



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira Eclesielter Batista Moreira João Luiz Rissardi Vanessa Corrêa de Andrade Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino Eclesielter Batista Moreira Ronaldo Luis Dos Santos Izzo Juliana Lundgren Rose Erico Rafael Da Silva Wagner Teixeira Felipe Perretto Roberto Pan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAgens DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes Augusto Montor de Freitas Luiz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>104</b>
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>116</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250611</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros  
Renata de Moraes Farias  
Palloma Borges Soares  
Ana Sofia Oliveira Japiassu  
Andressa Fiuza de Souza  
Igor Guimarães Matias

**DOI 10.22533/at.ed.30619250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 144**

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva  
Daiara Luiza Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.30619250613**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho  
Ricardo Antonio de Rezende  
Cibele Tunussi  
Marcos Vinicius Agapito Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.30619250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes  
Rafael Bergjohann  
Luiz Carlos de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.30619250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 176**

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva  
Raduan Krause Lopes  
Fabiano Medeiros Da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250616**

**CAPÍTULO 17 ..... 192**

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues  
Dilson Nazareno Pereira Cardoso  
Abel Jorge Rodrigues Ferreira  
Edinaldo José de Sousa Cunha  
Bruno Marques Viegas  
Edilson Marques Magalhães  
José Antônio da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.30619250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 200**

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira  
Talita Luana de Andrade  
Newton Soares da Silva  
Cristina Pacheco Soares  
Victor Carlos Pandolfelli  
Ivone Regina de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.30619250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli  
Paulo César Mappa  
Aellington Freire de Araújo  
Emerson Ricky Pinheiro  
Karoline Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza  
Paula de Oliveira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.30619250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 232**

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 250**

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas  
Djair Félix da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250622**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>262</b>
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>281</b>
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>294</b>
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>306</b>
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>336</b>
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>348</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250629</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>357</b>
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>371</b>
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250631</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>383</b>
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250632</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>393</b>

## AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

### **Renata Martins Parreira**

Universidade do Vale do Paraíba – Univap  
São José dos Campos - SP

### **Talita Luana de Andrade**

Universidade do Vale do Paraíba – Univap  
São José dos Campos - SP

### **Newton Soares da Silva**

Universidade do Vale do Paraíba – Univap  
São José dos Campos - SP

### **Cristina Pacheco Soares**

Universidade do Vale do Paraíba – Univap  
São José dos Campos - SP

### **Victor Carlos Pandolfelli**

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar  
São Carlos - SP

### **Ivone Regina de Oliveira**

Universidade do Vale do Paraíba – Univap  
São José dos Campos - SP

**RESUMO:** O aluminato de cálcio (CAC) tem sido avaliado por mais de duas décadas com relação as suas propriedades físicas, mecânicas e de biocompatibilidade. O sucesso de um biomaterial também depende da sua capacidade para evitar a contaminação durante a manipulação e inibir o crescimento de microrganismos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade bacteriana após contato de diferentes composições a base de CAC com

culturas dos microrganismos Staphylococcus aureus e Escherichia coli quando comparado com materiais comerciais usados na odontologia e ortopedia (MTA, Vidrion, Meron, PMMA). As composições foram preparadas pela adição ao CAC dos seguintes materiais (i) dispersante, (ii) plastificante e (iii) um dos compostos (alumina, zircônia, óxido de zinco, hidroxiapatita, fosfato tricálcico, quitosana e colágeno). Amostras foram colocadas em triplicata em contato com as culturas seguido de incubação por 24 horas. Após esse período, 150  $\mu$ L do sobrenadante foram retirados para leitura de densidade óptica (570 nm) usadas nos cálculos de viabilidade bacteriana. Menores valores de viabilidade bacteriana foram obtidos para as diferentes composições de CAC frente à S. aureus. Por outro lado, as composições não apresentaram o mesmo efeito contra E. coli. As amostras foram retiradas das soluções e após tratamento de fixação, secagem e metalização foram observadas em microscópio eletrônico de varredura.

**PALAVRAS-CHAVE:** cimento aluminoso, viabilidade bacteriana, Staphylococcus aureus, Escherichia coli.

EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF CEMENT COMPOSITIONS BASED ON CALCIUM ALUMINATE AGAINST THE

**ABSTRACT:** Calcium aluminate has been evaluated as the biomaterial for more than two decades with respect to its physical, mechanical, and biocompatibility properties. Success of a biomaterial depends on its ability to prevent contamination during handling and inhibit the growth of microorganisms. The objective of this study was to evaluate bacterial viability after contact with different CAC based compositions with cultures of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* as compared to commercial materials used in dentistry and orthopedics (Vidrion, Meron, PMMA). The compositions were prepared by adding the following materials to CAC (i) dispersing agent, (ii) plasticizer, and (iii) one of the compounds (alumina, zirconia, zinc oxide, hydroxyapatite, tricalcium phosphate, collagen, and chitosan). Samples (6 mm diameter x 2 mm thick) were placed in triplicate in contact with the cultures and incubated for 24 hours. After this period, 150  $\mu$ L of the supernatant were taken for 60° Congresso Brasileiro de Cerâmica 15 a 18 de maio de 2016, Águas de Lindóia, SP 1766 optical density reading (570 nm) used to calculate bacterial viability. Lower bacterial viability values were obtained for the different CAC compositions against *Staphylococcus aureus*. However, the compositions did not show the same effect against *Escherichia coli*. Samples were removed from the solutions, and after the fixing, drying, and plating treatments, were observed in a scanning electron microscope.

**KEYWORDS:** aluminous cement, bacterial viability, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

### 1 | INTRODUÇÃO

A aplicação do cimento de aluminato de cálcio (CAC) na área da saúde iniciou no campo odontológico, onde em 1987, Hermansson desenvolveu um processo químico com o objetivo de criar um novo restaurador dental mais biocompatível do que a amálgama. Durante os anos 90 a Doxa AB finalizou a formulação do material em uma versão comercial do cimento aluminoso chamado de Doxadent®, introduzido no mercado odontológico em 2000 (GRONBERG, 2004). O cimento de aluminato de cálcio comercial é composto principalmente pelas fases CA ( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) e  $\text{CA}_2$  ( $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ) as quais são responsáveis pelo seu processo de endurecimento hidráulico (PARKER et. al., 1982). A dissolução dessas fases em contato com a água promove a liberação dos íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  e  $\text{OH}^-$ , o que promove a saturação da solução, seguido pela precipitação de hidratos de aluminato de cálcio ( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e hidróxido de alumínio (ALT et. Al., 2003). Um cimento endodôntico a base de cimento de aluminato de cálcio (ECAC) vem sendo estudado visando preservar e ampliar as propriedades positivas e aplicações clínicas do material mais utilizado atualmente como um cimento reparador conhecido por MTA (mineral trioxide aggregate). O ECAC tem mostrado superar as limitações do MTA dentre as quais se destacam a baixa resistência mecânica (PANDOLFELLI et. al., 2007), escurecimento do dente ao longo

do tempo, pega lenta e alto custo (BORTOLUZZI et. al., 2007 & JACOBOVITZ et. al., 2008). O aluminato de cálcio também tem sido estudado como um cimento reparador em ortopedia (BÜRGER, 2010). O material de maior destaque nessas aplicações conhecido por PMMA (polimetilmetacrilato) também apresenta limitações como rápido endurecimento e elevada temperatura decorrente da reação de polimerização, exigindo grande cuidado durante a aplicação (ORÉFICE,2006). A alta velocidade de reação do polímero também pode ocasionar queda da resistência mecânica do material, associada à má homogeneização durante o preparo, bem como a incorporação de ar. Na fixação de próteses o cimento atua como homogeneizador e atenuador de altas tensões mecânicas, principalmente as de compressão. Falhas deste material podem ocasionar o deslocamento de próteses conduzindo inevitavelmente a novas cirurgias (ORÉFICE,2006 & SAHA 2004). Composição de CAC contendo zircônia também foi desenvolvida especialmente para aplicação em estabilização de fraturas de compressão vertebral, resultando em valores de resistência à compressão similar ao PMMA, estabilidade após seis meses em solução tampão de fosfato e porosidade de 10-15% (ENGQVIST et. al.,2008). A exemplo da composição CAC-zircônia, outros materiais também vêm sendo combinados visando melhorar as suas propriedades tais como alumina, óxido de zinco, fosfatos de cálcio, colágeno e quitosana. Algumas características que indicam vantagens da aplicação do CAC nas áreas da endodontia e ortopedia são: a sua coloração branca, o desenvolvimento de pega hidráulica não necessitando de campo seco para sua aplicação, baixa temperatura durante a pega e um tempo de reação que pode ser controlado pela adição de aditivos específicos. Além disso, os estudos envolvendo o desenvolvimento da composição do CAC para endodontia tem resultado em melhor fluidez, melhores condições de trabalhabilidade, maior resistência mecânica e reduzida porosidade, quando comparado ao MTA (PANDOLFELLI et.al., 2007 & OLIVEIRA et. al.,2010). Entretanto, poucos estudos têm sido encontrados na literatura sobre outras propriedades do material como a sua capacidade bactericida. É reconhecido que o sucesso de um material biocompatível depende da sua capacidade de evitar contaminação durante a fase de manipulação assim como de inibir o crescimento de microrganismos. A infecção por bactéria começa com a adesão da bactéria seguido da colonização das mesmas. Dessa forma, neste trabalho foram preparadas diferentes composições a partir da mistura de CAC com diferentes compostos (alumina, zircônia, óxido de zinco, hidroxiapatita, fosfato tricálcico, quitosana e colágeno), visando avaliar a viabilidade bacteriana em contato com tais composições quando comparado com produtos comerciais comumente usados na odontologia (MTA e ionômeros de vidro) e ortopedia (PMMA).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho foram: CACH, produzido pela mistura a seco de cimento de aluminato de cálcio com dispersante poliglicol (Bayer, 0,6%-p) e

plastificante  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Labsynth, 2,8%-p) em moinho de bolas durante 1 hora; e os compostos: (1) alumina calcinada (CT3000SG, Almatís), (2) zircônia monoclinica (CC-10, Saint-Gobain), (3) óxido de zinco (Synth), (4) hidroxiapatita (Sigma-Aldrich 21223), (5) fosfato tricálcico (Cadisa), (6) quitosana (Polymar) e (7) colágeno bovino (tipo I, JBS). Produtos comerciais foram usados como referência sendo eles: cimento ortopédico PMMA (Bio mecânica) e os cimentos odontológicos, MTA branco (Angelus), ionômero de vidro para base e forração (Vidrion F, SS White) e ionômero de vidro para cimentação e restauração (Meron, Voco). Os compostos foram adicionados ao CACH em teores 4%-p, seguido de homogeneização. As misturas foram usadas na preparação das amostras (6 mm de diâmetro x 2 mm de altura) com suspensões aquosas de 80%-p de sólidos. Apenas para colágeno e quitosana foi adicionado 1%-p e utilizado suspensões com 76 e 80%-p de sólidos. Os produtos comerciais foram preparados seguindo recomendações dos fabricantes. O MTA foi preparado usando água (76%-p de sólidos), para Meron e Vidrion foi adicionado pó ao líquido numa razão 1:1 enquanto para o PMMA foi misturado líquido ao pó numa razão 2:1. As amostras, com exceção de Meron, Vidrion e PMMA os quais apresentam cura imediata, foram colocadas em estufa a 37 °C em ambiente saturado durante 48 horas. Após a cura, as amostras foram esterilizadas a seco em estufa a 110 °C por 24 horas, seguido de tratamento em fluxo (UV) durante 20 minutos e usadas nos ensaios bactericidas. Foram utilizadas duas cepas bacterianas padrão da linhagem: (1) *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), Gram-positiva e (2) *Escherichia coli* (ATCC 25922) Gram-negativa. Inicialmente foram preparadas as soluções de meio de cultura e de soluções bacteriana. Para o preparo de 100 mL de solução de meio de cultura Luria Broth (LB, Sigma) foram diluídos 3,7 gramas de meio LB em 100 mL de água destilada seguido de agitação usando agitador magnético até que formasse uma mistura homogênea. Posteriormente, a solução foi autoclavada (121°C, 15 minutos) para esterilização e estocada em uma garrafa de vidro a 37°C. Para o preparo das soluções bacterianas foram utilizados 7 µL de uma solução bacteriana (cultura estoque) e 6 mL de meio de cultura LB estéril e armazenados em tubos de vidro 18x18 mm (Pyrex®). As soluções bacterianas foram incubadas em estufa (Fanem®) a 37 °C por um período de 24 horas. Para avaliação da ação bactericida, utilizou-se uma placa de 24 poços adicionando-se a cada poço 200 µL de meio LB e 5µL de solução bacteriana (~10<sup>6</sup> unidades formadoras de colônias/ml) seguido de tempo de incubação de 3 horas respeitando-se a taxa de crescimento exponencial, também chamada de fase log do crescimento bacteriano. Em seguida as amostras foram colocadas nos poços em triplicata, seguido de incubação pelo período de 24 h a 37 °C. Poços contendo meio e cultura bacteriana ou apenas meio LB estéril foram utilizados como controle positivo e negativo, respectivamente. Após o período de incubação uma alíquota de 150 µL do sobrenadante de cada poço foi retirada e levada para leitura utilizando o espectrofotômetro SpectraCount® (Packard) com um filtro de 570 nm. Dessa forma, medidas de densidade óptica das amostras (DO) foram analisadas. Após interação das culturas bacterianas com as amostras, estas também

foram fixadas em solução contendo paraformaldeído 4%, glutaraldeído 2,5% e PBS por 2 horas e lavadas duas vezes com PBS. Após este período, as amostras foram desidratadas em solução crescente de acetona (50 - 70 - 90 - 100%) com intervalo de 10 minutos, sendo a última de 30 minutos. Para as amostras comerciais (Merlon, Vidrion F e PMMA) utilizou-se apenas acetona 50% por 10 minutos. Após este período, as amostras foram secas em solução de HMDS (hexamethyldisilazane - Sigma-Aldrich Inc.) e metalizadas em um equipamento Emitech K550X. As análises foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura Zeiss EVOMA10.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de densidade óptica para as amostras em contato com os microrganismos *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* são apresentados na Figura 1.

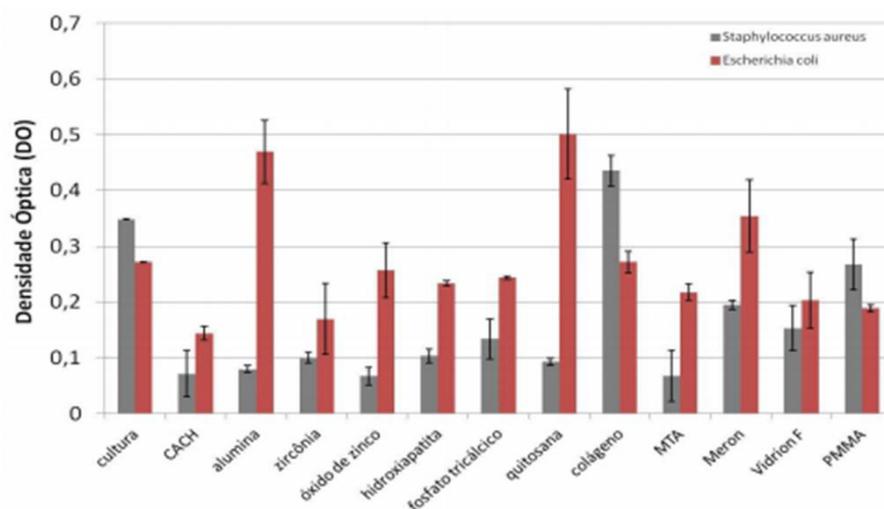


Figura 1. Densidade óptica para as amostras frente aos microrganismos *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*.

O aumento da biomassa (número de células) total de uma cultura bacteriana pode ser monitorado por medidas da densidade óptica. A absorvância aumenta proporcionalmente ao aumento do número de células na população. Desta forma pode-se observar na Figura acima que as amostras estudadas apresentaram efeito superior quando na presença de *Staphylococcus aureus* quando comparado a *Escherichia coli*. As composições quando em contato com o microrganismo *Staphylococcus aureus* apresentaram absorvâncias inferiores aos da cultura o que mostra uma diminuição da biomassa, com exceção para o colágeno. Este aumento da biomassa nas amostras de colágeno pode estar relacionado ao fato do microrganismo *S. aureus* ser capaz de expressar numerosas proteínas de superfície, denominadas adesinas, que permitem a adesão aos componentes do colágeno (SANTOS et. al., 2007). Em relação aos

materiais comerciais usados como referências, todos apresentaram resultados de absorvência abaixo do valor da cultura, principalmente o MTA. O efeito do MTA já foi relatado na literatura (LIU et. al., 2009), sendo correlacionado aos níveis de alcalinização do meio em contato com o material. Em relação às amostras avaliadas, CACH-óxido de zinco apresentou resultado semelhante ao MTA. Partículas de óxido de zinco vêm sendo adicionadas aos biomateriais por apresentarem um efetivo controle a vários microrganismos e ter a capacidade de mudar os componentes da membrana celular da bactéria e distorcê-la levando à perda do componente intracelular e conseqüentemente à morte (LIU et. al., 2009). Esta redução é de extrema importância uma vez que o *Staphylococcus aureus* (Gram-positiva) é a mais comum e uma das mais antigas bactérias simbiotes do homem, sendo uma bactéria esférica (coccus) que aparece aos pares no exame microscópico, em cadeias curtas ou em cachos similares aos da uva ou em grupos. Sendo que algumas cepas produzem uma toxina proteica altamente termoestável que causa doença em humanos. A *Escherichia coli* é uma bactéria bacilar gram-negativa, que assume a forma de um bacilo e pertence à família das Enterobacteriaceae. São aérobias e anaeróbias facultativas. Não é uma bactéria comum da cavidade bucal, mas pode estar presente principalmente em indivíduos mais velhos ou clinicamente comprometidos. Esses microrganismos têm sido amplamente usados em testes de antibiograma. Ambos são considerados microrganismos controle nestes testes nos quais é avaliado a resistência/sensibilidade de cepas de bactérias frente aos antibióticos. Para a *Escherichia coli*, as amostras que apresentaram valores de absorvência significativamente inferiores ao da cultura foram o CACH puro e com a adição de zircônia. A adição de zircônia vem sendo estudada pela sua capacidade de inibir o nível de colonização bacteriana em sua superfície como já relatado na literatura (MANICONE,2007). Por outro lado, para as amostras CACH-alumina e CACH-quitosana foram obtidos valores muito altos de absorvência. Entretanto, estudo relata efeito positivo da alumina contra microrganismo gram negativos, quando partículas nanométricas são usadas (MUKHERJEE, 2011). A quitosana apresenta mecanismo de ação diferente entre as bactérias gram positivas e gram negativas. A presença de quitosana na membrana das bactérias gram positivas (*S. aureus*) é enfraquecida ou até mesmo fragmentada, enquanto nas gram negativas (*E.coli*) o citoplasma é concentrado e o interstício da célula é ampliado (LIFENG et. Al., 2004). A atividade antimicrobiana da quitosana não tem um mecanismo de ação exato pois varia dependendo de diferentes fatores podendo ser intrínsecos e extrínsecos (TAVARIA et. al, 2013). Outros trabalhos relatados na literatura também tem verificado atividade antimicrobiana do cimento de aluminato de cálcio frente aos microrganismos *Staphylococcus aureus* (SILVA et. al., 2014), *Streptococcus mutans* (UNOSSON et.al.,2012) e *Escherichia coli* (PIRES-DE-SOUZA et.al.,2013) correlacionando seu efeito ao aumento do pH do meio. As análises realizadas em microscópio eletrônico de varredura são apresentadas nas Figuras 2 e 3.

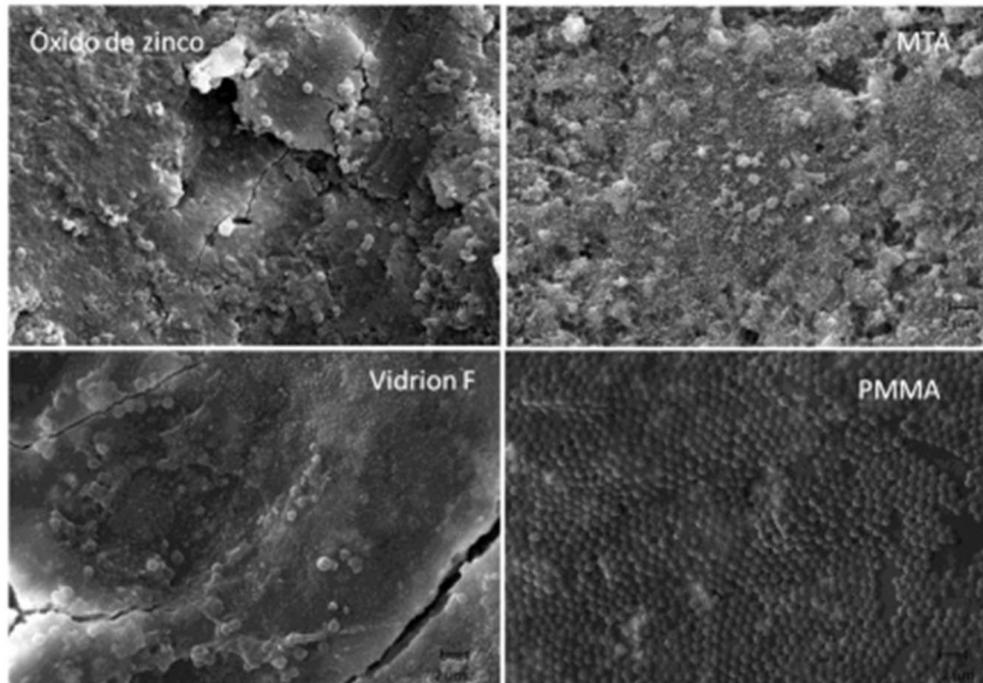


Figura 2: Microscopias eletrônicas de varredura das amostras na presença de *Staphylococcus aureus*

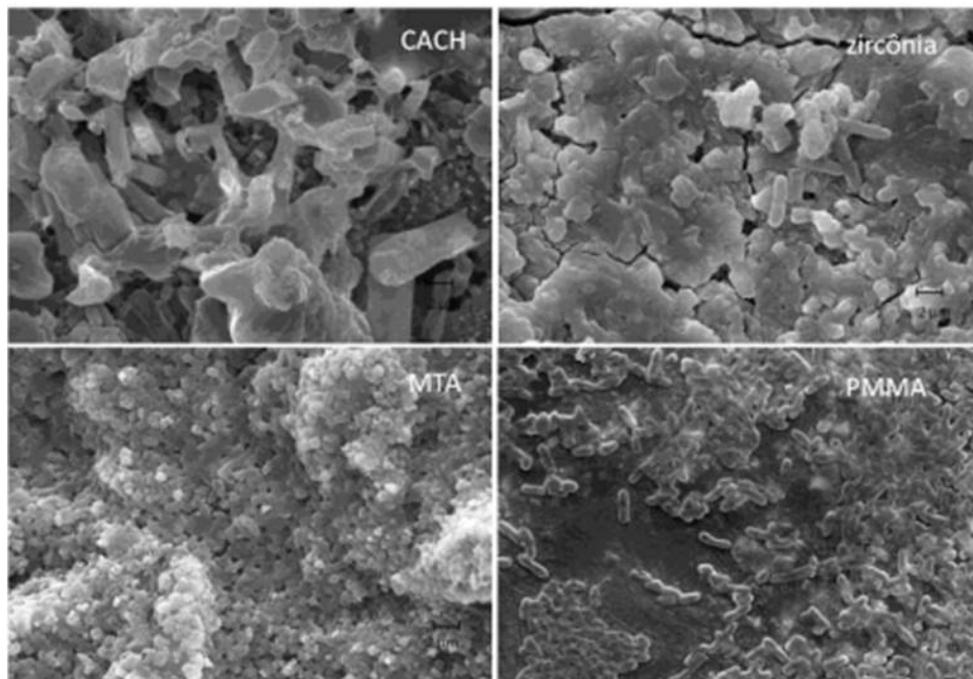


Figura 3: Microscopias eletrônicas de varredura das amostras na presença de *Escherichia coli*.

Pode-se observar na Figura 2 que as micrografias de CACH-ZnO e MTA apresentam uma menor adesão de microrganismos quando comparado com as amostras de Vidrion F e PMMA. Na Figura 3 as micrografias de CACH e CACzircônia também apresentam uma menor adesão quando comparado aos materiais comerciais. Nota-se nos materiais comerciais (MTA e PMMA) que o microrganismo está por toda a amostra apresentando sua forma perfeita de bastonetes.

## 4 | CONCLUSÃO

O cimento a base de aluminato de cálcio (CACH) apresenta atividade antimicrobiana contra *S. aureus* e *E. coli*. Para o microrganismo *S. aureus*, a composição CACH-ZnO apresenta valores de densidade óptica semelhantes ao material de maior destaque na odontologia (MTA). Para a *Escherichia coli* as composições estudadas assim como os materiais comerciais avaliados não apresentam o mesmo efeito quando comparado a *S. aureus*.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapesp 2013/22502-8, Fapesp 2013/20054-8, CNPq e Capes pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALT, C; WONG, L; PARR, C. **Measuring castable rheology by exothermic profile**. *Refractories Appl. and News.*, v.8, p.15-8, 2003.

BORTOLUZZI, E. A.; ARAÚJO, G. S.; GUERREIRO TANOMARU, J. M.; TANOMARU-FILHO M. **Marginal gingiva discoloration by gray MTA: a case report**. *Int. Endodontic J.*, v.33, p.325-7, 2007.

BÜRGER, C. P. Cimento de Aluminato de Cálcio – **Uso em defeitos ósseos induzidos em fêmures de coelhos (*Oryctolagus cuniculus*)**. Dissertação (mestrado), UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

ENGQVIST, H.; PERSSON, T.; LOOF, J.; FARIS, A.; HERMANSSON, L. **Chemical stability of a novel injectable bioceramic for stabilisation of vertebral compression fractures**. *Trends. Biomaterial. Artif. Organs.*, v. 21, n. 2, p. 98-106, 2008.

GRONBERG, K. S. **Calcium aluminate cement as dental restorative – Mechanical properties and clinical durability**. Dissertação (mestrado). Universidade Umea, n. 84, Suécia 2004.

JACOBOVITZ, M.; DE LIMA R. K. P. *Int. Endodontic J.*, v.41, p.905-912, 2008.

LIFENG Q.; ZIRONG X.; XIA J.; CAIHONG H.; XIANGFEI Z. **Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles**. *Carbo Research*, v. 339, p. 2693- 2700, 2004

LIU, Y.; HE. L.; MUSTAPHA, A.; LI, H.; HU. ZQ.; Lin, M. **Antibacterial Activities of Zinc Oxide Nanoparticles Against *Escherichia Coli* O157:H7**, *J. Appl. Microbiol.*, v.107, p.1193-201, 2009.

MANICONE PF, LOMMETTI PR, RAFFAELLI L. **An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications**. *J. of Dentistry*;v.35, p.819–826, 2007.

MUKHERJEE, A.; Et AL. **Antimicrobial activity of aluminium oxide nanoparticles for potential clinical applications**. *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances* A. Méndez-Vilas.

OLIVEIRA, I.R; PANDOLFELLI, V.C; JACOBOVITZ, M. **Chemical, physical and mechanical properties of a novel calcium aluminate endodontic cement**. *Int. Endodontic J.*, v.43, p.1069-1076, 2010.

ORÉFICE, R. L.; PEREIRA, M. M.; MANSUR, H. S. **Biomateriais: Fundamentos e Aplicações**. Editora Cultura Médica, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

PANDOLFELLI, V.C; OLIVEIRA, I.R; ROSSETTO, H.L; JACOBOWITZ, M. **Composição a base de cimento aluminoso para aplicações em endodontia e produto cimentício obtido**. Registro de patente INPI 0704502-6. Universidade Federal de São Carlos, 2007.

PARKER, K.M; SHARP, J.H. **Refractory calcium aluminate cements**. Brit. Ceram. Trans. J., v.81, p. 35-42, 1982.

PIRES-DE-SOUZA FCP, MORAES PC, GARCIA LFR, AGUILAR FG, WATANABE E, **Evaluation of pH, calcium ion release and antimicrobial activity of a new calcium aluminate cement**. Braz Oral Res., v.4, p.324-330, 2013.

SAHA, S.; PAL, S. **Mechanical properties of bone cement: A review**, J. Biomed. Mater. Res., v.18, p.435-462, 2004.

SANTOS, A. L., ET AL. **Staphylococcus aureus: visitando uma cepa de importância hospitalar**. J Bras Patol Med Lab, v. 43, n. 6, p. 413-423, 2007.

SILVA, E. J. N. L.; ET AL. **Evaluation of cytotoxicity, antimicrobial activity and physicochemical properties of a calcium aluminate-based endodontic material**. J. Appl. Oral. Sci.; v.22, p.61-67, 2014.

TAVARIA, F.K; ET AL; **A quitosana como biomaterial odontológico: estado da arte** Rev. Bras. Eng. Biom. Braz. J. Biom. Eng., v. 29, n. 1, p. 110-120, 2013.

UNOSSON, E.; ET AL. **Antibacterial Properties of Dental Luting Agents: Potential to Hinder the Development of Secondary Caries**. Int. J. Dent., v.2012, p.7, 2012.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-430-6



9 788572 474306