

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

I-010 - DESINFECÇÃO DE ÁGUA COM ANODO DE Ti/TiRuO₂ SOBRE *Escherichia coli*

(a) Ederio D. Bidoia⁽¹⁾

Graduação em Química -UFSCar (1982-1986); Mestrado em Físico-Química - UFSCar (1986-1988); Doutorado em Ciências - UFSCar (1988-1991), Pós-doutorado - Universidade da Califórnia em Berkeley, EUA (1993-1995), Livre Docente - UNESP (1999); professor adjunto (função atual) no Depto. Bioquímica e Microbiologia – IBRC – UNESP.

(b) Rodolfo Tolentino Bisneto

Doutorando em Microbiologia Aplicada Pelo Instituto de Biociências de Rio Claro – UNESP (2003-). Mestre em Microbiologia Aplicada Pelo Instituto de Biociências de Rio Claro – UNESP (2001-2003); Biólogo pela UNESP-Campus de Rio Claro (1996-2000); Técnico em Bioquímica formado pela Escola Técnica Estadual Conselheiro Antônio Prado, em Campinas-SP (1992-1995).

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Bioquímica e Microbiologia - Instituto de Biociências de Rio Claro - UNESP
Av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro - SP. CEP 13506-900. Telefone: (19) 526-4191. Fax: (19) 526-4176.

 ederio@rc.unesp.br

RESUMO

Uma alternativa barata e eficaz a cloração na desinfecção de águas pode ser o tratamento eletrolítico. A cloração promove a formação de compostos tóxicos, como os trihalometanos e as cloraminas, na reação do cloro com compostos orgânicos presentes na água. Além das vantagens na saúde pública e ao meio ambiente pela redução dos trihalometanos, o tratamento eletrolítico não requerer a adição de nenhuma substância ao processo, podendo ser utilizado na desinfecção de águas residuárias. O objetivo desse estudo foi observar o efeito do tratamento eletrolítico com anodo de titânio, recoberto por óxido de titânio e rutênio (Ti/TiRuO₂), sobre a morfologia da *Escherichia coli*. Suspensões de *Escherichia coli* em tampão fosfato 0,2 M em pH 7,2 livre de cloreto foram eletrolisadas com anodo de Ti/TiRuO₂ e catodo de platina recoberta por membrana de diálise. A corrente contínua aplicada ao processo foi de 0,60 A por 20 min. As suspensões eletrolisadas foram observadas ao microscópio eletrônico de varredura após sua fixação em suporte próprio. Os resultados permitem concluir que a eletrólise promove a morte da *E. coli* pela lise celular.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção, *Escherichia coli*, eletrodo de Ti/TiRuO₂, eletrólise, alterações morfológicas.

INTRODUÇÃO

O tratamento de águas de abastecimento é indispensável à saúde pública. Segundo a Organização Mundial de Saúde 80% de todas as doenças que se alastram nos países de terceiro mundo são provenientes de água contaminada (TOMINAGA & MIDIO, 1999).

O tratamento tradicional de água implica na adição de substâncias químicas as quais podem gerar compostos tóxicos afetando a saúde daqueles que a utilizam. O método mais utilizado atualmente é o da cloração. Mas esse promove a formação de compostos tóxicos como os trihalometanos e as cloraminas, de reconhecido efeito cancerígeno além de apresentarem outros efeitos toxicológicos (TOMINAGA & MIDIO, 1999).

O tratamento eletrolítico é facilmente automatizável, versátil, requer pouco espaço para sua implantação e tem baixo custo operacional. Também não necessita da adição de substâncias química, como o cloro, o que minimiza a formação

de substâncias tóxicas como os trihalometanos formados durante o processo de cloração (TOMINAGA & MIDIO, 1999).

A morte de bactérias durante o tratamento eletrolítico tem sido atribuída a diversos fatores, tais como: formação de substâncias desinfetantes durante a eletrólise; as reações provocadas na transferência direta de cargas entre o eletrodo e a bactéria; a destruição da membrana citoplasmática ou simplesmente um aumento em sua permeabilidade e diminuição em sua seletividade; alteração rápida de pH; a capacidade redutora do íon ferroso ao contato com o microrganismo (TOLENTINO-BISNETO & BIDOIA, 2002).

O objetivo desse estudo foi observar o efeito do tratamento eletrolítico com anodo de Ti/TiRuO₂ sobre *Escherichia coli* (coliformes fecais).

MATERIAL E MÉTODOS

Culturas de *Escherichia coli* foram obtidas a partir de dois repiques consecutivos. O primeiro foi meio ágar nutriente incubado a 28°C por 24 h. O segundo meio foi 100 mL de caldo nutritivo incubado a 28°C por 24 h sob agitação. Aliquotas de 2 mL da cultura em meio líquido foram adicionadas a 50 mL de tampão fosfato 0,2 M a pH 7,2 inicialmente estéril e livre de cloretos. A suspensão foi agitada constantemente durante todo o tratamento por um agitador magnético.

Essas suspensões de *E. coli* em tampão fosfato 0,2 M (pH 7,2) foram eletrolisadas com anodo de titânio recoberto por óxido de titânio e rutênio (Ti/TiRuO₂) a uma corrente contínua de 0,60 A por 20 min em sistema de batelada. Como catodo foi utilizado um eletrodo de platina policristalina da Aldrich (99,98% m/m) recoberto por uma membrana de diálise. O recobrimento do catodo impediu o efeito desse na desinfecção, agindo apenas o anodo sobre as bactérias. As suspensões, eletrolisada e não eletrolisada, foram observadas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), onde foram fotografadas as células bacterianas, após a preparação exigida pela técnica, que é a fixação das bactérias em suporte adequado para exame na câmara de amostras do MEV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 permite observar a morfologia da *E. coli* antes do tratamento eletrolítico. A morfologia característica da célula é preservada. As células possuem forma de bastonete e tamanhos regulares.

Em suspensões não eletrolisadas a *E. coli* apresentou comprimento variando de 1,6 a 5,1 µm e uma largura média de 0,6 µm. Na figura 1 não se observa extravasamento de material celular e a superfície da parede celular bem como a forma de bastonete aparecem bem preservadas.

Na Figura 2 podemos observar a morfologia da *E. coli* exposta a 20 min de tratamento eletrolítico. Observa-se que a forma do bacilo apresenta-se irregular. As células apresentam pontos de extravasamento de material celular (indicados por cabeça de seta na Figura 2) além de reentrâncias na parede celular (seta na Figura 2).

Ao compararmos os resultados obtidos na observação da *E. coli* ao MEV, antes e depois do tratamento eletrolítico, podemos concluir que a eletrólise provocou alterações na estrutura celular dessa bactéria, promovendo sua ruptura (lise) e extravasamento de seu conteúdo celular.

O aumento da permeabilidade celular é gerado pela eletroporação (LEE & TAI, 1999). O potencial aplicado durante o tratamento esteve entre 8,7 e 11,9 V o que é suficiente para provocar esse fenômeno (LUBICK & JAYARAM, 1996). A eletroporação irreversível é talvez a maior responsável pela morte da *E. coli*.



Figura 1: Micrografia ao microscópio eletrônico de varredura de *Escherichia coli* antes do tratamento eletrolítico. Escala 1 µm.



Figura 2: Micrografia ao microscópio eletrônico de varredura de *Escherichia coli* após 20 min de tratamento eletrolítico com anodo de Ti/TiRuO₂. Setas indicam reentrâncias na superfície celular; cabeça de seta, extravasamento de material celular. Escala 1 µm.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que o tratamento eletrolítico é eficiente na desinfecção de águas contaminadas com bactérias como a *E. coli* (coliformes fecais).

O provável mecanismo de desinfecção do tratamento eletrolítico dentro do sistema empregado nesse trabalho é a associação do efeito da eletroporação pela exposição ao campo elétrico, com as transformações geradas pela transferência de carga quando o microrganismo entra em contato com o eletrodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LEE, S. W.; TAI, Y. C. A micro cell lysis device. **Sens. and Actuat.**, v. 73, p. 74-79, 1999.
2. LUBICK, P.; JAYARAM, S. High voltage pulse application for the destruction of Gram-negative bacterium *Yersunia enterocolitica*. **Bioelectrochemistry and Bioenergetics**, v. 43, p. 135-141, 1997.
3. TOLENTINO-BISNETO, R.; BIDOIA, E. D. Morfological alteration in *Bacillus subtilis* by electrolisys. **Salusvita**, v. 21, n. 2, p. 57-66, 2002.
4. TOMINAGA, M. Y.; MIDIO, A. F. Exposição humana a trialomitanos presentes em águas tratadas. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 413-421, 1999.

AGRADECIMENTOS

FUNDUNESP, FAPESP, CNPq e CAPES.