



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

MAGDA JORDANA FERNANDES

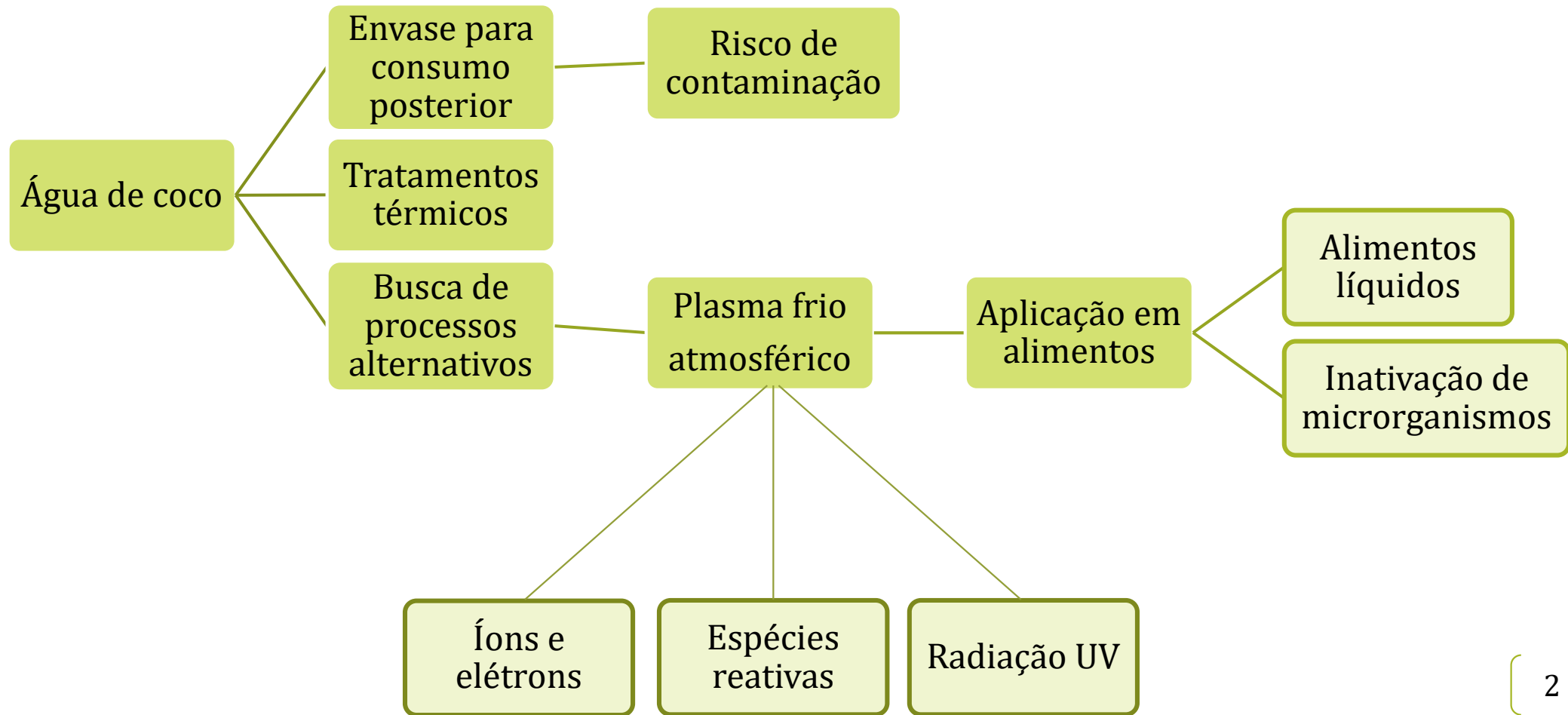
**APLICAÇÃO DE PLASMA ATMOSFÉRICO EM DESCARGA POR BARREIRA
DIELÉTRICA PARA DESCONTAMINAÇÃO DE ÁGUA DE COCO**

Orientador: Prof. Dr. Clodomiro Alves Junior

Co-orientador: Prof Dr. Francisco Marlon Carneiro Feijó

MOSSORÓ-RN
2020

1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

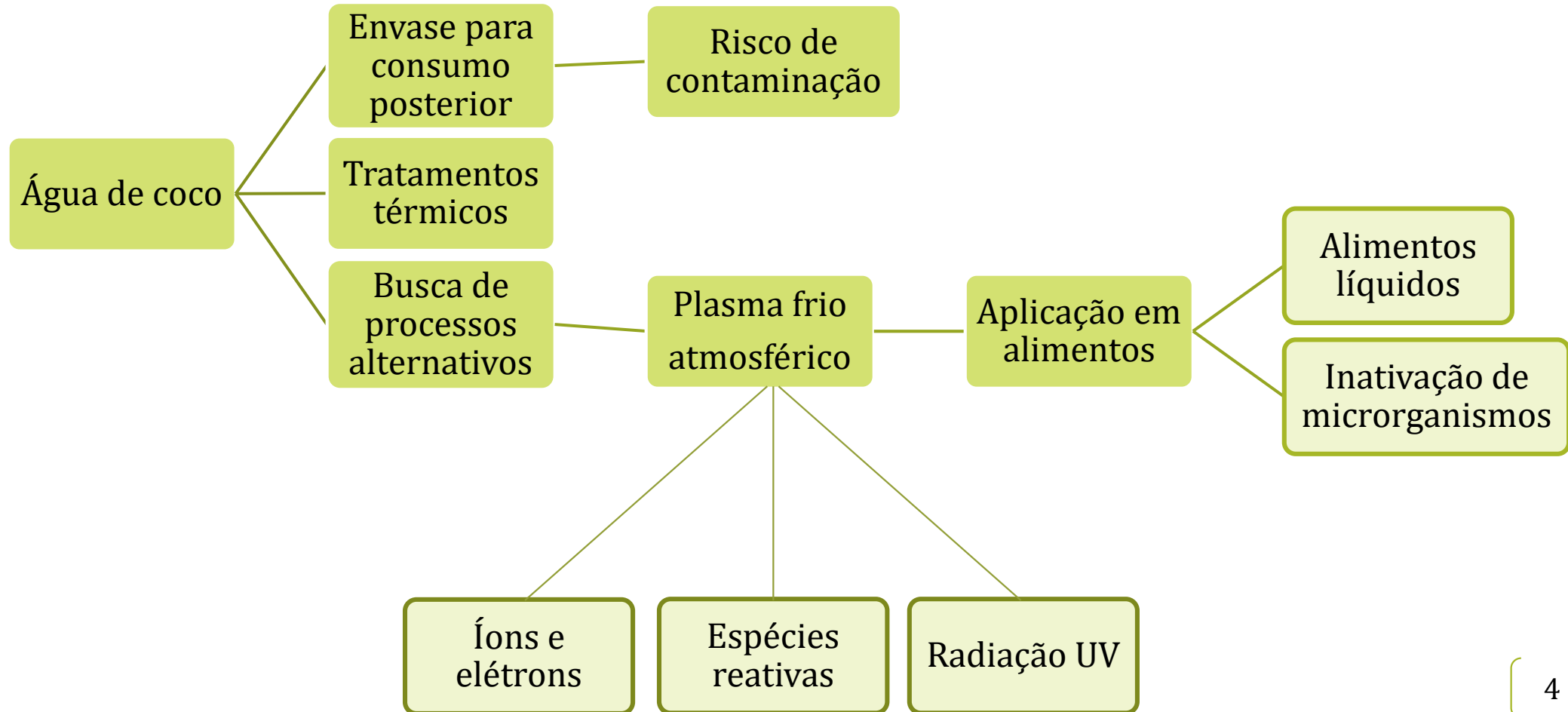
Técnicas convencionais de conservação

As tecnologias de conservação de alimentos podem ser classificadas como térmicas e não térmicas (ALVES FILHO; DE BRITO; RODRIGUES, 2020).



Efeitos colaterais no valor nutricional e nas qualidades sensoriais dos alimentos (FRÍAS et al., 2020).

1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

Plasma frio atmosférico como alternativa para tratamento de alimentos

Diversas vantagens para a indústria de alimentos:



Alimentos líquidos: sucos de uva, maçã, laranja, caju, romã ou tomate, leite, etc.

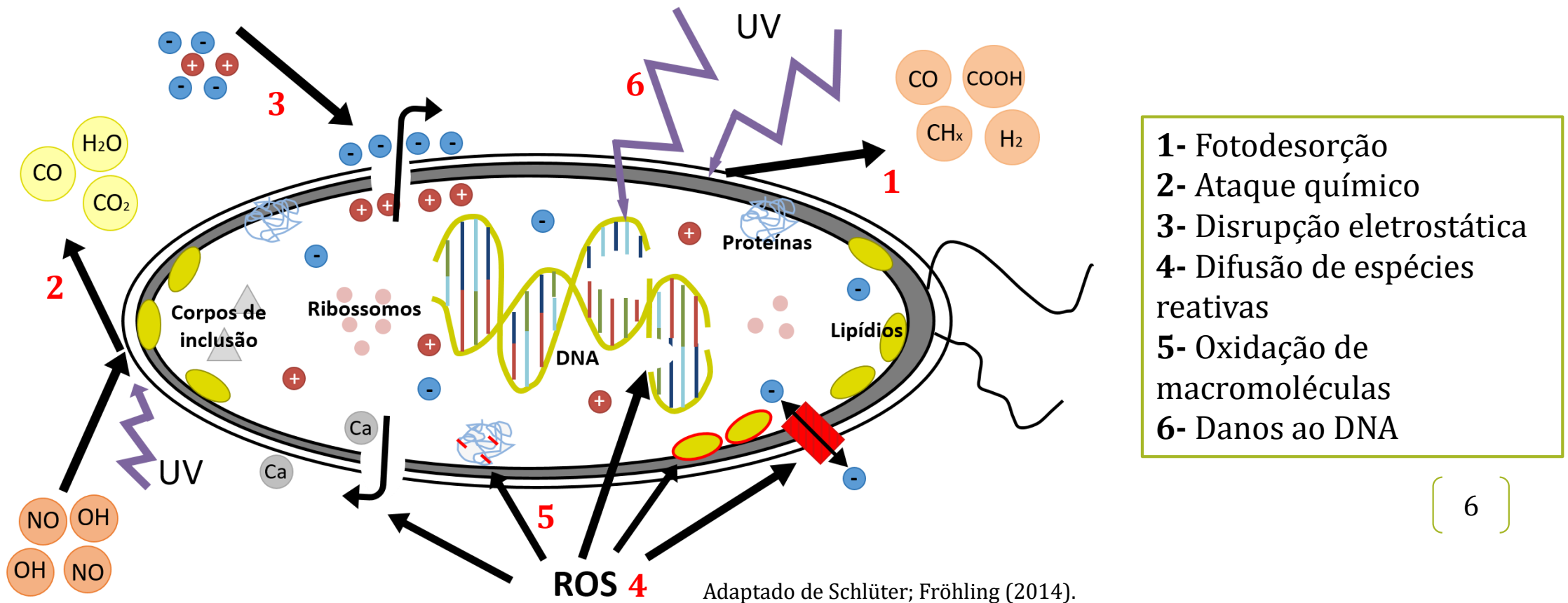
Variações em compostos físico-químicos e/ou inativação de microrganismos patógenos específicos.

Configuração amplamente usada em alimentos: **plasma em descarga por barreira dielétrica.**

1. INTRODUÇÃO

Inativação de microrganismos por plasma frio atmosférico

Figura 3. Principais compostos gerados pelo plasma e seus efeitos para a inativação de microrganismos



2. OBJETIVOS

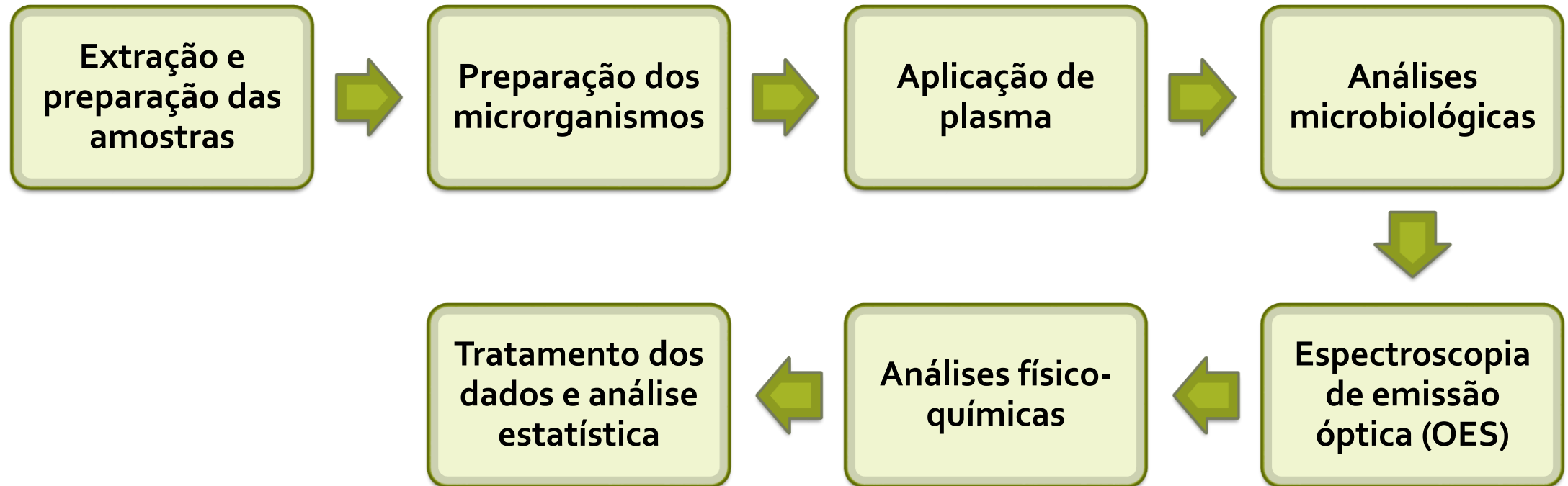
2.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos microbiológicos e físico-químicos de plasma frio atmosférico em configuração de DBD, aplicado em água de coco.

2.2 Objetivos Específicos

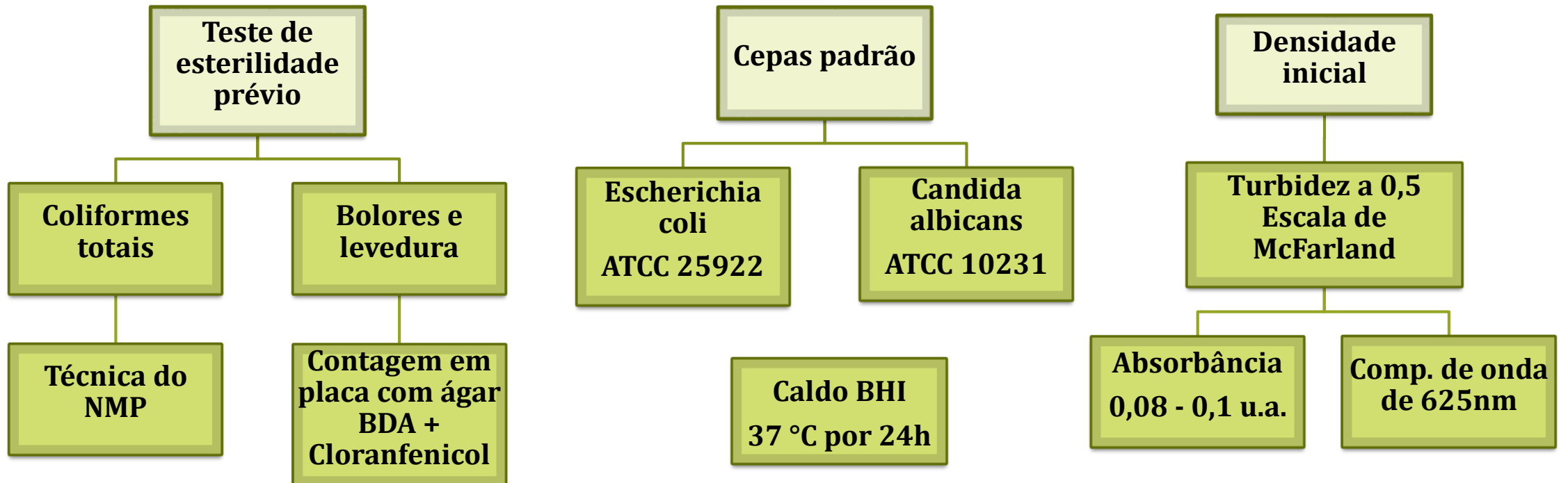
- Avaliar o potencial de descontaminação da água de coco através do plasma, fazendo testes microbiológicos com *E. coli* e *C. albicans*;
- Investigar variações em propriedades físico-químicas da água de coco, com a aplicação do plasma DBD.

4. METODOLOGIA



4. METODOLOGIA

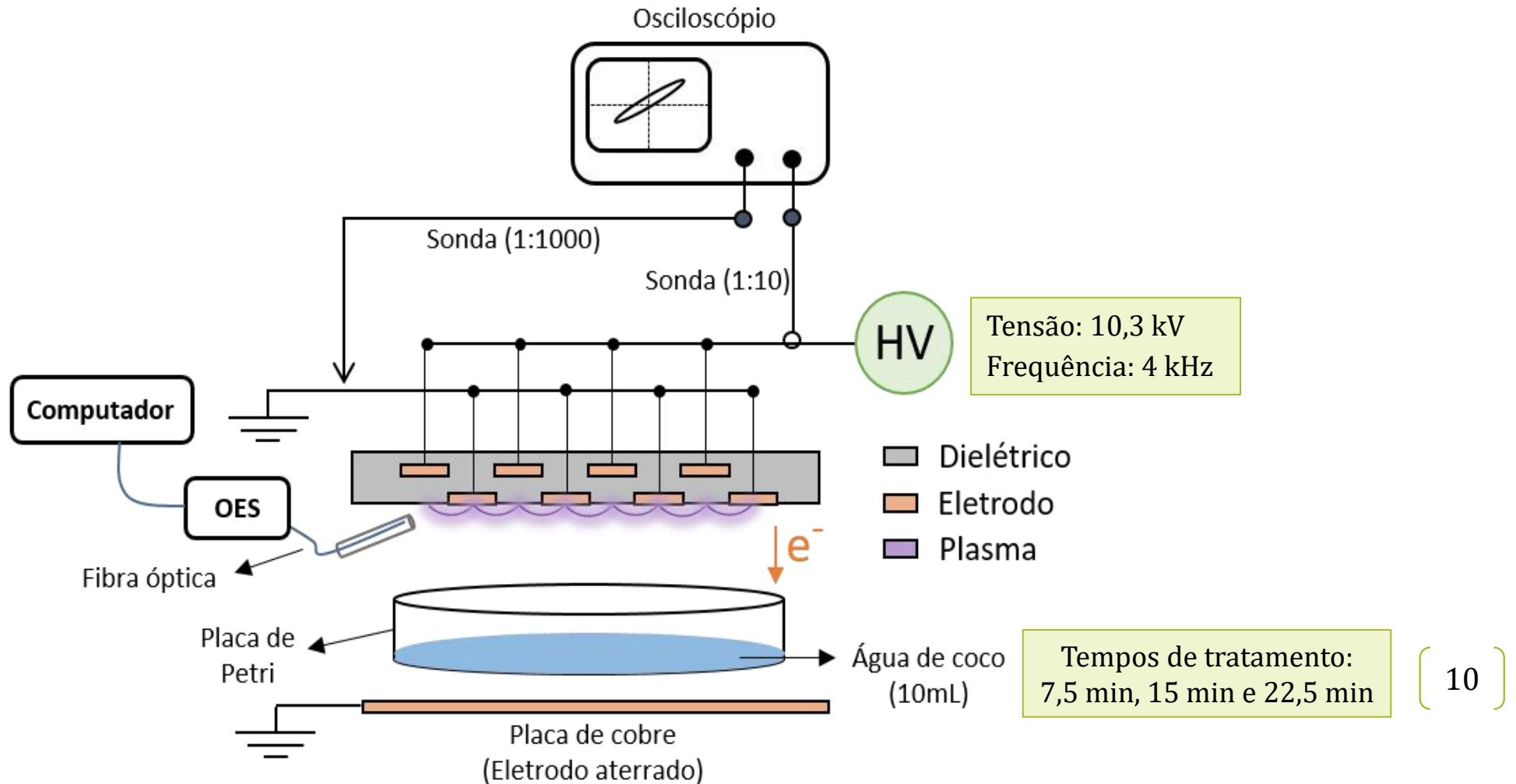
Preparação dos microrganismos



4. METODOLOGIA

Aparato de aplicação de plasma

Figura 4. Esquema representativo do sistema de tratamento de água de coco por plasma DBD de superfície

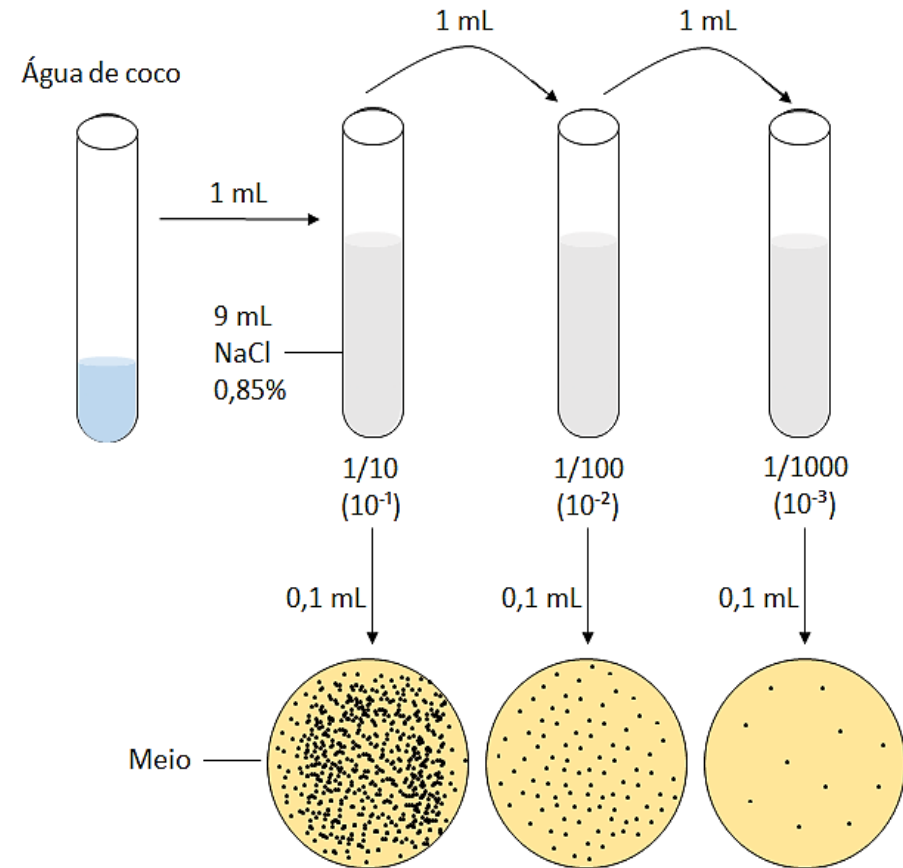


4. METODOLOGIA

Análises microbiológicas

- Tratamento das amostras;
- Diluições e plaqueamento;
- **Meios de cultura:** ágar EMB (*E. coli*) e ágar dextrose Saboraud (*C. albicans*);
- Contagem após 24h (*E. coli*) ou 48h (*C. albicans*).

Figura 6. Esquema representativo da diluição em série da água de coco para posterior contagem de microrganismos em placa



4. METODOLOGIA

Análises físico-químicas

Espectroscopia de emissão óptica (OES)

- Ocean Optics USB 4000 UV-VIS
- Fibra óptica a 0,5 cm do plasma

Sódio (Na⁺) e potássio (K⁺)

- Fotômetro de chama Digimed DM-62

Nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻)

- Teste semi-quantitativo Quantofix

Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sólidos solúveis totais

- AST – método da Antrona (espectrofotômetro)
- AR – método Somogyi-Nelson
- SST – Refratômetro digital Atago PAL-1 (Brix)

pH e condutividade elétrica (CE)

- pHmetro com eletrodo de vidro Kasvo K38-1465
- Medidor impermeável Hanna HI98192

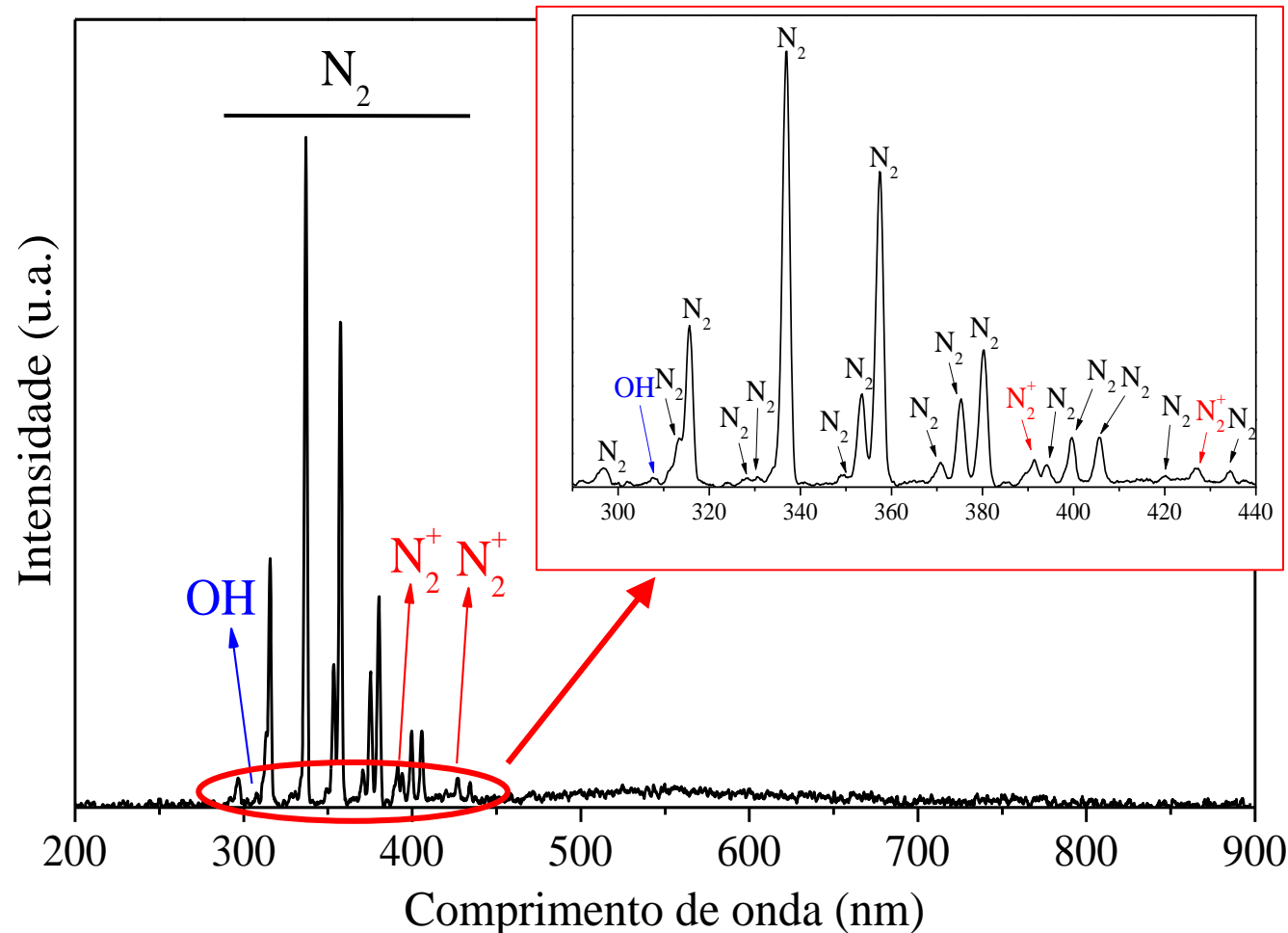
Análise estatística

- ANOVA de um fator, com teste de Tukey ($\alpha = 5\%$) – Statistica, v. 12

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Espectroscopia de emissão óptica (OES)

Figura 7. Espectro de emissão óptica do plasma DBD aplicado em água de coco, com fibra óptica uma distância de 0,5 cm do eletrodo de formação do plasma



Predominância de picos de espécies reativas de nitrogênio.

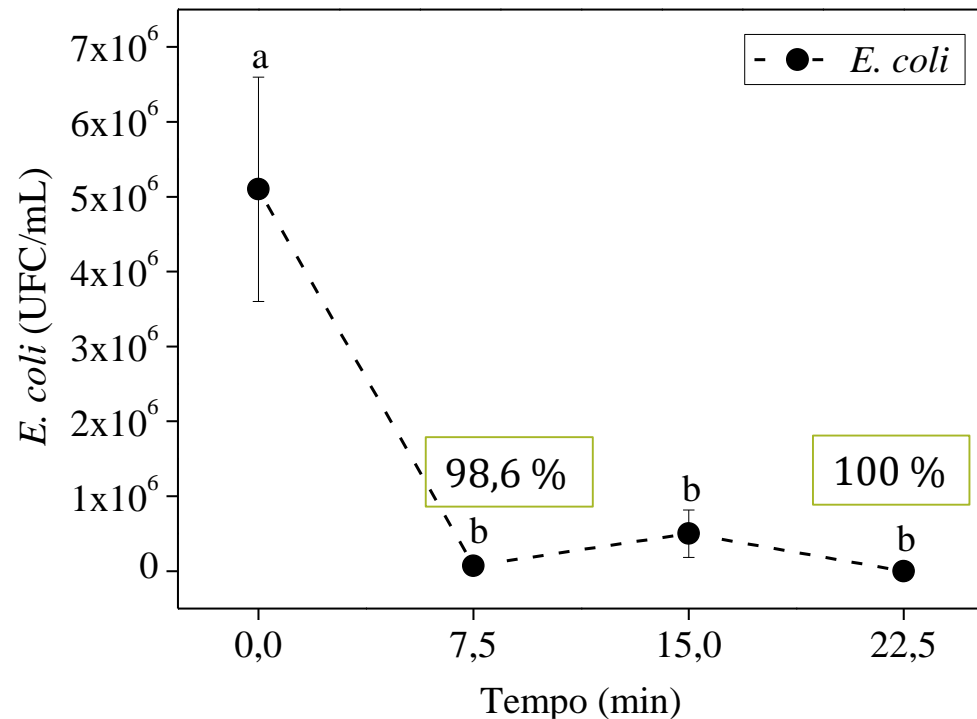
Efeitos na oxidação de membranas celulares, moléculas de proteínas, DNA.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2 Análises microbiológicas

5.2.1 Inativação de *Escherichia coli*

Figura 8. Contagem de *E. coli* inoculada na água de coco, para diferentes tempos de tratamento por plasma DBD



Membrana celular da *E. coli* danificada por espécies ativas, como peróxido de hidrogênio, ozônio e nitrato (LIAO *et al.*, 2018).

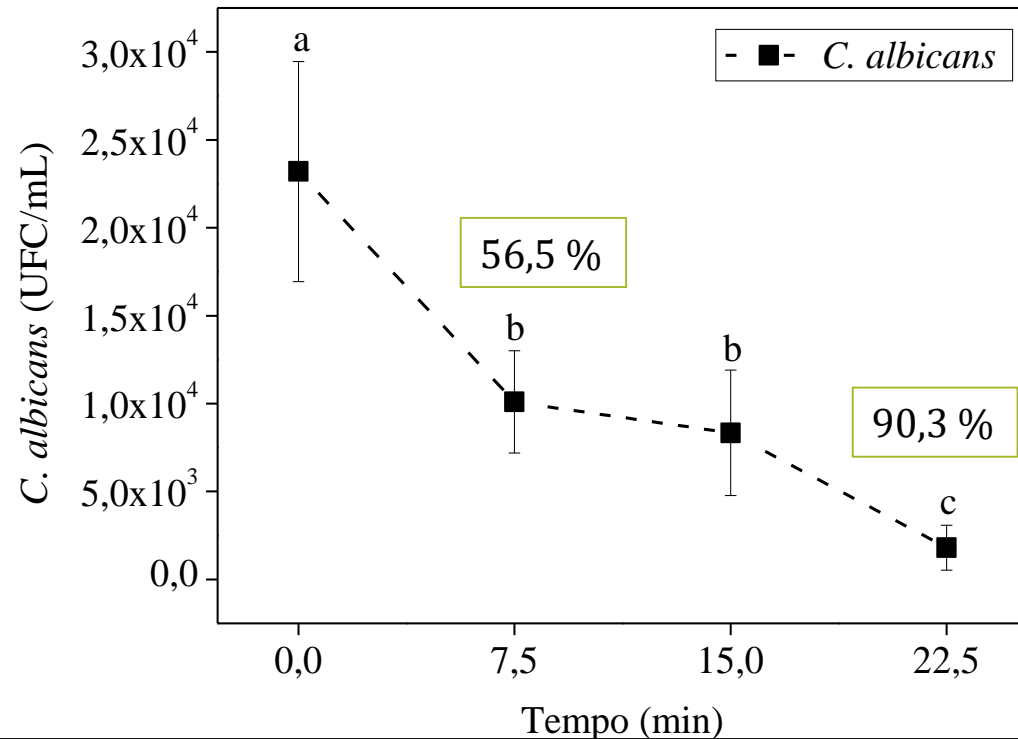
Alterações na morfologia celular da *E. coli* após o tratamento, sugerindo inativação por danos na parede celular causados pelo plasma (YANNAM *et al.*, 2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2 Análises microbiológicas

5.2.2 Inativação de *Candida albicans*

Figura 9. Contagem de *C. albicans* inoculada na água de coco, para diferentes tempos de tratamento por plasma DBD



C. albicans é mais resistente que a *E. coli*, ao tratamento por plasma (SHI *et al.*, 2011).

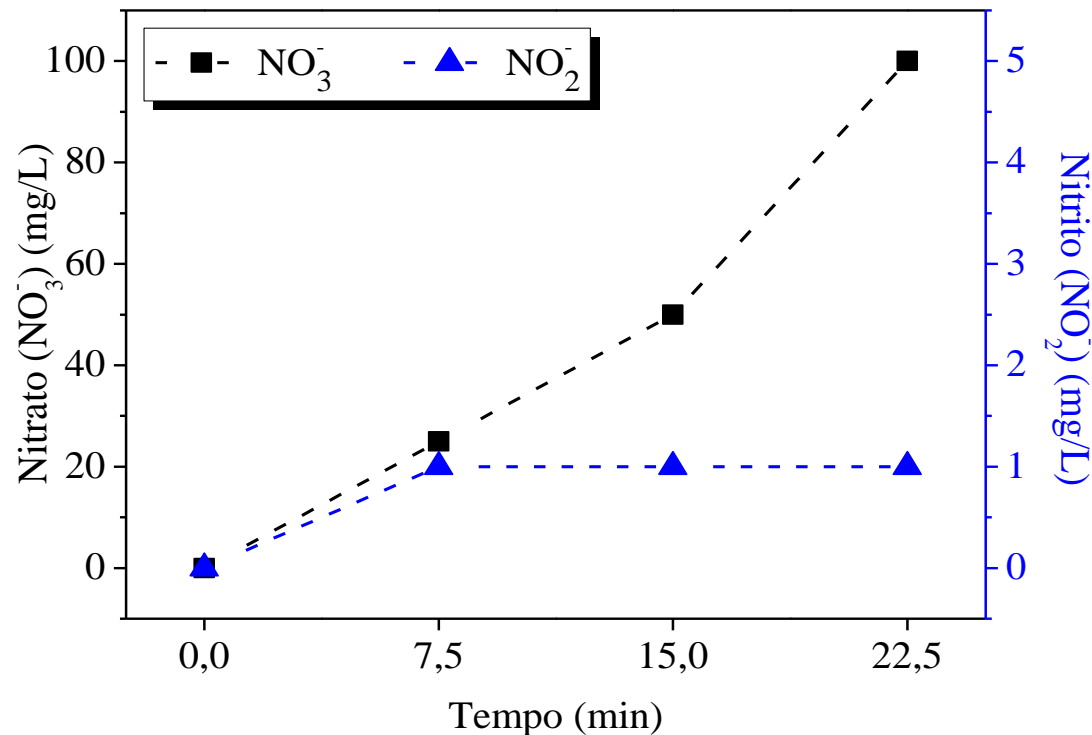
Mecanismos importantes: lesões por indução de quebras no DNA e peroxidação lipídica (SOHBATZADEH *et al.*, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3 Análises físico-químicas

5.3.1 Nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-)

Figura 10. Concentrações de nitrito e nitrato na água de coco, para diferentes tempos de tratamento por plasma DBD



O nitrito age na morte celular de alguns fungos e bactérias, associado a outros compostos (LAURITA *et al.*, 2015; NAÏTALI *et al.*, 2010).

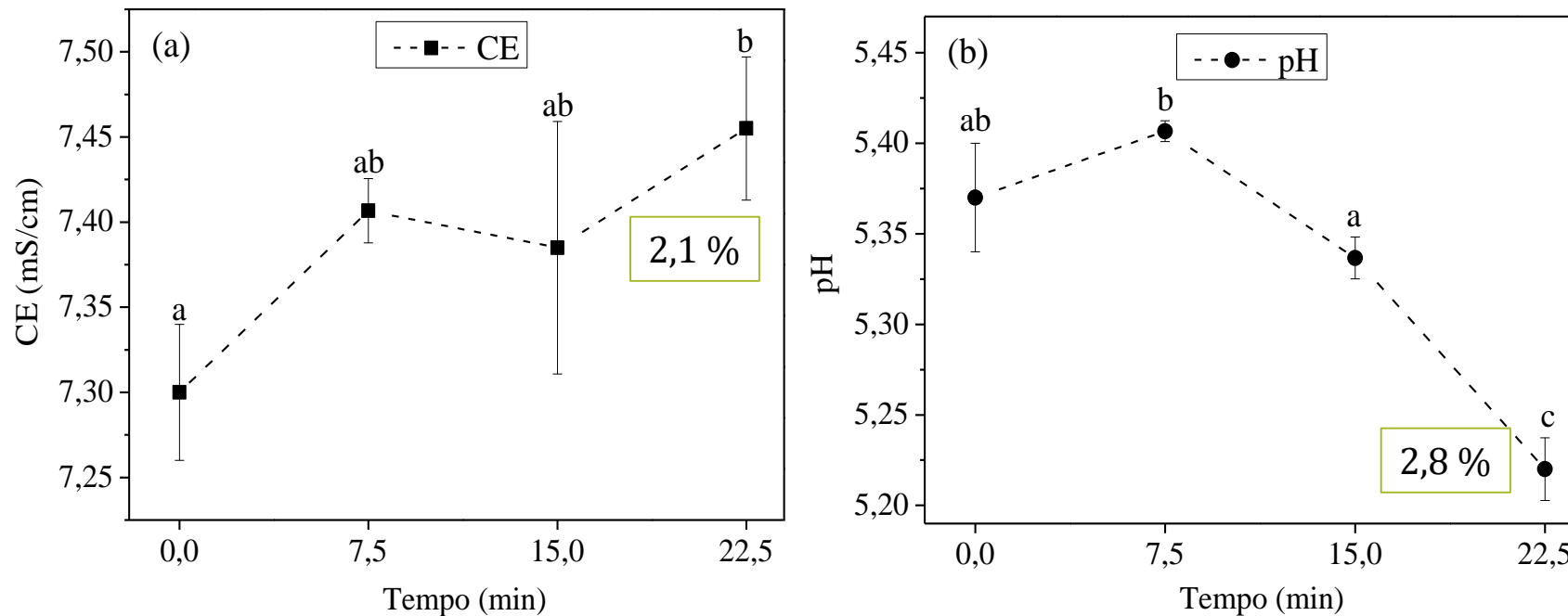
Decomposição do ozônio em contato com o nitrito, gerando nitrato (TSCHANG; THOMA, 2020).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3 Análises físico-químicas

5.3.2 condutividade elétrica (CE) e pH

Figura 11. Variações de (a) condutividade elétrica e (b) pH na água de coco, para diferentes tempos de tratamento por plasma DBD



Dissolução de íons e elétrons na solução.

Solubilização de espécies reativas leva à formação de ácidos (PANKAJ *et al.*, 2017).

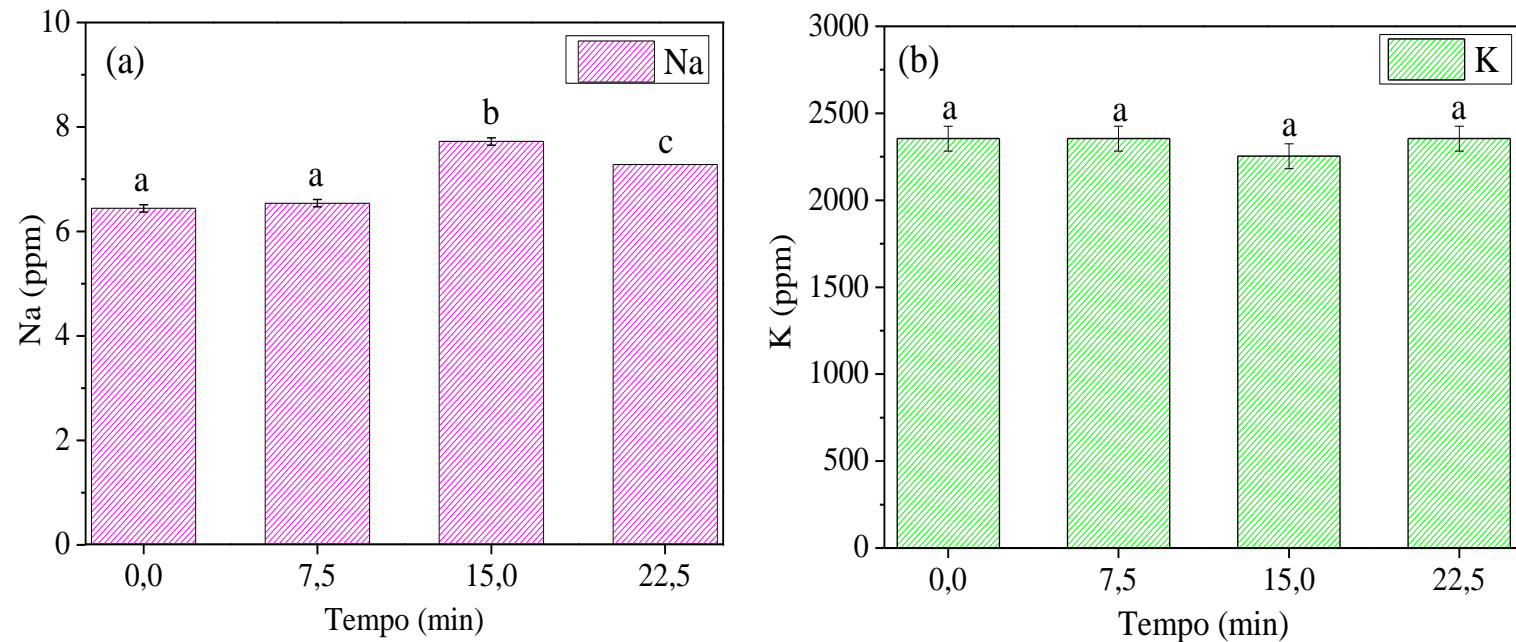
IN n° 9, de 30/01/2020:
- pH entre 4,0 e 6,5.
(BRASIL, 2020).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3 Análises físico-químicas

5.3.3 Sódio (Na^+) e Potássio (K^+)

Figura 12. Concentração de íons (a) Sódio e (b) Potássio na água de coco, para diferentes tempos de tratamento por plasma DBD



Possibilidade de evaporação após longos tempos de tratamento.

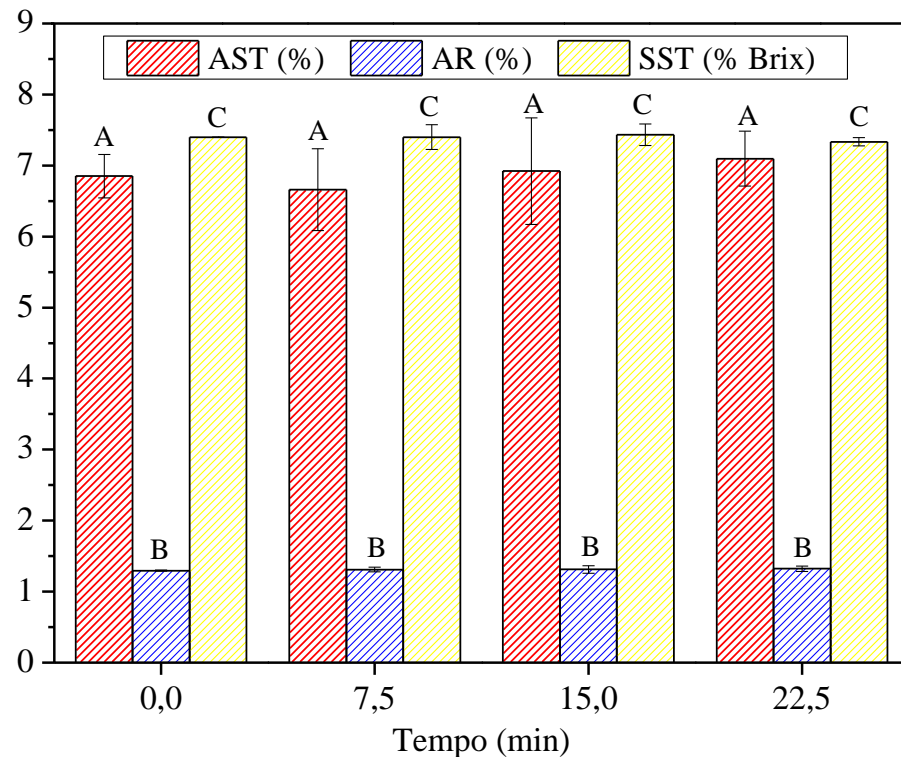
Concentração de potássio muito maior que sódio.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3 Análises físico-químicas

5.3.4 Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sólidos solúveis totais

Figura 13. Variações de AST, AR e SST na água de coco para diferentes tempos de tratamento por plasma



Não houve variação em nenhum dos três aspectos, com o tratamento de plasma DBD.

Plasma X pasteurização: alterações de propriedades nutricionais (ADUBOFUOR; AMOAH; OSEI-BONSU, 2016; YANNAM *et al.*, 2018)

6. CONCLUSÕES

- O plasma frio atmosférico, em configuração DBD, foi eficaz na **inativação** de *E. coli* em **100%**, ao tempo de 22,5 min;
- *C. albicans* sofreu redução máxima de **90,3%**, ao tempo de 22,5 min de tratamento;
- As **espécies reativas** geradas pelo plasma causaram leve **redução de pH** na água de coco, mantendo-se dentro **do limite aceitável por norma**;
- Os **teores de açúcares** da água de coco **não foram alterados** após exposição ao plasma DBD para diferentes tempos de tratamento;
- Os resultados aqui obtidos indicam que o **plasma frio atmosférico** tem potencial na aplicação para **descontaminação de água de coco**.

REFERÊNCIAS

ADUBOFUOR, J.; AMOAH, I.; OSEI-BONSU, I. Sensory and physicochemical properties of pasteurized coconut water from two varieties of coconut. **Food Science and Quality Management**, v. 54, p. 26–32, 2016.

ALMEIDA, F. D. L. et al. Effects of atmospheric cold plasma and ozone on prebiotic orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 32, p. 127-135, 2015.

ALVES FILHO, E. G.; DE BRITO, E. S.; RODRIGUES, S. Effects of cold plasma processing in food components. In: **Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation**. Elsevier Inc., 2020. p. 253–268.

BERMUDEZ-AGUIRRE, D. Advances in the inactivation of microorganisms and viruses in food and model systems using cold plasma. In: **Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation**. Elsevier, 2020a. p. 49–91.

DASAN, B. G.; BOYACI, I. H. Effect of Cold Atmospheric Plasma on Inactivation of Escherichia coli and Physicochemical Properties of Apple, Orange, Tomato Juices, and Sour Cherry Nectar. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 2, p. 334–343, 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11947-017-2014-0>>.

FRÍAS, E. et al. Evaluation of Cold Atmospheric Pressure Plasma (CAPP) and plasma-activated water (PAW) as alternative non-thermal decontamination technologies for tofu: Impact on microbiological, sensorial and functional quality attributes. **Food Research International**, v. 129, p. 1–11, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996919307458>>.

REFERÊNCIAS

HERCEG, Z. et al. Gas phase plasma impact on phenolic compounds in pomegranate juice. **Food Chemistry**, v. 190, p. 665–672, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615008973>>.

LAURITA, R. et al. Chemical analysis of reactive species and antimicrobial activity of water treated by nanosecond pulsed DBD air plasma. **Clinical Plasma Medicine**, v. 3, n. 2, p. 53–61, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212816615300081>>.

LIAO, X. et al. Application of a Dielectric Barrier Discharge Atmospheric Cold Plasma (Dbd-Acp) for Eshcerichia Coli Inactivation in Apple Juice. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 2, p. 401–408, 2018.

NAÏTALI, M. et al. Combined Effects of Long-Living Chemical Species during Microbial Inactivation Using Atmospheric Plasma-Treated Water. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 22, p. 7662–7664, 2010.

PANKAJ, S. K. et al. Effect of high voltage atmospheric cold plasma on white grape juice quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 12, p. 4016–4021, 2017. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.8268>>.

RODRÍGUEZ, Ó. et al. Effect of indirect cold plasma treatment on cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.). **LWT**, v. 84, p. 457–463, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817304140>>.

REFERÊNCIAS

SHI, X. M. et al. Effect of low-temperature plasma on microorganism inactivation and quality of freshly squeezed orange juice. **IEEE Transactions on Plasma Science**, v. 39, n. 7, p. 1591–1597, 2011.

SOHBATZADEH, F. et al. Inactivation of *Aspergillus flavus* spores in a sealed package by cold plasma streamers. **Journal of Theoretical and Applied Physics**, v. 10, n. 2, p. 99–106, 2016.

SUROWSKY, B. et al. Impact of cold plasma on *Citrobacter freundii* in apple juice: Inactivation kinetics and mechanisms. **International Journal of Food Microbiology**, v. 174, p. 63–71, 2014.

TSCHANG, C. T.; THOMA, M. In vitro comparison of direct plasma treatment and plasma activated water on *Escherichia coli* using a surface micro-discharge. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 53, n. 5, p. 1–9, 2020. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/ab522a>>.

XU, L. et al. Microbial Inactivation and Quality Changes in Orange Juice Treated by High Voltage Atmospheric Cold Plasma. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, n. 10, p. 1778–1791, 2017.

YANNAM, S. K. et al. Application of high voltage electrical discharge plasma for the inactivation of *Escherichia coli* ATCC 700891 in tangerine juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, n. December 2017, p. 180–185, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.018>>.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

MAGDA JORDANA FERNANDES

**APLICAÇÃO DE PLASMA ATMOSFÉRICO EM DESCARGA POR BARREIRA
DIELÉTRICA PARA DESCONTAMINAÇÃO DE ÁGUA DE COCO**

Orientador: Prof. Dr. Clodomiro Alves Junior

Co-orientador: Prof Dr. Francisco Marlon Carneiro Feijó

MOSSORÓ-RN
2020