

A Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica

Nayara Araújo Cardoso
Renan Rhonalty Rocha
Maria Vitória Laurindo
(Organizadores)

 **Atena**
Editora
Ano 2019

Nayara Araújo Cardoso
Renan Rhonalty Rocha
Maria Vitória Laurindo
(Organizadores)

A Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
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
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a 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
Prof.^a Dr.^a 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.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P964	A produção do conhecimento na engenharia biomédica [recurso eletrônico] / Organizadores Nayara Araújo Cardoso, Renan Rhonalty Rocha, Maria Vitória Laurindo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-382-8 DOI 10.22533/at.ed.828190106 1. Biomedicina – Pesquisa – Brasil. 2. Robótica. I. Cardoso, Nayara Araújo. II. Rocha, Renan Rhonalty. III. Laurindo, Maria Vitória. CDD 610
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “A Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica” consiste em um livro de publicação da Atena Editora, com 21 capítulos em volume único, nos quais apresentam estratégias para as técnicas e tecnologias na produção de trabalho em saúde.

As Tecnologias em Saúde é um processo abrangente, por meio do qual são avaliados os impactos clínicos, sociais e econômicos das tecnologias em saúde, levando-se em consideração aspectos como eficácia, efetividade, segurança, custos, custo-efetividade, entre outros, a mesma deve ser compreendida como conjunto de ferramentas, entre elas as ações de trabalho, que põem em movimento uma ação transformadora da natureza. Desse modo, além dos equipamentos, devem ser incluídos os conhecimentos e ações necessárias para operá-los: o saber e seus procedimentos.

Entretanto, o sentido contemporâneo de tecnologia, portanto, diz respeito aos recursos materiais e imateriais dos atos técnicos e dos processos de trabalho, sem, contudo, fundir estas duas dimensões. Além disso, dado o grande desenvolvimento do saber técnico-científico dos dias atuais, este componente saber da tecnologia ganha qualidade estatuto social adicionais. Assim, novas tecnologias são lançadas no mercado todos os dias e com isso as demandas pela incorporação pelo sistema de saúde geradas pelas indústrias, pacientes e profissionais de saúde, têm crescido e continuará crescendo.

Com o intuito de colaborar com os dados já existentes na literatura, este volume traz atualizações sobre novas tecnologias que implementam melhores estratégias terapêuticas, que podem inovar o tratamento dos pacientes de um modo mais prático e resolutivo, assim esta obra é dedicada tanto à população de forma geral, quanto aos profissionais e estudantes da área da saúde. Dessa forma, os artigos apresentados neste volume abordam: aplicabilidade da robótica em terapia para reabilitação de pacientes com perdas de membros; jogo educativo para avaliação cognitivo-motor de deficientes intelectuais, avaliação da resposta da frequência cardíaca de adultos durante teste cardiopulmonar; tecnologias aplicadas à oftálmica como forma de melhorar a qualidade de vida; exposição à radiação ionizante em cirurgias ortopédicas; considerações sobre o espectro luminoso da descarga eletrocirúrgica; desenvolvimento de hidrogéis de quitosana associados a Ibuprofeno para liberação controlada; sistema de identificação de alimentos baseado em imagens de porções alimentares; a hemólise como fator interferente em parâmetros bioquímicos; planejamento em área estética de implante instalado tardiamente pós exodontia - relato de caso clínico e epidemiologia do Alzheimer.

Sendo assim, almejamos que este livro possa colaborar com informações relevantes aos estudantes e profissionais de saúde sobre diferentes tecnologias e técnicas aplicada à saúde, que podem ser usadas para aprimorar a prática profissional, e também para a população de forma geral, apresentando informações atuais sobre

técnicas e tecnologias aplicadas á saúde.

Nayara Araújo Cardoso

Renan Rhonalty Rocha

Maria Vitória Laurindo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1 **APLICABILIDADE DA TERAPIA ROBÓTICA NA REABILITAÇÃO EM PÓS-OPERATÓRIO DE ESOFAGECTOMIA**

Daniela Santana Polati da Silveira
Jéssica Peixoto de Araújo
Maria Lúcia Pedroso Lourenço
Pedro Melhado Trovo
Renata Carvalho Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.8281901061

CAPÍTULO 2 5 **ADAPTAÇÃO DE UM PROJETO DE ROBÔ HUMANOIDE IMPRESSO EM 3D EM UMA PRÓTESE SENSORIAL DE MEMBRO SUPERIOR**

Gustavo Pasqua de Oliveira Celani
Roberto Luiz Assad Pinheiro
Mariana Brandão Silvério
Rani Sousa Alves
Elisa Rennó Carneiro Dester
Fabiano Valias de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.8281901062

CAPÍTULO 3 14 **MAO3D - PROTETIZAÇÃO E REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR ADULTO COM A TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D**

Maria Elizete Kunkel
Patrícia Bettiol Abe
Marcelo Pasqua
Israel Toledo Gonçalves
Lucas de Macedo Pinheiro
Sandra Maria Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.8281901063

CAPÍTULO 4 30 **SISTEMA COMPUTADORIZADO PARA APRESENTAR AS VARIAÇÕES NO CENTRO DE MASSA NO DISCO PROPRIOCEPTIVO DE FREEMAN**

André Roberto Fernandes da Silva
Antônio Vinícius de Moraes
Leandro Lazzareschi
Silvia Regina Matos da Silva Boschi
Terigi Augusto Scardovelli
Alessandro Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8281901064

CAPÍTULO 5 40 **ESPECTROSCOPIA RAMAN APLICADA NA OBSERVAÇÃO DE PRINCÍPIO ATIVO DE REPELENTE DE INSETOS NA PELE**

Michele Marin da Costa
Landulfo Silveira Jr.
Renato Amaro Zângaro
Marcos Tadeu Tavares Pacheco
João Dias da Costa

DOI 10.22533/at.ed.8281901065

CAPÍTULO 6	54
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO COGNITIVO-MOTOR DE DEFICIENTES INTELLECTUAIS COM JOGO EDUCATIVO	
Letícia Gonçalves Segatto Mariana Cardoso Melo	
DOI 10.22533/at.ed.8281901066	
CAPÍTULO 7	68
UM NOVO ALGORITMO DE EVOLUÇÃO DIFERENCIAL BASEADO EM SIMULATED ANNEALING PARA RECONSTRUÇÃO DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA	
Reiga Ramalho Ribeiro Priscila Dias Mendonça	
DOI 10.22533/at.ed.8281901067	
CAPÍTULO 8	79
SISTEMA BASEADO NA WEB DE ESPECIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS APLICADO EM RAIOS-X	
Walter Lima Ramirez Filho Lourdes Mattos Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.8281901068	
CAPÍTULO 9	87
A NEW MEASURE TO EVALUATE SUBTHRESHOLD RESONANCE IN NEURONS	
Rodrigo Felipe de Oliveira Pena Vinicius Lima Cordeiro Cesar Augusto Celis Ceballos Renan Oliveira Shimoura Antônio Carlos Roque da Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.8281901069	
CAPÍTULO 10	94
REPEATABILITY OF GAIT RANGES OF MOTION IN THE PRESENCE OF STROKE	
Vanessa Lucas dos Santos Gisele Francini Devetak Elisangela Ferretti Manffra	
DOI 10.22533/at.ed.82819010610	
CAPÍTULO 11	107
AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ADULTOS DURANTE TESTE CARDIOPULMONAR	
Elisângela de Andrade Aoyama Vera Regina Fernandes da Silva Paz Marília Miranda Forte Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.82819010611	
CAPÍTULO 12	113
ASSISTIVE TECHNOLOGY OF OPHTHALMIC MEMBRANE OCCLUSIVE FROM NATURAL LATEX	
Jaqueline Alves Ribeiro Suéilia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa	
DOI 10.22533/at.ed.82819010612	

CAPÍTULO 13	121
VALORES DE EXTINÇÃO TOPOLÓGICOS PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DE IMAGENS DE FUNDO DE OLHO	
Alexandre Gonçalves Silva Marina Silva Fouto Angélica Moises Arthur Rangel Arthur	
DOI 10.22533/at.ed.82819010613	
CAPÍTULO 14	131
EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE EM CIRURGIAS ORTOPÉDICAS	
Celso Júnio Aguiar Mendonça Frieda Saicla Barros Bertoldo Schneider Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.82819010614	
CAPÍTULO 15	141
CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESPECTRO LUMINOSO DA DESCARGA ELETROCIRÚRGICA	
Elton Dias Junior Evaldo Ribeiro Bertoldo Schneider Junior	
DOI 10.22533/at.ed.82819010615	
CAPÍTULO 16	149
DESENVOLVIMENTO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANA ASSOCIADOS A IBUPROFENO PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA	
Amanda de Castro Juraski Sônia Maria Malmonge Nasser Ali Daghasanli Juliana Kelmy Macário Barboza Daguano	
DOI 10.22533/at.ed.82819010616	
CAPÍTULO 17	159
SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE ALIMENTOS BASEADO EM IMAGENS DE PORÇÕES ALIMENTARES	
Yuri Malinowsky Shiga Kristy Soraya Coelho Joao da Silva Dias Giselle Lopes Ferrari Ronque	
DOI 10.22533/at.ed.82819010617	
CAPÍTULO 18	169
A HEMÓLISE COMO FATOR INTERFERENTE EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS	
Luma Carolina Santos da Silva Graziéli Ferreira Carmargo Camilla Lazzaretti	
DOI 10.22533/at.ed.82819010618	

CAPÍTULO 19	177
DOENÇA DE ALZHEIMER: ESTIMATIVAS EM USUÁRIOS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO/RS	
Cristiano Serrano Tubelo Filho	
Gabriel Corteze Netto	
Camilla Lazzaretti	
DOI 10.22533/at.ed.82819010619	
CAPÍTULO 20	187
UPPER LIMB EXOSKELETON BY PNEUMATIC MUSCLES	
Filipe Loyola Lopes	
Larissa Guimarães Veríssimo	
Elton Silva de Moraes	
Raphael Sander de Souza Pereira	
Rani de Souza Alves	
DOI 10.22533/at.ed.82819010620	
CAPÍTULO 21	190
PLANEJAMENTO EM ÁREA ESTÉTICA DE IMPLANTE INSTALADO TARDIAMENTE PÓS EXODONTIA – RELATO DE CASO CLINICO	
Edith Umasi Ramos	
Luan Pier Benetti	
Luiz Gustavo Cavalcanti Bastos	
André Carlos de Freitas	
Tainara Tejada Camacho	
Ana Paula farnezi Bassi	
DOI 10.22533/at.ed.82819010621	
SOBRE OS ORGANIZADORES	203

CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESPECTRO LUMINOSO DA DESCARGA ELETROCIRÚRGICA

Elton Dias Junior

Instituto Federal do Paraná – IFPR

Campo Largo – Paraná

Evaldo Ribeiro

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Curitiba – Paraná

Bertoldo Schneider Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –

UTFPR

Curitiba – Paraná

RESUMO: A eletrocirurgia é uma técnica desenvolvida para realizar o corte/coagulação em um procedimento cirúrgico através de uma descarga elétrica entre o bisturi e o tecido orgânico, levando à ablação de parte do tecido e concomitantemente a cauterização dos vasos sanguíneos locais. Embora seja uma técnica de aproximadamente um século, sua descarga elétrica ainda é pouco conhecida e estudada. Neste trabalho, foi realizado um estudo sobre a emissão luminosa da faísca eletrocirúrgica, quando aplicada a amostras de carne de porco e de chuchu. Foi medida a potência total emitida e realizou-se uma análise espectral da faísca no intervalo de 240 a 1100 nm, demonstrando que a radiação emitida é aproximadamente 280 vezes menor que a irradiância solar média na superfície da Terra, e que a quantidade de radiação emitida na faixa

do ultravioleta é somente 0,08 % da emissão total da faísca. Da análise espectral também se verificou que a atmosfera eletrocirúrgica é composta predominantemente por subprodutos da ablação do tecido tratado, uma vez que a emissão atômica de substâncias como Na e K, por exemplo, aparecem com intensidades consistentes com a composição química dos tecidos empregados. O espectro de absorção do chuchu e da carne de porco foi medido no mesmo intervalo espectral.

PALAVRAS-CHAVE: eletrocirurgia, faísca eletrocirúrgica, espectro de emissão.

ABSTRACT: In the present work we performed a study on the light emission caused by the electrosurgery spark, when applied to either pork meat or chayote samples. We measured the spark total emitted power and performed its spectral analysis within the 240 – 1100 nm range, showing that the emitted radiation is about 280 times smaller than the average solar irradiance on Earth surface, and that the amount of ultraviolet emitted light in the process is about 0,08 % of the total spark emission power. From the spectral analysis we also verified that the electrosurgical atmosphere is predominantly composed by the tissue ablation byproducts, since atomic emissions from Na and K, for example, are identified with intensities consistent with the chemical composition of the

used biological tissues. The absorption spectrum of chayote and pork was measured within the same spectral range.

KEYWORDS: electrosurgery, electrosurgical spark, emission spectrum.

1 | INTRODUÇÃO

A eletrocirurgia é uma técnica desenvolvida para realizar o corte/coagulação em um procedimento cirúrgico através de uma descarga elétrica entre o equipamento eletrocirúrgico e o tecido orgânico, levando à ablação de parte do tecido e a concomitante cauterização dos vasos sanguíneos locais (LaCOURSE 1993; WICKER 2000; SCHNEIDER 2005). Esta tecnologia trouxe enormes avanços no campo da medicina prática [WICKER 2000]. Estudos têm sido feitos no sentido de se evitar os efeitos indesejados em procedimentos eletrocirúrgicos, como a eletroestimulação e a queimadura em DC (LEEMING 1970; SCHNEIDER 2007; SCHNEIDER 2010). Estes efeitos se originam na distribuição assimétrica dos portadores de carga em cada ciclo de tensão que leva ao carregamento e descarregamento do capacitor de proteção no circuito do paciente (LEEMING 1970; SCHNEIDER 2010). Embora alguma atenção tenha sido devotada aos aspectos elétricos e eletrônicos da produção da faísca [SCHNEIDER 2008; DIAS 2009], há escassez de relatos sobre os efeitos da radiação emitida pela faísca durante uma intervenção cirúrgica. A energia elétrica total entregue pelo equipamento eletrocirúrgico é transformada em várias modalidades de energia, como a térmica, a luminosa e a sonora, por exemplo. Este trabalho foca na parcela da energia total que foi transformada em energia luminosa ou irradiante.

Uma das perguntas que motivou a realização destes experimentos foi a de quanta radiação ultravioleta é emitida pela faísca eletrocirúrgica. Será que tanto cirurgiões como pacientes ficam expostos a doses que podem causar algum tipo de dano? Também é esperado que parte da radiação emitida seja encontrada na região da luz visível, e provavelmente adentre o infravermelho também. Qual seria o efeito dessa radiação ao ser absorvida pelo tecido em torno e abaixo da região do corte eletrocirúrgico?

O presente trabalho visa obter informações que permitam atacar estas questões de maneira objetiva, através de medições da potência luminosa e do levantamento do espectro da luz emitida pela faísca eletrocirúrgica, quando aplicada aos dois tecidos biológicos homologados, a carne de porco (*Sus domesticus*) e o chuchu (*Sechium edule sp*) (SCHNEIDER 2007; SCHNEIDER 2008; DIAS 2009) e de medições de absorvância também nos dois tecidos biológicos. Estas medidas estabelecem parâmetros para estimar os efeitos da radiação emitida pela faísca eletrocirúrgica.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os espectros de emissão da faísca eletrocirúrgica bem como o experimento de luminescência foram realizados com o espectrômetro Andor Shamrock 303i, do laboratório de propriedades ópticas da UFPR. Para cada processo de faiscância, detalhados abaixo, foram medidos os sinais de tensão aplicados pelo gerador de funções Tektronics modelo CFG-253. Também foi realizada a medição da potência luminosa emitida pela faísca com um medidor de potência COHERENT – FieldMeter – Laser Power Meter (RoHS). Para o experimento de absorbância foi utilizado o espectrofotômetro Perkin Elmer modelo Lambda 1050 UV/VIS.

O espectro da faísca foi levantado entre 240 nm e 1100 nm, cobrindo desde o ultravioleta até o infravermelho. Para cada intervalo espectral foram realizadas três medições. O brilho da faísca não é contínuo durante o corte, que é dinâmico. Ou seja, há movimento relativo entre o eletrodo ativo e o tecido. O movimento foi realizado manualmente (simulando o corte realizado por um médico durante uma eletrocirurgia). O eletrodo ativo permanecia parado e alinhado com a fenda do espectrômetro. O tecido foi colocado sobre um carrinho com rodas e assim pôde ser movimentado em relação ao eletrodo ativo. A luz emitida pela faísca foi coletada por uma lente de 5,08 cm de diâmetro, colocada a 12,9 cm da faísca. A luz foi colimada sobre a fenda de entrada do espectrômetro.

Ao final, e nas mesmas condições de obtenção do espectro, foi feita a medição da potência luminosa da faísca elétrica. Estes procedimentos foram realizados para os dois tecidos biológicos certificados.

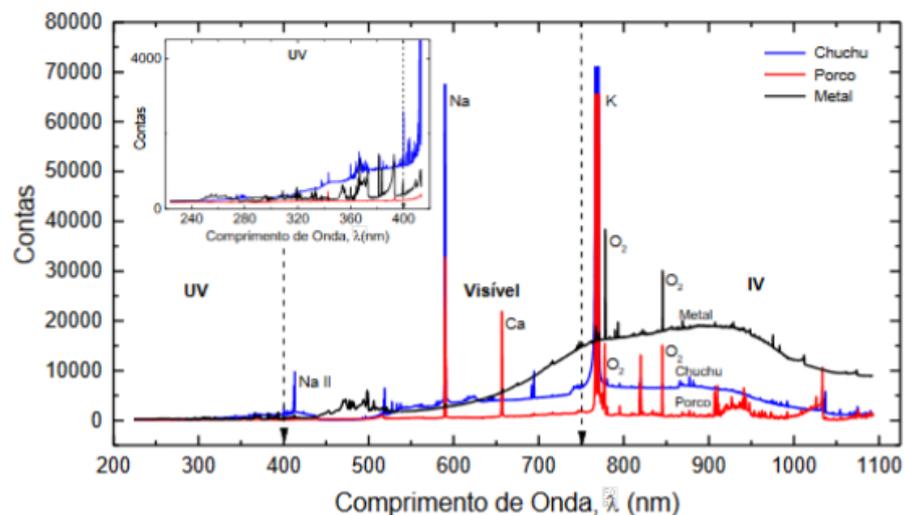


Figura 1: Espectros de emissão da faísca eletrocirúrgica obtidos em experimentos com eletrodo esférico metálico e chuchu, carne de porco e metal (Al). As emissões dos principais constituintes estão indicadas na figura, (physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/element-name.htm). O inset mostra com mais detalhes a região espectral do UV.

3 | RESULTADOS

Em primeiro lugar foi medida a potência total emitida na forma de luz durante o corte eletrocirúrgico. Para o chuchu, a faísca emitiu $(6 \pm 2) 10^{-4}$ W, distribuídos sobre toda a região espectral. Isto corresponde a uma intensidade de $(2 \pm 1) 10^1$ W/m² sobre o tecido biológico abaixo do bisturi durante o corte. Para comparação, é conhecido que a intensidade da luz solar na superfície da Terra é de 1120 W/m² (DIFFEY 2002), ou seja, a luz emitida pela faísca eletrocirúrgica sobre o chuchu é 56 vezes menor que a intensidade média da luz do Sol na superfície da Terra durante a primavera. Experimentos similares realizados durante o corte da carne de porco e do experimento da faísca metal-metal resultaram em potências luminosas de $(11 \pm 4) 10^{-5}$ W, correspondente a uma intensidade de (4 ± 2) W/m² para o porco e a potência luminosa de $(2 \pm 1) 10^{-2}$ W, que corresponde a intensidade de $(8 \pm 4) 10^2$ W/m² para o metal. A faísca produzida no corte da carne de porco é da ordem de 280 vezes menos intensa que a luz solar e para o metal 1,4 vezes menos intensa. Comparando a intensidade luminosa entre os tecidos biológicos, a intensidade da faísca no chuchu é 5 vezes maior do que a intensidade luminosa da faísca com a carne de porco.

O espectro eletromagnético completo das faíscas elétricas é mostrado na Figura 1. Os três espectros obtidos com chuchu (curva azul), carne de porco (curva vermelha) e metal (curva preta) são mostrados juntos. Nota-se que os espectros são compostos, de maneira geral, por um fundo contínuo com sobreposições muito estreitas e, às vezes, intensas.

A origem dessas linhas estreitas está relacionada ao material que é ablado por ocasião do corte eletrocirúrgico. Estes subprodutos formam uma pluma altamente excitada devido ao processo de ablação, e consistem em uma atmosfera, ao redor da faísca, rica nos elementos constituintes do tecido biológico em estudo. Após a ocorrência da quebra de rigidez dielétrica (*breakdown*), a manutenção das faíscas deve ocorrer nesta atmosfera alterada, rica em átomos e moléculas retiradas do tecido, como por exemplo, o sódio e o potássio, presentes em quantidade relativamente grande, tanto no chuchu quanto na carne de porco, como mostra a Tabela 1. Isto indica que a atmosfera eletrocirúrgica não é composta apenas pelo ar e seus constituintes, e sim pelo material retirado do tecido biológico, em sua maioria.

	Chuchu	Porco
Água	94,24 g	61,06 g
Sódio	2 mg	56 mg
Potássio	125 mg	287 mg
Cálcio	17 mg	14 mg
Magnésio	12 mg	19 mg
Fósforo	18 mg	175 mg

Tabela 1: Massas dos principais constituintes encontrados em cada 100 g de chuchu e carne de porco. Para o chuchu: Departamento de informática em saúde da Escola Paulista de Medicina/UFSP. www2.unifesp.br/dis/serviços/nutri/public/alimento/nutriente/id/11149. Acesso em 8 de abril de 2016. Para a carne de porco: <http://foods-recipes.com/food-composition-description/>

Para cada um dos experimentos foi feita a medição da potência total luminosa, como descrito anteriormente, e esta energia está distribuída em comprimento de onda de maneira proporcional à área abaixo de cada uma das curvas dos espectros. Através da integração destas áreas é possível saber a fração da potência total luminosa que é distribuída em cada faixa espectral, conforme indicado por linhas pontilhadas na Figura 1.

A intensidade da radiação ultravioleta sobre a área correspondente à projeção semiesférica do bisturi de 2 mm de raio no tecido biológico é no chuchu de $(5 \pm 2) \cdot 10^{-1} \text{ W/m}^2$. Para comparação, sabemos que a intensidade global da luz solar na superfície da Terra é de 1120 W/m^2 e que 17% devem-se ao ultravioleta (DIFFEY 2002). Portanto, a intensidade do ultravioleta incidente na superfície terrestre ao meio-dia é de aproximadamente 190 W/m^2 . Sendo assim, a radiação ultravioleta emitida pela faísca eletrocirúrgica quando utilizado o chuchu corresponde a 0,26 % daquela entregue pela luz solar na superfície terrestre. Quando utilizado o porco a intensidade de UV é igual a $(16 \pm 8) \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$, e corresponde a 0,08% da radiação UV do Sol na superfície terrestre. Na faísca sobre o metal os valores da potência e da intensidade foram respectivamente iguais a: $(4 \pm 2) \text{ W/m}^2$ e 2,11% do UV solar.

Uma vez que a faísca emite luz sobre o tecido que não foi cortado, tanto no visível, no infravermelho como no ultravioleta, pode-se perguntar sobre o efeito causado por esta radiação ao ser absorvida pelo tecido biológico que não sofreu ablação. Dois processos podem acontecer: a radiação ultravioleta pode causar danos celulares (e conforme discutido acima, não seria uma preocupação) e o tecido pode se aquecer por absorção de toda a radiação emitida, principalmente o infravermelho. Com isso realizamos medições da absorbância do chuchu e da carne de porco, no mesmo intervalo espectral medido na Figura 1. A Figura 2 mostra o espectro de absorção dos dois tecidos biológicos, bem como as assinaturas de absorção da água, presente nos dois tecidos. Na carne de porco, por possuir sangue, aparecem as absorções da bilirrubina e da oxiemoglobina.

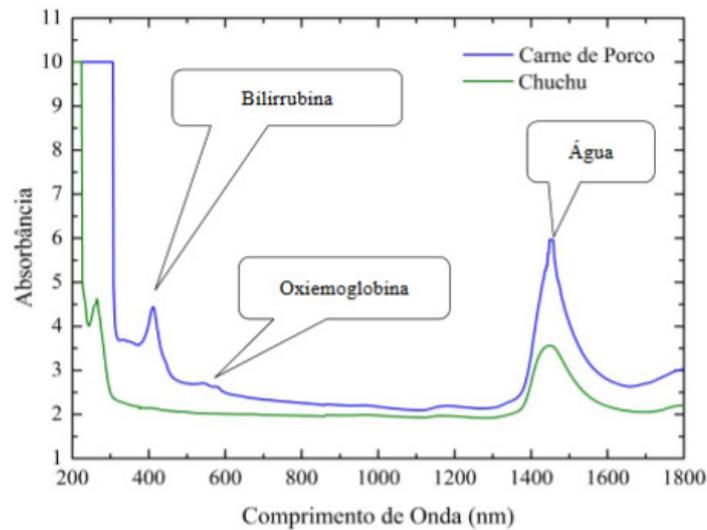


Figura 2: Espectros de absorção do chuchu e da carne de porco. Os espectros de absorção exibem as assinaturas de absorção da água, em ambos tecidos. E para a carne de porco a absorção da bilirrubina e da oxiemoglobina.

O espectro da faísca eletrocirúrgica e o gráfico de absorbância permitiram a determinação da variação de temperatura do tecido biológico em função da incidência dessas radiações. O tecido que recebeu a radiação foi modelado em forma semiesférica. O raio corresponde à penetração da radiação, onde 99,999% da intensidade inicial tenha sido absorvida. As profundidades alcançadas não são iguais, pois o coeficiente de absorção dos tecidos depende do comprimento de onda da radiação, como se pode ver no gráfico da absorbância (Figura 2). Foram separadas as três regiões espectrais de interesse e utilizamos um valor de absorbância média no intervalo para estimar a penetração da luz no material. Após isto, utilizamos a quantidade de energia absorvida em um segundo de faísca para estimar a elevação de temperatura do material ao absorver completamente a parcela da luz em questão. Como resultado, no chuchu, a radiação ultravioleta penetrou 2,31 mm e promoveu uma variação de temperatura de $(1,9 \pm 0,1) 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$; A luz visível penetrou 3,84 mm e a temperatura variou de $(1,1 \pm 0,1) 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$ e o infravermelho, mais penetrante, atingiu 3,96 mm de profundidade e promoveu uma variação de $(1,7 \pm 0,1)10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$ na temperatura do tecido. Para a radiação incidente nos experimentos com a carne de porco, o ultravioleta penetrou 2,41 mm e promoveu uma variação de temperatura de $(3,4 \pm 0,1) 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$. No visível a penetração foi de 3,32 mm e a variação de temperatura foi igual a $(1,2 \pm 0,1) 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$. E na faixa espectral do infravermelho a penetração no tecido foi de 4,09 mm e a variação de temperatura foi de $(2,0 \pm 0,1) 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$.

4 | DISCUSSÃO

O espectro da luz da faísca eletrocirúrgica consiste da emissão luminosa de elementos que compõem os tecidos biológicos, como o sódio e o potássio, por

exemplo, que não se apresentam no ar local. Ou seja, a atmosfera eletrocirúrgica é alterada pela ablação do tecido. Outros picos estreitos que aparecem em todas as regiões espectrais estão relacionados a emissões atômicas (O_2 , N_2 , etc.) que são consistentes com a composição do ar e dos dois tecidos estudados. Retirando estas linhas atômicas, intensas e muito estreitas, a Figura 1 mostra uma emissão de fundo que varia com o comprimento de onda e é responsável pela potência luminosa da faísca. O valor desta emissão, para cada tecido como discutido na seção anterior, foi medido de forma integral e a análise da forma espectral permitiu avaliar quanto desta potência total foi emitida em cada faixa espectral de interesse: ultravioleta, visível e infravermelho. Mostramos que a parcela de radiação emitida pela faísca na faixa do ultravioleta, de interesse por causar degradação celular, é muito baixa, apenas 0,08% da intensidade solar na superfície do planeta, quando utilizada a carne de porco e de 0,26% na faísca com o chuchu. Embora houvesse uma certa impressão de que a faísca não representaria perigo ao médico e ao paciente, nossos resultados quantitativos permitem descartar efeitos nocivos da exposição ao ultravioleta decorrentes da presença da faísca eletrocirúrgica.

O experimento de absorção nos permitiu avaliar como o tecido não ablado absorve a luz emitida pela faísca, e conforme comentado na seção anterior, a quantidade de energia luminosa emitida pela faísca, se absorvida totalmente pelo tecido abaixo do bisturi, levaria a variações de temperatura da ordem de 10^{-3} °C para o chuchu e de 10^{-4} °C para o porco e para um intervalo de tempo de um segundo de absorção da radiação, insuficiente para causar danos por aquecimento ao tecido não ablado.

Conforme comentado na introdução há outras formas de transferência de energia da faísca para o tecido biológico, que demandam novos experimentos para avaliar suas contribuições individuais.

5 | CONCLUSÃO

Através do espectro eletromagnético emitido pela faísca elétrica em uma eletrocirurgia passamos a compreender que o meio entre eletrodos é afetado pelo corte realizado. A atmosfera eletrocirúrgica não é composta apenas pelo ar.

Paciente e médico não correm risco em função das radiações emitidas. A faísca eletrocirúrgica emite ultravioleta em intensidades tão baixas que não oferece risco ao médico que, em função da quantidade de procedimentos eletrocirúrgicos que realiza, poderia ser o mais afetado entre os envolvidos.

Toda a luz emitida, se totalmente absorvida pelo tecido adjacente ao corte eletrocirúrgico, não promove elevação de temperatura apreciável no tecido biológico, indicando que não haveria nenhum dano significativo ao metabolismo celular do tecido, causado pela irradiação luminosa da faísca.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio da Fundação Araucária, CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

Departamento de informática em saúde da Escola Paulista de Medicina/UFSP. www2.unifesp.br/dis/servicos/nutri/public/alimento/nutriente/id/11149. Acesso em 8 de abril de 2016.

____DIAS Jr., E. **Caracterização da Deflagração da Descarga Eletrocirúrgica**. Dissertação de Mestrado, Curitiba, PR. UTFPR, 2009.

____DIFFEY B. L. **Sources and measurement of ultraviolet radiation**. Regional Medical Physics Department, Newcastle, 2002.

<http://foods-recipes.com/food-composition-description/pork-description-composition-properties.html>. Acesso em 8 de abril de 2016.

____LaCOURSE, J. R.; ROTHWELL, A. D.; SELIKOWITZ, S. M. **Development of Electrosurgery: A Historical Perspective**. Bioengineering Conference, Proceedings of the 1993 IEEE Nineteenth Annual Northeast, Newark, NJ, USA, p35-36, 1993.

____LEEMING, M. N.; RAY Jr. C; HOWLAND, W. S. **Low-Voltage Direct-Current Burns**. p1681-1684, JAMA, J. Am. Med. Assoc., V. 214, Nº 9, 1970. physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/element-name.htm

____SCHNEIDER Jr., B. **Estudo Teórico-prático de Parâmetros Técnicos e Fisiológicos Utilizados em Eletrocirurgia, Visando a Otimização do Desenvolvimento e Performance de um Bisturi Eletrônico**. Tese de Doutorado, Curitiba, PR. UTFPR, 2005.

____SCHNEIDER Jr., B.; BERNARDI, R.; ABATTI, P. J. **A Faísca Eletrocirúrgica como causa da Eletroestimulação e da Queimadura DC**. In: IV Latin American Congress on Biomedical Engineering, 2007, Margarita Island. Anais do CLAIB 2007, IFMBE Proceedings 18, Vol. 18, pp. 881-885, 2007.

____SCHNEIDER Jr., B.; DIAS Jr., E.; ABATTI, P. J. **How can Electrosurgical Sparks generate Undesirable Effects?** IEEE Latin American Symposium on Circuits and Systems, Iguazu Falls, Brazil, 2010.

____SCHNEIDER Jr., B.; ABATTI, P. J. **Electrical Characteristics of the Sparks Produced by Electrosurgical Devices**. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, v. 55, p. 589-593, 2008.

____WICKER, P. **Electrosurgery in Perioperative Practice**. British Journal of Perioperative Nursing, V20, p221-226, 2000.

SOBRE OS ORGANIZADORES

NAYARA ARAÚJO CARDOSO - Graduada com titulação de Bacharel em Farmácia com formação generalista pelo Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. Especialista em Farmácia Clínica e Cuidados Farmacêuticos pela Escola Superior da Amazônia – ESAMAZ. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará – *Campus* Sobral. Membro do Laboratório de Fisiologia e Neurociência, da Universidade Federal do Ceará – *Campus* Sobral, no qual desenvolve pesquisas na área de neurofarmacologia, com ênfase em modelos animais de depressão, ansiedade e convulsão. Atualmente é Farmacêutica Assistente Técnica na empresa Farmácia São João, Sobral – Ceará e Farmacêutica Supervisora no Hospital Regional Norte, Sobral – Ceará.

RENAN RHONALTY ROCHA - Graduado com titulação de Bacharel em Farmácia com formação generalista pelo Instituto Superior de Teologia Aplicada - INTA. Especialista em Gestão da Assistência Farmacêutica e Gestão de Farmácia Hospitalar pela Universidade Cândido Mendes. Especialista em Análises Clínicas e Toxicológicas pela Faculdade Farias Brito. Especialista em Farmácia Clínica e Cuidados Farmacêuticos pela Escola Superior da Amazônia - ESAMAZ. Especialista em Micropolítica da Gestão e Trabalho em Saúde do Sistema Único de Saúde pela Universidade Federal Fluminense. Farmacêutico da Farmácia Satélite da Emergência da Santa Casa de Sobral/CE, possuindo experiência também em Farmácia Satélite do Centro Cirúrgico. Membro integrante da Comissão de Farmacovigilância do referido hospital. Foi coordenador da assistência farmacêutica de Morrinhos/CE por dois anos. Mestrando em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

MARIA VITÓRIA LAURINDO - Graduada com titulação de Bacharel em Enfermagem pelo Centro Universitário INTA – UNINTA. Foi bolsista no hospital da Santa Casa de Misericórdia de Sobral (SCMS) no setor de Quimioterapia, participei do programa de monitoria na disciplina de Patologia Humana e fui integrante do Projeto de Extensão Humanização Hospitalar. Assim como, desenvolvi ações em educação e saúde como extensionista para pacientes parturientes no hospital Santa Casa de Sobral (SCMS). Pós-Graduada em Urgência e Emergência pela Universidade Cândido Mendes – UCAM.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-382-8

