sempre a problemática era colocada na posição do implante, no intermediário ou *abutment* e a sua inclinação [9].

Alguns fatores, relacionados à Implantodontia estética, estão intimamente ligados aos pilares, emergentes ou *abutments* que, ao longo do tempo, sofreram grandes transformações, buscando soluções estéticas adequadas [9].

Os pilares metálicos ganharam popularidade após a introdução do pilar Ucla que permite a individualização através de fundição, suportando prótese cimentada ou parafusada. Uma variedade de formas permitiu que pilares preparados à base de titânio (TiAdapt, Nobel Biocare; Anatomic abutment, SteriOss; PrepTite, 3i/Implant Innovations) tivessem o mesmo propósito. Em alguns casos, a correta seleção de um pilar de titânio e sua individualização permite a obtenção de

uma restauração com perfil de emergência e estética aceitável. Porém, em casos com margem de gengiva livre muito fina, corre-se o risco da região cervical ficar com um halo escuro visível devido à cor metálica do pilar, impedindo a difusão e reflexão da luz [10].

A necessidade estética e o desejo de não se ter estruturas metálicas são fatores que enfatizaram a importância dos sistemas cerâmicos. Componentes cerâmicos têm sido introduzidos por muitos fabricantes, proporcionando pilares mais estéticos que os metálicos. Os tipos disponíveis são: alumina, alumina/zircônia e zircônia. Esses pilares podem ser classificados em: pré-fabricados e personalizados [9].

O primeiro pilar cerâmico consistia de cerâmica de óxido de alumínio densamente sinterizado e estava disponível em apenas um formato, o qual requeria preparo para a individualização. Esses pilares de alumina, desenvolvidos pela Nobel Biocare, com o nome de Ceradapt, foram introduzidos em 1993, para serem utilizados em restaurações unitárias e próteses parciais fixas [11-13]. Posteriormente, outros materiais cerâmicos foram introduzidos como: Cerâmica baseada em alumina/zircônia infiltrada por vidro [14] e óxido de zircônio estabilizado com ítrio (YTZP) [15].

Os pilares de alumina são fabricados com óxido de alumínio densamente sinterizado. Atualmente, eles são fabricados, torneados e, posteriormente, sinterizados. A alumina normalmente contém a fase vítrea nos limites entre os grãos cristalinos, o que pode facilitar a remoção, ou seja, o preparo por desgaste do material. O pilar de alumina, devido a sua baixa resistência, é contra-indicado quando a altura for menor que 7 mm e a espessura das paredes axiais forem menor que 0,7 mm [16].

Para os pilares de alumina, uma redução excessiva para corrigir sua angulação pode causar um enfraquecimento das paredes axiais do pilar [17].

O ângulo criado entre o implante e a superfície vestibular do pilar cerâmico deve ser abaixo de 30°, a fim de se evitar um excessivo desgaste das paredes e a fratura do pilar. Clínicamente e proteticamente existem algumas dificuldades de se poder determinar o quanto pode ser desgastado durante o preparo, sem prejudicar as propriedades mecânicas destes pilares [16].

Os pilares de zircônia possuem características diferentes. As excelentes propriedades físicas do óxido de zircônia permitem a possibilidade de se individualizar um pilar, por meio do desgaste, sem ter que respeitar um tamanho mínimo, permitindo, assim, a confecção de restaurações mais estéticas [16].

O preparo do pilar de zircônia provoca, na superfície, uma transformação da fase tetragonal para monoclinica. A expansão volumétrica resultante dessa transformação causa uma tensão

compressiva de selamento das fissuras. Por isso é que o pilar de zircônia exibe maior tenacidade à fratura e resistência quando comparadas com as cerâmicas vítreas e infiltradas convencionais [18]. Por outro lado, um preparo inadequado e severo pode introduzir falhas profundas que podem atuar como concentradores de tensão, causando redução dos valores de resistência [18].

Os tecidos, as estruturas protéticas e o meio bucal têm um papel fundamental na obtenção e manutenção da osseointegração dos implantes dentais. O acúmulo do biofilme tem sido considerado como uma das principais causas de falhas nos implantes. Bactérias anaeróbicas e gram-negativas têm sido observadas com frequência associadas à periimplantite [19].

Outro fator de grande importância é a composição do pilar intermediário que parece influenciar bastante na formação e aderência epitelial na região onde o pilar se conecta com o implante. Num estudo realizado com cães [20], em 1998, foi verificado que os pilares cerâmicos de alumina permitem a formação e aderência de tecido epitelial e conjuntivo em torno de 1,5 a 2,0 mm de altura entre o nível ósseo e a mucosa periimplantar. A camada de superfície das cerâmicas é quimicamente estável, resistente à corrosão e, portanto, permite que as células se desenvolvam sobre ela [20].

O óxido de zircônia é biologicamente compatível e tem sido usado em componentes ortopédicos para restabelecimento da articulação do quadril [6].

Em estudo realizado *in vitro* e *in vivo*, monitorando e comparando a colonização bacteriana sobre superfícies de titânio grau 2 e zircônia (YTZP), observou-se que, de maneira geral, a zircônia acumulou menos placa que o titânio. Esse estudo incluiu um experimento *in vivo* para investigar a colonização precoce do biofilme, película de saliva, força de remoção relacionada com o fluxo salivar, músculos e atividade mastigatória. Segundo o autor, a zircônia é um material propício para a fabricação de pilares para implantes com um baixo potencial de colonização bacteriana. O titânio comercialmente puro é biocompatível, porém, no momento, discute-se a importância da utilização de pilares que possam minimizar os processos inflamatórios, favorecerem a aderência epitelial e proporcionar a estética [21].

Com a tecnologia da sinterização o sistema  $ZrO_2-Al_2O_3$  propicia, com a sua cerâmica de alumina e com 33% de zircônia, a obtenção de pilares que têm as características mecânicas desejadas e a possibilidade de se preparar personalizando de uma forma mais adequada, acrescentando cerâmica ou desgastando o próprio pilar, possuindo, também, as características de biocompatibilidade [22].

A Figura 4 apresenta microestruturas características dos sistemas  $ZrO_2-Al_2O_3$  utilizadas para implantes.

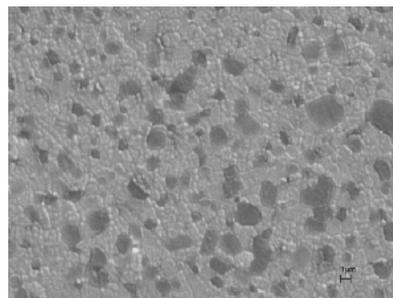


Figura 4: MEV do sistema  $ZrO_2-Al_2O_3$  [22].

As Figuras de 5 a 9 ilustram pilares osseointegrados de alumina/zircônia/vidro e o aspecto visual após implantado no paciente.

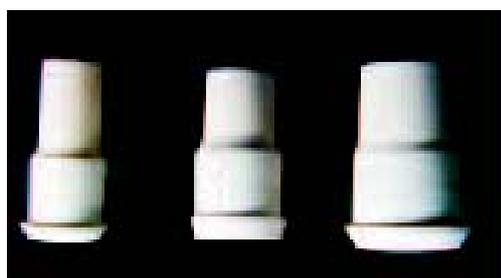


Figura 5: Pilares de alumina/zircônia/vidro disponíveis no mercado para implantes de diferentes diâmetros [9].



Figura 6: Conjunto pilar e adaptador para implantes [9].



Figura 7: Aspecto de coroas sobre os pilares [9].



Figura 8: Vista do pilar já implantado no paciente [9].



Figura 9: Restauração final [9].

A Tabela I mostra as propriedades mecânicas apresentadas pelos pilares alumina/zircônia/vidro.

Tabela I: Propriedades mecânicas dos pilares alumina/zircônia/vidro [9].

Composição	Resistência à compressão (MPa)	Tenacidade à fratura (MPa)	Tamanho de partícula ( $\mu\text{m}$ )
Alumina 35%/ Zircônia 35%/ Vidro 30%	500 - 600	4 - 5	3 - 5

## 10. Conclusões

A biocerâmica abrange uma área muito grande de aplicações médicas utilizando-se alta tecnologia para melhorar a qualidade de vida. É uma área da ciência dos materiais que ainda precisa ser melhor compreendida para que os materiais já existentes possam ser aprimoradas suas propriedades e para que novos materiais possam ser descobertos e aplicados.

Um pilar cerâmico utilizado com uma coroa totalmente cerâmica contribui para a otimização do resultado estético. Pode ser indicado para restaurações de incisivos e pré-molares, quando as forças oclusais forem leves ou moderadas e pouca ou nenhuma guia incisiva e canina. Uma restauração unitária sobre um pilar cerâmico é aceitável, especialmente na região anterior da maxila, onde as forças são bem menores e a estética muito importante.

Pode-se dizer que esta combinação pilar de zircônia/implante possui resistência semelhante ao conjunto pilar de titânio/ implante. Com certeza, devido à preocupação clínica, é nítida a busca de

componentes cerâmicos, com excelente resistência mecânica e compatibilidade biológica, adaptáveis aos diferentes implantes, e que supram a estética e a funcionalidade dos casos clínicos.

## Referências

- [1] Krieger, S. Biocerâmica. Universidade de São Paulo. Maio de 2003
- [2] G. Baehr, J. Day, L. Dieskow, D. Faulise, E. Overocker, J. J. Schwan; *Ceramics – Windows To The Future; Materials Science and Technology*, 1995.
- [3] Dr. K. Gross; *Bioceramics – An Overview Including Calcium Phosphates, Hydroxyapatite, Alumina, Zirconia and Pyrolytic Carbon; AZoM*; 28/11/2002.
- [4] Reyes, J. P.; Celorico, J. R.; Dela Cuesta, L. C.; Filio, J. M.; Daan, L. G.; Bernardo, S. T.; Abano, J. M. Bioceramic Orbital Plate Implant. *Journal of Materials on Line*. 2005
- [5] J. Czernuszka; *Biomaterials – an Overview; AZoM*; 26/02/2001.
- [6] Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial: Review. *Biomaterials* (1):1-25. 1999.
- [7] E. Y. Kawachi, C. A. Bertran, R. R. dos Reis, L. Alves, *Biocerâmicas: tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar; Química Nova* 23(4); 2000.
- [8] Dr. A. Ignatiev; *Bionic Eyes – Ceramic Microdetectors That May Cure Blindness; AZoM*; 29/07/2002.
- [9] Bottino, M. A.; Faria, R.; Buso, L.; Silgtz, F. Implantodontia estética: O desenvolvimento de um novo pilar. *Caderno Científico*, v. 2, nº6, 592-600, 2005.
- [10] Yildirim M, Edelhoff D, Hanisch O, Spiekermann H. Ceramic abutments — a new era in achieving optimal esthetics in implant dentistry. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 20(1):81-91, 2000.
- [11] Prestipino V, Ingber A. All-ceramic implant abutments: esthetic indications. *J Esthet Dent*; 8(6):255-262, 1996
- [12] Prestipino V, Ingber A. Esthetic high-strength implant abutments. Part II. *J Esthet Dent*; 5(2):63-68, 1993.
- [13] Prestipino V, Ingber A. Esthetic high-strength implant abutments. Part I. *J Esthet Dent*; 5(1):29-36, 1993.
- [14] Sadoun M, Perelmuter S. Alumina-zirconia machinable abutments for implant-supported single-tooth anterior crowns. *Pract*

- Periodontics Aesthet Dent*, 9(9):1047-1053; quiz 1054, 1997.
- [15] Wohlwend A, Studer S, Scharer P. The zirconium oxide abutment: An all-ceramic abutment for the esthetic improvement of implant superstructures. *QDT*; 63-74, 1997.
- [16] Boudrias P, Shoghikian E, Morin E, Hutnik P. Esthetic option for the implant-supported single-tooth restoration – treatment sequence with a ceramic abutment. *J Can Dent Assoc.*, 67(9):508-514, 2001.
- [17] Andersson B, Taylor A, Lang BR, Scheller H, Scharer P, Sorensen JA, Tarnow D. Alumina ceramic implant abutments used for single-tooth replacement: a prospective 1- to 3-year multicenter study. *Int J Prosthodont*, 14(5):432-438, 2001.
- [18] Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. Strength and reliability of surface treated Y-TZP dental ceramics. *J Biomed Mater Res*; 53(4):304-313, 2000.
- [19] Quirynen M, De Soete M, van Steenberghe D. Infectious risks for oral implants: a review of the literature. *Clin Oral Implants Res*, 13(1):1-19, 2002.
- [20] Abrahamsson I, Berglundh T, Glantz PO, Lindhe J. The mucosal attachment at different abutments. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol*, 25 (9):721-727, 1998.
- [21] Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, Torricelli P. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 17(6):793-798, 2002.
- [22] Daguano, J. K. M. F.; Teixeira, L. H. P.; Santos, Koizumi, C., M. H., Elias, C. N. O Compósito  $ZrO_2-Al_2O_3$  para Aplicação como Implante Odontológico. *Revista Matéria*, v. 11, n. 4, pp. 455 – 462, 2006.