

**LUÍS RODRIGUES DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DOS TRATAMENTOS COM ÁGUA  
ELETROLISADA E ULTRAVIOLETA PULSADO NA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI 'PÉROLA'.**

**MOSSORÓ-RN  
2013**

**LUÍS RODRIGUES DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DOS TRATAMENTOS COM ÁGUA  
ELETROLISADA E ULTRAVIOLETA PULSADO NA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI ‘PÉROLA’.**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido, como parte das exigências para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

**ORIENTADOR:**  
D. Sc. Ebenézer de Oliveira Silva.  
Co-orientador:  
D. Sc. Nédio Jair Wurlitzer

MOSSORÓ-RN  
2013

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

S581a Silva, Luís Rodrigues da.

Avaliação dos tratamentos com água eletrolisada e ultravioleta pulsando na qualidade pós-colheita de abacaxi ‘pérola’. / Luís Rodrigues da Silva-- Mossoró, RN: 2013.

73f.: il.

Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Sc. Ebenezer de Oliveira Silva

Coorientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Sc. Nedio Jair Wurlitzer

1.Tratamentos. 2.Armazenamentos. 3.Características avaliadas. I.Título.

CDD: 634.774

Bibliotecária: Marilene Santos de Araújo

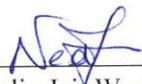
CRB-5/1033

**LUÍS RODRIGUES DA SILVA**

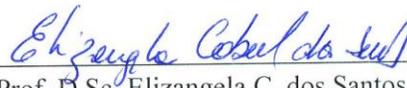
**AVALIAÇÃO DOS TRATAMENTOS COM ÁGUA ELETROLISADA E  
ULTRAVIOLETA PULSADO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE  
ABACAXI ‘PÉROLA’**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural do  
Semiárido, como parte das exigências para  
obtenção do grau de doutor em Agronomia:  
Fitotecnia.

APROVADA EM: 05/04/2013



\_\_\_\_\_  
D.Sc. Nedio Jair Wurlitzer  
Co-Orientador



\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Elizangela C. dos Santos  
Conselheira



\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Maria Izabel Gallão  
Membro Externo



\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Dijauma Honório Nogueira  
Membro Externo



\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Ebenezer de Oliveira Silva  
Orientador

Ao meu pai, Aldinete Rodrigues da Silva, *in memoriam*, e à minha mãe, Lindalva Pinheiro Rodrigues; pelo amor dedicado, confiança e honestidade.

### **Dedico**

À minha esposa, Izabel, e ao meu filho, Luís Henrique, que com muito amor, carinho, companheirismo e ternura, permitiram-me a realização deste sonho.

### **Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela luz que ilumina meus caminhos e pelo amor que traz harmonia e esperança.

À minha esposa Izabel e meu filho Luís Henrique, pelo amor incondicional e companheirismo que suportaram as minhas ausências.

Ao pai, Aldinete Rodrigues, que não teve a oportunidade de ver esse meu sonho realizado, e à minha mãe, Lindalva Pinheiro, pelo apoio e confiança.

Aos meus irmãos, pelos momentos de alegria compartilhados.

À Francineuda Bandeira pela estadia.

Ao professor e pesquisador Ebenézer de Oliveira Silva, pela valiosa orientação e sabedoria.

Ao pesquisador Nédio Jair Wurlitzer, pelas orientações e apoio prestados na execução desta pesquisa.

Ao professor Dijauma Honório Nogueira, pelo empenho para realização do Programa de Doutorado e pelo incentivo e contribuições na execução deste trabalho.

À professora Maria Izabel Gallão pelas análises citoquímicas realizações e pelas contribuições prestadas nesta pesquisa.

À professora Elizangela Cabral dos Santos pelas contribuições prestadas nesta pesquisa.

À, Aline Ellen doutoranda pelas correções e contribuições valiosas para o aperfeiçoamento desta pesquisa.

A Márcia Régia, Chefe do Laboratório de Tecnologia e Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, pelo apoio e ensinamentos nas análises.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da UFERSA, que compartilharam seus conhecimentos.

Ao Programa DINTER – Doutorado Interinstitucional que oportunizou a realização deste doutorado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Iguatu*, pela liberação e oportunidade concedida para cursar doutorado.

A UFRSA – Universidade Federal Rural do Semiárido, pela oportunidade de estudos e melhoria dos meus conhecimentos.

Ao Banco do Nordeste pelos apóio financeiros desta pesquisa.

Ao laboratório de Biologia Vegetal da Universidade Federal do Ceará pelas realizações das análises morfológicas.

À Maria de Fátima Morais pelas correções ortográficas e gramaticais.

À Embrapa Agroindústria Tropical, pelo apoio nas análises laboratoriais.

Aos colegas de turma do DINTER: Eliani, Robério, Wagner, Edileuza, Joaquim, Lúcio, Ednaldo, Francisco Cicupira, Francisco Tomás, Cleópatra, Joacir, Galberto, Homero, Ranieri, Francineudo, Wanderlei e Pedro, pela amizade e companheirismo durante o curso.

Aos colegas do Laboratório de Tecnologia e Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical: Cibele, Taiane, Laiane, Oiram, Edileuza, Joacir, Aline, Milene, Karol, Raquel, Talita, Tarliane e Morgana pelas contribuições, amizade e momentos de alegria.

Aos professores e técnicos administrativos do IFCE campus Iguatu pelo apoio. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

## RESUMO

SILVA, Luís Rodrigues da. **Avaliação dos tratamentos com água eletrolisada e ultravioleta pulsado na qualidade pós-colheita de abacaxi 'Pérola'**, 2013. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2013.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características físicas, físico-químicas e alterações morfológicas de abacaxi 'Perola' tratado com água eletrolisada e ultravioleta pulsado. Foram realizados dois experimentos, o primeiro com água eletrolisada e o segundo com radiação ultravioleta pulsado. Após aplicação dos tratamentos, os abacaxis foram armazenados a  $12 \pm 1^\circ\text{C}$ , por 21 dias. A cada sete dias, as amostras foram retiradas para as análises de qualidade. Os experimentos foram instalados utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $5 \times 4$ , para o primeiro experimento, e  $4 \times 4$ , para o segundo experimento; ambos com três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, escolhendo-se as curvas que melhor explicavam os processos fisiológicos e teste de média. O experimento I com água eletrolisada e o experimento II com ultravioleta pulsado não exerceram efeito significativo nas características avaliadas. As alterações apresentadas podem ter sido influenciadas pela temperatura e os tempos de armazenamentos, visto que ambos os tratamentos conservaram a integridade da parede celular das células do tecido, segundo a análise microscopia, realizada no Laboratório de Biologia Celular Vegetal, da Universidade Federal do Ceará (UFC), o que permite concluir que a qualidade pós-colheita dos abacaxis tratados com água eletrolisada e ultravioleta pulsado foi conservada, por 21 dias, em armazenamento refrigerado.

Palavras-chave: Tratamentos, armazenamento, características avaliadas.

## ABSTRACT

SILVA, Luís Rodrigues. Evaluation of treatment with electrolyzed water and pulsed ultraviolet on postharvest quality of pineapple 'Pérola', 2013. Thesis (Ph.D. in Agronomy: Crop Science) - Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), Mossoró, RN, 2013.

The purpose of this study was to evaluate the physical, physicochemical and morphological changes in pineapple 'Perola' treated with electrolyzed water and pulsed ultraviolet. Two experiments were conducted, the first one with electrolyzed water and the second one with pulsed ultraviolet radiation. After the treatment application, the pineapples were stored at  $12 \pm 1$  ° C for 21 days. Every seven days, the samples were taken out for analysis of quality. The experiments were installed using a completely randomized design in a factorial 5 x 4 for the first experiment and 4 x 4 for the second experiment, there were three replications in both. The data were subjected to regression analysis, choosing the curves that best explained the physiological processes and average test. The first experiment with electrolyzed water and the second experiment with pulsed ultraviolet did not shown significant effect on the characteristics evaluated. The presented changes may have been influenced by the temperature and storage time, since both treatments preserved the integrity of the cell wall of tissue cells, according to microscopic analysis, performed at the Laboratory of Plant Cell Biology, Federal University of Ceará (UFC), which indicates that the post-harvest quality of pineapples treated with electrolyzed water and pulsed ultraviolet was kept for 21 days in cold storage.

Keywords: treatment, storage, evaluated characteristics.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Sólidos solúveis (%), Açúcares totais em abacaxi “Pérola” tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre) quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias) 12 ± 1° C Embrapa 2012 43
- Tabela 2 - Sólidos solúveis (%), Carotenoides totais (mg·100g<sup>-1</sup>) em abacaxi “Pérola” tratado com ultravioleta pulsado nas densidades energéticas 0; 3,0; 6,0 e 9,0 J cm<sup>-2</sup> quatro tempos de armazenamentos (0,0; 7,0; 14 e 21 dias), 12 ± 1°C Fortaleza-CE Embrapa 2012 58

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Perda de massa (%) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre) quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias) 12 ± 1° C Embrapa 2012 35
- Figura 2 - Firmeza da polpa (N) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias) 12 ± 1° C Embrapa 2012 36
- Figura 3 - Extravazamento de eletrólitos (%) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias) 12 ± 1° C Embrapa 2012 37
- Figura 4 – Vitamina C (mg·100g<sup>-1</sup>de ácido ascórbico) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias) 12 ± 1° C Embrapa 2012 38
- Figura 5 pH em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre) armazenamentos quatro tempos (0; 7,0; 14 e 21 dias) 12 ± 1° C Embrapa.2012 39

- Figura 6 - Acidez titulável ( $\text{mg}/100\text{g}^{-1}$  de ácido cítrico) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ$  C Embrapa 2012 40
- Figura 7 - Sólidos solúveis/acidez titulável em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ$  C Embrapa 2012 41
- Figura 8 - Açúcares redutor (%) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ$  C Embrapa 2012 44
- Figura 9 - Carotenoides totais ( $\text{mg}/100\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ$  C Embrapa 2012 45
- Figura 10 - Polifenóis extraíveis totais ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada (0; 75; 150; 225 e 300  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ$  C Embrapa 2012 46

Cortes de abacaxi corados com Azul de Toluidina pH 4,0,

- Figura 11 – submetidos a tratamentos com água eletrolisada. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células epicarpo ( ★ ), células do mesocarpo ( → ). Barra: 100  $\mu\text{m}$ . 47
- Figura 12 – Cortes de abacaxi submetidos à reação do PAS, submetidos a tratamentos com água eletrolisada. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células do epicarpo ( ★ ), células do mesocarpo ( → ). Barra: 100  $\mu\text{m}$ . 48
- Figura 13 – Perda de massa (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9  $\text{J cm}^{-2}$ ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  Embrapa 2012 50
- Figura 14 – Firmeza da polpa (N) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9  $\text{J cm}^{-2}$ ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  Embrapa 2012 51
- Figura 15 – Extravazamento de eletrólitos (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9  $\text{J cm}^{-2}$ ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias)  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  Embrapa 2012 52
- Figura 16 – Vitamina C ( $\text{mg}/100\text{g}^{-1}$  de ácido ascórbico) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades

	energéticas (0; 3; 6 e 9 J cm <sup>-2</sup> ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21dias) 12 ± 1°C Embrapa 2012	53
Figura 17 –	pH em abacaxi ‘Pérola’ atado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9 J cm <sup>-2</sup> ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21dias) 12 ± 1°C Embrapa 2012	54
Figura 18 –	Acidez titulável (mg/100g <sup>-1</sup> de ácido cítrico) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9 J cm <sup>-2</sup> ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21dias) 12 ± 1°C Embrapa 2012	55
Figura 19 –	Relação sólidos solúvel/acidez em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9 J cm <sup>-2</sup> ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21dias) 12 ± 1°C Embrapa 2012	56
Figura 20-	Açúcares totais (%) em abacaxi ‘Pérola’ atado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9 J cm <sup>-2</sup> ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21dias) 12 ± 1°C Embrapa 2012	59
Figura 21 –	Açúcares redutores (%) em abacaxi ‘Pérola’ atado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9 J cm <sup>-2</sup> ) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21dias) 12 ± 1°C Embrapa 2012	60
Figura 22 –	Polifenóis extraíveis totais (mg·100g <sup>-1</sup> ) em abacaxi ‘Pérola’	

tratado com radiação ultravioleta pulsado nas densidades energéticas (0; 3; 6 e 9 J cm<sup>-2</sup>) armazenados quatro tempos (0; 7; 14 e 21 dias) 12 ± 1°C Embrapa 2012

61

Figura 23 – Cortes de abacaxi cortados com Azul de Toluidina pH 4,0, submetidos à luz ultravioleta. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células do epicarpo ( ★ ), células do mesocarpo ( → ). Barra: 100 µm.

63

Figura 24 - Cortes de abacaxi submetidos à reação do PAS, submetidos à luz ultravioleta. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células do epicarpo ( ★ ), células do mesocarpo ( → ). Barra: 100 µm Xx

64

## LISTA DE TABELA DO APÊNDICE

- Tabela 1 A - Valores de 'F' para PM (perda de massa), FP (firmeza da polpa), EE (extravazamento de eletrólitos), VC (vitamina C) de abacaxi 'Pérola' tratado com diferentes concentrações de água eletrolisada, Embrapa 2012 72
- Tabela 2 A - Valores de para 'F' pH, AT (acidez titulável), SS/AT (relação sólidos solúvel acidez titulável), SS (sólidos solúveis) de abacaxi 'Pérola' tratado com diferentes concentrações de água eletrolisada, Embrapa 2012 72
- Tabela 3 A - Valores de 'F' para AT (açúcar totais), AR (açúcar redutor), CT (carotenoides totais), PET (polifenóis extraíveis totais) de abacaxi 'Pérola' tratado com diferentes concentrações de água eletrolisada, Embrapa 2012 72
- Tabela 1 B - Valores de 'F' PM (perda de massa), FP (firmeza da polpa), EE (extravazamento de eletrólitos), VC (vitamina C) de abacaxi 'Pérola' tratado com diferentes radiações de ultravioleta pulsado, Embrapa 2012 73
- Tabela 2 B - Valores de 'F' pH, AT (acidez titulável), SS/AT (relação sólidos solúvel acidez titulável), SS (sólidos solúveis) de abacaxi 'Pérola' tratado com diferentes radiações de ultravioleta pulsado, Embrapa 2012 73

Tabela 3 B- Valores de 'F' para AT (açúcar totais), AR (açúcar redutor), CT (carotenoides totais) PET (polifenóis extraíveis totais) de abacaxi 'Pérola' tratado com diferentes radiações de ultravioleta pulsado, Embrapa 2012

## LISTA DE ABREVIATURAS

AGRIANUAL-----	Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira
APHA.....	American Public Health Association
AT.....	Azul deToluidina
CEASA.....	Central de Abastecimento do Estado do Ceará
CT.....	Carotenoides totais
DNA.....	Ácido Desirribonucleico
EMBRAPA.....	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IP-----	Início de pigmentação
MERCOSUL.....	Mercado Comum do Sul
PAS.....	Ácido periódico reativo de Schiff
UV-C.....	Ultravioleta contínua
UV-P.....	Ultravioleta pulsado
UFC.....	Unidades Formadoras de Colônias
UFC.....	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	21
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	22
2.1 SANITIZANTES E TRATAMENTOS UTILIZADOS NO CONTROLE MICROBIOLÓGICO	23
2.1.1 Cloro	24
2.1.2 Ácido peracético	25
2.1.3 Tratamento térmico	25
2.1.4 Água eletrolisada	26
2.1.5 Radiação ultravioleta	27
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	28
3.1 MATERIAL VEGETAL	28
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	28
3.2.1 Experimento I: Avaliação do tratamento com água eletrolisada na qualidade pós-colheita de abacaxi “Perola”	28
3.2.2 Experimento II: Avaliação do tratamento com ultravioleta pulsado na qualidade pós-colheita de abacaxi “Perola”	29
3.3 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS	30
3.4 ANÁLISES CITOQUÍMICAS	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	34
4.1 EXPERIMENTO I: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COM ÁGUA ELETROLISADA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI “PEROLA”	34
4.1.1 Perda de massa	34
4.1.2 Firmeza da polpa	35
4.1.3 Extravasamentos de eletrólitos	36
4.1.4 Vitamina C	37
4.1.5 pH	38

4.1.6 Acidez titulável	39
4.1.7 SS/AT	40
4.1.8 Sólidos solúveis - açúcares totais	42
4.1.9 Açúcares redutores	43
4.1.10 Carotenoides totais	44
4.1.11 PET	45
4.1.12 Análises citoquímicas	46
4.2 EXPERIMENTO II: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COM ULTRAVIOLETA PULSADO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI ‘PEROLA’	49
4.2.1 Perda de massa	49
4.2.2 Firmeza da polpa	50
4.2.3 Extravasamentos de eletrólitos	51
4.2.4 Vitamina C	52
4.2.5 pH	53
4.2.6 Acidez titulável	54
4.2.7 SS/AT	55
4.2.8 Sólidos solúveis – carotenoides totais	56
4.2.9 Açúcares totais	58
4.2.10 Açúcares redutores	59
4.2.11 PET	60
4.2.12 Análises citoquímica	61
<b>5 CONCLUSÕES</b>	65
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	66
<b>APÊNDICE A</b>	72
<b>APÊNDICE B</b>	73

## 1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é cultivado em mais de 70 países, sendo a oitava fruta mais colhida e a décima primeira em área cultivada Anuário, (2012). O abacaxi é um fruto composto, pertencente à família *Bromeliaceae* e, em função de suas apreciáveis propriedades sensoriais e nutritivas, apresenta considerável valor comercial. A preferência do consumidor brasileiro é pelo abacaxi ‘Pérola’, devido ao sabor mais adocicado e sua baixa acidez (PINHEIRO et al 2000).

A cultura do abacaxi é muito susceptível ao ataque de micro-organismo na pós-colheita, o que limita a sua inserção no mercado internacional, devido às exigências fitossanitárias específicas (FERRARI et al., 2009). Para minimizar os riscos provocados pela ação microbiana no abacaxi, uma vez que a sua casca apresenta reentrâncias favoráveis a ação de biofilmes (bactérias e fungos), Álvaro et al. (2009) recomendam a utilização de sanitizantes a base de cloro.

Porém, estudos têm mostrado que esses sanitizantes podem causar problemas à saúde humana, por oxidarem completamente os materiais orgânicos, formando subprodutos indesejáveis, potencialmente carcinogênicos na água de tratamento (ALLENDE, et al., 2009; GIL, et al., 2009). Diante dessas limitações é que surgiu a possibilidade de se utilizar a água eletrolisada e a radiação ultravioleta na conservação pós-colheita de frutos. Essas duas tecnologias têm despertado grande interesse nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos, onde estão sendo estudadas em substituição aos tratamentos químicos convencionais. Nesse contexto, existem ainda poucos trabalhos relacionados aos efeitos da água eletrolisada e da radiação de ultravioleta pulsado na qualidade pós-colheita de frutas, embora tenha sido demonstrado as suas propriedades fungicidas e bactericidas.

O objetivo desse trabalho foi avaliar as características físicas, físico-químicas e as alterações morfológicas de abacaxi ‘Perola’ tratado com água eletrolisada ou ultravioleta pulsado.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O abacaxizeiro é uma planta monocotiledônea, herbácea, perene, pertencente à família Bromeliácea, com ciclo variando de 12 a 30 meses, cujas espécies podem ser divididas em dois grupos distintos em relação aos seus hábitos: as epífitas e as terrestres. A família Bromeliácea possui 3010 espécies distribuídas em 56 gêneros (LUTHER, 2004). O gênero *Ananas*, o mais importante da família Bromeliácea, inclui oito espécies: *Ananas monstrosus*, *Ananas ananassoides*, *Ananas nanus*, *Ananas parguazensis*, *Ananas lucidus*, *Ananas bracteatus*, *Ananas fritzmuelleri* e *Ananas comosus comosus*, sendo esta última a mais importante em valor comercial (CABRAL, et al., 2004).

A produção brasileira de abacaxi, em 2009, foi de aproximadamente três milhões de toneladas, destacando como maiores produtores as regiões Sudeste, com 1,2 milhões de toneladas; o Nordeste, com um milhão de toneladas e, em terceiro, a região Norte, com aproximadamente 500 mil toneladas. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional, seguido pelos Estados da Paraíba, em segundo, e do Pará, em terceiro (AGRIANUAL, 2012).

A cultivar 'Pérola' é a preferida dos consumidores brasileiros, sendo por isso a principal variedade cultivada no Brasil, (GIACOMETTI, 1982; REINHARDT & SOUZA, 2000) e, também, com potencial para comercialização internacional, sendo muito apreciada no Mercosul e na Europa (CUNHA, 2006). Possui porte médio, crescimento ereto, é vigorosa, folhas com  $\pm 65$  cm de comprimento, dotadas de espinhos nos bordos e pedúnculo longo ( $\pm 30$  cm). Produz muitos filhotes (10 a 15) presos ao pedúnculo localizados próximo da base da fruta, apresenta forma cônica, casca verdosa a pintada de amarelo (quando fisiologicamente maduro), polpa branca e com bastante suco (BARREIRO NETO et al.; 1998).

As características que determinam a qualidade no abacaxi, de modo geral, são: boa produtividade, resistência ou tolerância às principais pragas e doenças e frutos de forma cilíndrica com olhos grandes e achatados, coroa pequena a média, polpa firme amarela e pouco fibrosa, teor elevado de açúcar e acidez moderada, (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

As características físicas e químicas do fruto são de fundamental importância para a definição de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para a boa aceitação do produto pelo consumidor. Para estudo das qualidades do fruto são adotados vários parâmetros, físicos: perda de massa, firmeza da polpa, extravasamento de solutos, químicos: pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação sólidos acidez titulável, vitamina C, açúcares totais e redutores, polifenóis extraíveis totais e carotenoides. Estas características geralmente são influenciadas pelos seguintes fatores: condições edafoclimáticas, cultivar, época e local de colheita, tratamentos culturais e manuseio na colheita e pós-colheita, e variam em função das exigências do mercado consumidor (FAGUNDES et al., 2001). Com o aumento da produção de abacaxi e o aumento das exigências quanto à qualidade por parte do mercado consumidor e até mesmo das indústrias, há uma necessidade dos produtores de elevar o padrão de qualidade, na tentativa de garantir uma boa comercialização.

Para garantir este padrão e conservar as características de qualidade em frutos e hortaliças, é de fundamental importância saber qual tipo de sanitizante utilizar, além da eficiência deverá também ser seguro (NASCIMENTO, 2003; FRANCO; LANDGRAF, 2003). Muitas frutas e vegetais são consumidos na forma *in natura*, como consequência aumentam os riscos de contaminação, caso o sanitizante não seja de boa qualidade toxicológica.

## 2.1 SANITIZANTES E TRATAMENTOS UTILIZADOS NO CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE FRUTAS

As frutas de um modo geral são muito suscetíveis a doenças pós-colheita, sendo que a maioria das contaminações é de origem fito-patogênica, podendo iniciar na fase vegetativa com possibilidade de ocorrer na época da colheita. As frutas ainda podem sofrer algum tipo de contaminação ocasionado por processos inadequados na pós-colheita. Associada a essa microbiota fito-patogênica, as superfícies das frutas carregam uma população de  $10^4$  a  $10^6$  UFC g<sup>-1</sup> (Unidades Formadoras de Colônia por grama) de micro-organismos patogênicos (UKUKU e

SAPERS, 2001; ALZAMORA et al., 2000).

A redução dos riscos microbiológicos, oriundo do consumo de frutas contaminadas deve passar por processos que reduzam ou eliminem contaminação superficial (YAUN et al., 2004).

Porém, frutas com maior conteúdo de água como o abacaxi, por exemplo, são mais sujeitos às infecções por fungos e bactérias fito-patogênicas, os quais são combatidos pela alta dosagem de agroquímicos, denominados genericamente de bactericidas ou fungicidas mas que, na realidade, são constituídos por moléculas químicas.

A colonização de micro-organismos deterioradores e não deterioradores nas superfícies de frutas e áreas de contato, pode prover um ambiente protetor para micro-organismos patogênicos, reduzindo a eficiência dos métodos de controle e de outros agentes inibidores. A ausência ou ineficiência do processo de controle promove a formação de biofilmes – agregados microbianos – que alojam bactérias, fungos filamentosos e leveduras, podendo estar presentes em equipamentos, utensílios e nos meios de transporte utilizados para colheita e pós-colheita das frutas (BEUCHAT e RYU, 1997). Essas camadas protetoras fazem com que os micro-organismos, aderidos à superfície das frutas, como a casca do abacaxi que possuem reentrâncias tornando menos suscetíveis aos sanitizantes do que as suas contrapartes livres, isso porque os sanitizantes têm baixa capacidade para penetrar essas camadas protetoras. Mesmo assim, muitos sanitizantes têm sido testados no sentido de reduzir a carga microbiana da parte externa (superfície) das frutas.

### 2.1.1 CLORO

Um produto que é bastante utilizado na sanitização de frutas é o cloro, é normalmente o mais utilizado para a desinfecção da superfície das frutas, por meio da adição de hipoclorito (NaClO) em água.

Segundo Soliva-Fortuny e Martin-Belloso (2003), a dosagem ideal de hipoclorito para imersão de frutas *in natura* é de aproximadamente 50 a 200  $\mu\text{L L}^{-1}$  (ppm) de cloro ativo e é recomendada também para as operações de pré ou pós-

colheita. Contudo, apesar do cloro ser desinfetante, com forte propriedade oxidante, estudos têm mostrado que ele pode oxidar incompletamente materiais orgânicos, levando a formação de subprodutos indesejáveis na água de tratamento, como por exemplo, o clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ) e outros trihalometanos, que se suspeita serem potencialmente carcinogênicos.

Em pH alcalino, o cloro pode ainda reagir com bases nitrogenadas orgânicas para produzir cloramina ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ), que é carcinogênica. Além disso, a alta reatividade do cloro com matéria orgânica, na presença de oxigênio, reduz o teor de cloro ativo na água, sendo dessa forma necessária e recomendada a troca da solução sanitizante, após 2 a 3 usos, quando a concentração for menor que 100 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo (SUSLOW, 1997).

### 2.1.2 ÁCIDO PERACÉTICO

O ácido peracético é outro sanitizante utilizado na indústria de processadores de alimentos. Este composto tem sido reconhecido por suas propriedades germicidas por longo tempo e, para algumas indústrias de alimentos, tem sido recomendado como um potencial substituto do cloro. Dentre outras vantagens, o ácido peracético não forma espumas, tem biodegradabilidade favorável e é compatível com a dureza da água (ANDRADE e PINTO, 1999); razão pela qual tem sido introduzido na sanitização de frutas, principalmente, minimamente processadas para melhoria da qualidade e da segurança, mas pouco trabalho tem sido reportado nesse sentido.

### 2.1.3 TRATAMENTO TÉRMICO

Outro tratamento que vem sendo utilizado na sanitização de frutos e vegetal é realizado por meio da imersão em água quente ou por aplicação de vapor (tratamento térmico), para a desinfestação de insetos em superfícies, mas podem sofrer diversas injúrias provocadas pela temperatura. Essa prática tem sido bastante utilizada para cítricos, manga, mamão, abacaxi e algumas hortaliças

(GONÇALVES, 1998).

Assim, apesar dos sanitizantes recomendados apresentarem eficiência na remoção microbiana nas superfícies de frutas *in natura*, a sua utilização pode ter como consequência efeitos indesejáveis, seja pelo resíduo (risco químico) ou pela transformação das suas características sensoriais, advindas do próprio sanitizante.

#### 2.1.4 ÁGUA ELETROLISADA

Devido aos problemas fito-sanitários provocados por alguns sanitizantes no controle microbiológico em frutas, existe uma demanda crescente por compostos e estratégias alternativas no controle de micro-organismos em frutas, visando diminuir os riscos biológicos e químicos. Nessa perspectiva é que surgiu a possibilidade de se utilizar a água eletrolisada como sanitizante (ABADIAS et al., 2008; HUANG et al., 2008).

Alguns trabalhos têm apontado que a água eletrolisada pode destruir o transporte de proteínas dentro das membranas celulares de fungos e bactérias, levando a ruptura das membranas e ao aumento da infiltração da própria água eletrolisada, dentro da célula bacteriana, como por exemplo, *Escherichia coli*, a água eletrolisada pode destruir o DNA, bem como, em baixas concentrações, interromper a síntese de DNA. Em fungos, a água eletrolisada induz a oxidação da parede celular e interrompe o metabolismo de compostos orgânicos; mesmo as estruturas de resistência e sobrevivência de fungos podem ser eliminadas, dependendo da concentração utilizada (HUANG et al., 2008).

Izumi (1999) trabalhando com legumes minimamente processados mostrou que AEW contendo 15-50 ppm de cloro disponível foi eficaz na redução da flora microbiana. Outros trabalhos estão sendo realizados e tem mostrado bastante evidências de que a água eletrolisada pode ser mais eficiente como sanitizante e controle microbiológico do que as soluções cloradas, isto porque a água penetra com mais facilidade nas irregularidades superficiais das frutas, sendo mais efetiva como bactericida e fungicida.

### 2.1.5 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação ultravioleta foi descoberta por volta do ano de 1801 por Jonhann Wilhelm Ritttem, seu principal filtro é o ozônio. É uma tecnologia emergente para a descontaminação superficial de frutas com ondas curtas na região do ultravioleta ALLENDE et al. (2006); KRISHNAMURTHY et al. (2007), tendo como vantagem de não gerar subprodutos e nem resíduos químicos capazes de alterar as características sensoriais do produto final (GUERRERO -BELTRAN e BARBOSA CANOVAS, 2004). A radiação ultravioleta tem dois princípios básicos de aplicação: Contínuo (UV-C) e Pulsado (UV-P). O modelo contínuo é o mesmo que o convencional, e como o próprio nome já define, a luz ultravioleta é aplicada de forma contínua (BINTSIS et al., 2000). A luz ultravioleta é uma radiação na faixa de 200 a 400 nm; mas, em particular, a radiação emitida entre 200 e 280 nm (UV-C) induz a formação de rupturas nas moléculas de DNA, impedindo a reprodução e a síntese proteica, resultando, num efeito germicida.

Por outro lado, no modelo pulsado, a luz ultravioleta é armazenada num capacitor, sendo liberada em flashes intermitentes, que aumentam de forma instantânea a intensidade de energia, tornando o ultravioleta pulsado mais efetivo e mais rápido na inativação de micro-organismos (CFSAN-FDA, 2000).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIAL VEGETAL**

Os abacaxis ‘Pérola’ utilizados neste experimento foram adquiridos na Central de Abastecimento do Estado do Ceará (CEASA – CE), localizada no município de Maracanaú, CE. Os abacaxis se encontravam no estágio de maturação comercial: fisiologicamente maduros, mas com os frutinhos apresentando ainda coloração verde. Em seguida, foram acondicionados em caixas plásticas (20 kg) e transportados para o Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza.

#### **3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

Os objetivos desta pesquisa foram alcançados por meio da instalação de dois experimentos: (experimento I) Avaliação do tratamento com água eletrolisada na qualidade pós-colheita de abacaxi ‘Pérola’ e o outro com (experimento II) Avaliação do tratamento com ultravioleta pulsado na qualidade pós-colheita de abacaxi ‘Perola’

##### **3.2.1 EXPERIMENTO I: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COM ÁGUA ELETROLISADA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI ‘PEROLA’**

O experimento I foi avaliado em esquema fatorial com 20 tratamentos (5 concentrações de cloro livre x 4 períodos de armazenamento), sendo usadas as concentrações de 0, 75, 150, 225 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre. Após aplicação de cada tratamento, os abacaxis foram armazenados sob-refrigeração (12 ± 1° C) por 21 dias. A cada sete dias foram retiradas amostras para as análises de qualidade,

físicas e físico-químicas. As avaliações físicas foram realizadas logo após a retirada da câmara fria, e para as análises físico-químicas, os abacaxis foram descascados e processados em centrífuga de uso doméstico (Walita Juicer RI 1858), sendo a polpa acondicionada em pote plástico (50 ml) e congelada (-20° C) para realizar, posteriormente, as análises.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições totalizando 60 parcelas, sendo cada parcela constituída de um fruto. Os dados foram avaliados por meio de análise de variância da regressão, em que foi estimada e testada a significância de cada regressão para cada uma das doses de aplicação. Foi aplicado também o teste de média para as variáveis que não ocorreram efeitos significativos dos tratamentos e nem interação com o tempo de armazenamento. As diferenças estatísticas entre as cinco curvas teóricas de cada experimento foram testadas por meio dos respectivos parâmetros, pelo teste “T” a 5% de probabilidade.

### 3.2.2 EXPERIMENTO II: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COM ULTRAVIOLETA PULSADO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI ‘PEROLA’

O experimento II foi avaliado em esquema fatorial com 16 tratamentos (4 densidades energéticas x 4 período de armazenamento), sendo que as densidades energéticas usadas foram de 0, 3, 6 e 9 j cm<sup>2</sup>. Após aplicação de cada tratamento, os abacaxis foram armazenados sob-refrigeração (12 ± 1° C) por 21 dias. A cada sete dias foram retiradas amostras para as análises de qualidade, físicas e físico-químicas. As avaliações físicas foram realizadas logo após a retirada da câmara fria, e para as análises físico-químicas, os abacaxis foram descascados e processados em centrífuga de uso doméstico (Walita Juicer RI 1858), sendo a polpa acondicionada em pote plástico (50 ml) e congelada (-20° C) para realizar, posteriormente, as análises.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições totalizando 48 parcelas, sendo cada parcela constituída de um fruto. Os

dados foram avaliados por meio de análise de variância da regressão, em que foi estimada e testada a significância de cerca de regressão para cada uma das doses de aplicação. Foi aplicado também o teste de média para as variáveis que não ocorreram efeitos significativos dos tratamentos e nem interação com o tempo de armazenamento. As diferenças estatísticas entre as quatro curvas teóricas de cada experimento foram testadas por meio dos respectivos parâmetros, pelo teste “T” a 5% de probabilidade.

### 3.3 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS

**PERDA DE MASSA** - Foi determinada em balança semianalítica (Mark, Modelo 3.100) e os valores expressos em percentagem de perda de massa, tomando-se como referência o peso inicial.

**FIRMEZA DA POLPA** - Foi determinada, usando-se o texturômetro digital (Stable Micro Systems, Modelo TA.XT2i), equipado com ponteira de 06 mm de diâmetro. Foram feitas três medições em regiões opostas ao longo da área mediana do fruto. O texturômetro foi ajustado para uma distância de penetração de 15 mm e velocidade de um milímetro por segundo ( $\text{mm. s}^{-1}$ ), sendo os resultados expressos em Newton (N).

**EXTRAIVAZAMENTO DE ELETRÓLITOS** - Cinco (5) discos foram retirados da polpa das duas regiões medianas de cada fruto; depois de lavados em água destilada e secados superficialmente com papel absorvente, foram colocados, na temperatura ambiente, em frascos de vidro escuro, contendo 15 mL de água destilada, onde permaneceram em repouso por um período de duas horas. Terminado o tempo de repouso, foi feita a 1ª leitura da condutividade elétrica, utilizando-se de um condutivímetro (Digimed, Modelo DM3). Depois dessa primeira leitura, os discos, juntamente com os frascos e a solução, foram congelados em freezer por vinte e quatro horas. Após o descongelamento, foi feita a 2ª leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos como diferença das duas leituras, conforme descrito por (SEREK et al.; 1995).

VITAMINA C - Determinada por titulação com solução de Tillman (2,6 diclo-fenol indofenol – DFI 0,02%) em ambiente protegido da luz. Pesou-se 1g de polpa e diluiu-se para 50 mL com ácido oxálico 0,5%, e retirou-se uma alíquota de 5 mL, transferindo-se para erlenmeyer de 125mL, completando-se com água destilada para 50mL, de acordo com (STROHECKER E HENNING, 1967). O resultado foi expresso em  $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  de ácido ascórbico.

pH - Foi determinado diretamente na polpa em duas leituras, utilizando-se potenciômetro (Mettler, Modelo DL 12), com membrana de vidro (AOAC, 1992).

ACIDEZ TITULÁVEL - Determinou-se por titulometria em titulador potenciométrico (Hanna, Modelo HI 901). Para tanto, se pesou 1g da polpa homogeneizada, adicionou-se 50 ml de água destilada em erlenmeyer de 125 mL, e titulou-se com Na OH 0,1N até pH 8,1. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEL/ACIDEZ TITULÁVEL (SS/AT) - Determinado pelo quociente entre essas duas variáveis.

SÓLIDOS SOLÚVEIS - A determinação de sólidos solúveis foi feita diretamente na polpa homogeneizada, em refratômetro digital (Atago, Modelo PR-101), com escala variando de 0 – 45° Brix, sendo os resultados expressos em °Brix (AOAC, 1992).

AÇÚCARES TOTAIS - Determinados pelo método da antrona de acordo com metodologia de (YEMN E WILLIS, 1954). Utilizou-se 0,25g de polpa, diluiu-se em balão volumétrico de 100 ml com água destilada e filtrou-se se em papel filtro qualitativo. Em tubo de ensaio, tomou-se uma alíquota de 0,1ml do filtrado, completou-se com água destilada para 250 mL, acrescentou-se 0,5mL de antrona, depois levou para banho Maria a 100°C, por 8 minutos, seguidos de resfriamento em banho de gelo. A leitura foi realizada em espectrofotômetro com leitor de microplacas e os resultados expressos em %.

AÇÚCARES REDUTORES - Pesou-se 1g da polpa, diluiu-se com água destilada para 50 mL em balão volumétrico, homogeneizou-se e filtrou-se em papel filtro qualitativo. O doseamento foi feito pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS) Miller (1959) utilizando-se alíquota de 0,650 mL, completando-se com água

destilada para 1,5mL, a qual foi adicionada 1 ml do reagente de DNS, em tubos de ensaio, levados à estufa a 100°C por 5 minutos, depois resfriados em banho de gelo até a temperatura ambiente, e na sequência, adicionados 7,5 ml de água destilada. As amostras foram lidas em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados expressos em %.

**CAROTENOIDES TOTAIS** - Para a determinação de carotenoides, foi utilizado o mesmo extrato feito para a determinação de clorofila. As leituras das absorbâncias foram realizadas em 646,8, 663,2 e 470nm até meia hora do início da extração (LICHTENTHALER, 1987). A concentração foi estimada de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Carotenóides (ug/mL)} = (1000 A_{470} - 1,82C_a - 85,02 C_b)/198$$

Para o resultado em mg/100g<sup>-1</sup> utilizou-se a seguinte fórmula:

Resultado fórmula (ug/mL) x 25 mL (volume do balão)/peso amostra x 10.

**POLIFENÓIS EXTRAÍVEIS TOTAIS** - Os polifenóis extraíveis totais foram determinados por meio do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando-se uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme metodologia descrita por (LARRAURI et al., 1997).

A extração foi realizada utilizando-se 5g da polpa, adicionando-se 4 ml de metanol 50%, homogeneizando-se e deixando-se em repouso por 1 h protegido da luz. Após esse período, centrifugou-se por 15 minutos, a 12.000g, e o sobrenadante foi filtrado para um balão de 10 mL. Com o auxílio de uma espátula, retirou-se todo o precipitado do papel de filtro, que foi novamente colocado em tubo de centrifuga, adicionou-se 4 ml de acetona a 70% homogeneizado e deixou em repouso por mais 1 hora, sempre protegido da luz. Após esse período, centrifugou-se por 15 minutos a 12.000g e filtrou-se para o mesmo balão da primeira extração. Para a determinação dos polifenóis extraíveis, utilizou-se uma alíquota de 0,05mL do extrato, completando-se para 1 mL com água destilada, 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de NaCO<sub>3</sub> 20% e 2 mL de água destilada em tubos de ensaio, sendo em seguida homogeneizados e deixados em repouso por 30 minutos (OBANDA & OWUOR, 1997). Depois de decorrido esse tempo, a leitura foi realizada em espectrofotômetro a

700 nm. A quantificação foi feita com base na curva padrão de ácido gálico e os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup> de polpa.

### 3.4 ANÁLISES CITOQUÍMICAS

A metodologia utilizada para as análises citoquímicas é a mesma para os experimentos I e II.

A análise dos tecidos por microscopia de luz foi realizada no Laboratório de Biologia Celular Vegetal da Universidade Federal do Ceará (UFC). Utilizaram-se dois frutos de cada tratamento para as análises, de onde se retirou duas amostras da região superior por fruto, sendo uma das amostras contendo epicarpo e parte do mesocarpo.

Os frutos foram cortados transversalmente e fixados em glutaraldeído 1% e paraformaldeído 4% em tampão fosfato 0,02 M pH 7,2 por 48 horas (KARNOVISKY, 1965). Em seguida, o material foi desidratado em uma bateria crescente de etanol, para posteriormente ser infiltrado em Histo-resina (Leica Histo-resin). Foram obtidos cortes com 5 µm de espessura em micrótomo semi-automático (SLEE Mainz CUT 5062). As colorações citoquímicas realizadas foram: Azul de Toluidina (AT) 0,025% pH 4,0 como corante metacromático para detectar radical aniônico Vidal (1977) e iônicos totais das proteínas; Reação pelo ácido periódico e reativo de Schiff (PAS) foi empregado para a identificação de polissacarídeos neutros presentes no citoplasma e parede celular (VIDAL, 1970). As lâminas foram examinadas em fotomicroscópio OLYMPUS modelo BX41 e câmera UC30.

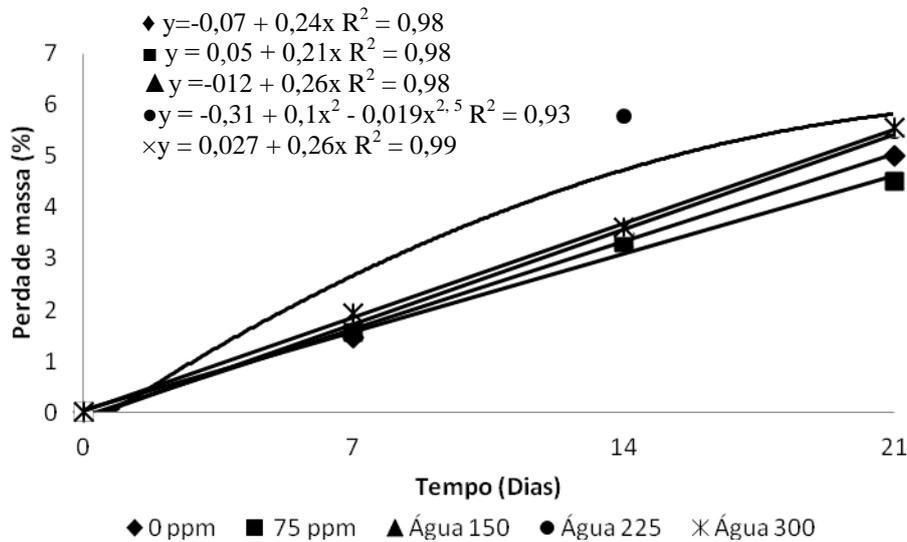
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 EXPERIMENTO I: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COM ÁGUA ELETROLISADA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI ‘PEROLA’

#### 4.1.1 PERDAS DE MASSA

Os resultados com relação à perda de massa são apresentados na Figura 1. Observou-se que, ao longo do período de armazenamento, houve aumento da perda de massa dos frutos em todos os tratamentos, sendo mais acentuada no tratamento com  $225\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre, aos 14 dias; porém, não houve diferença dos demais tratamentos ao final do armazenamento. Provavelmente, essa perda é devida à maior transpiração e respiração resultante da alteração do metabolismo fisiológico, pela perda de água do fruto para o ambiente. Contudo, a perda de massa não foi suficiente para induzir o murchamento e prejudicar a aparência externa, não comprometendo a fruta para o consumo e comercialização, pois, segundo Kays (1997), perdas de massa entre 5 e 7%, na maioria das frutas, não induzem murchamento perceptível.

A cutícula do abacaxi, como pode ser verificada na Figura 11 (citoquímico), é muito espessa, formando uma barreira natural na superfície dos frutos, podendo ter contribuído para o controle da perda de umidade pelos frutos (BARGEL; NEINHUIS, 2005).



**Figura 1.** Perda de massa (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada armazenada por 21 dias a  $12 \pm 1^\circ \text{C}$ . Embrapa 2012.

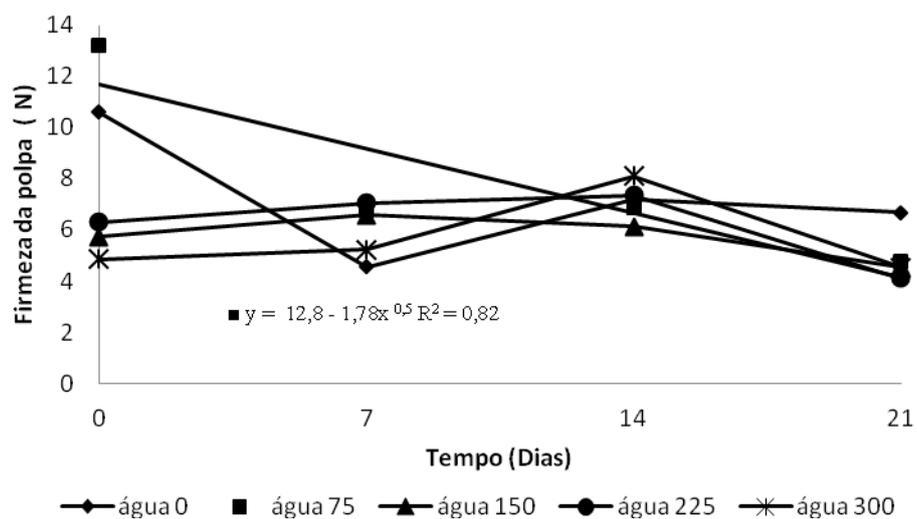
#### 4.1.2. FIRMEZA DA POLPA

Observa-se, ao longo do armazenamento, certa estabilidade nos frutos tratados com 150, 225 e 300  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre (Figura 2). No entanto, os abacaxis tratados com 75  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro livre apresentaram decréscimo linear até o final do armazenamento, chegando aos 21 dias com firmeza estimada em 6,56 N. Os frutos não tratados tiveram a sua firmeza reduzida até 14 dias de armazenamento, mas depois estabilizou.

Como a perda de massa não foi excessiva, os tecidos dos frutos não apresentaram grande resistência à força de penetração (Figura 2), sendo assim, esse decréscimo na firmeza dos frutos pode ter ocorrido de forma aleatória, possivelmente, devido à dificuldade de selecionar abacaxis, uma fruta não climatérica, no mesmo estágio de maturação.

A diminuição da firmeza dos frutos ocorre devido à degradação da parede celular (FONTES et al., 2008). Neste caso, não houve alterações significativas na firmeza, estando de acordo com o que pode ser visualizado nas Figuras 11 e 12

(citoquímica), visto que os tratamentos com água eletrolisada não influenciaram na integridade da parede celular das células dos abacaxis.



**Figura 2.** Firmeza da polpa (N) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a  $12 \pm 1^\circ$  C. Embrapa 2012.

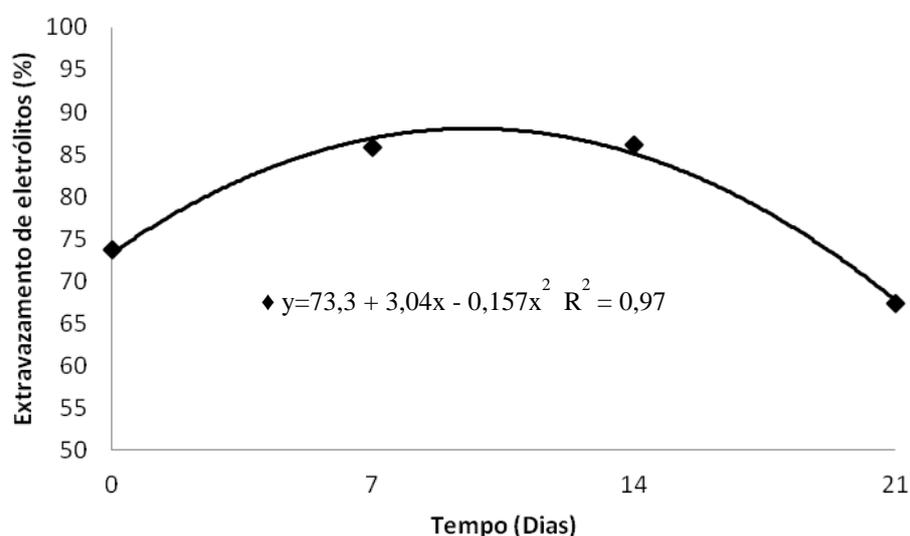
#### 4.1.3. EXTRAVASAMENTO DE ELETRÓLITOS

Ao analisar a influência dos tratamentos observou-se que os frutos tratados com água eletrolisada nas diferentes concentrações não diferiram estatisticamente dos frutos controle. Esses resultados levam a crer que a utilização de água eletrolisada preservou a integridade das membranas celulares e, conseqüentemente, dos tecidos do abacaxi. Do mesmo modo, Martínez-Hernández et al. (2013) constataram que o uso isolado de água eletrolisada ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) não afetou o extravasamento celular de brócolis minimamente processado.

Em relação ao tempo de armazenamento, foi verificado na Figura 3 que houve aumento no extravasamento de eletrólitos, chegando ao valor máximo de 86,2 % aos quatorze dias. Após esse período, a liberação dos solutos por meio das

membranas celulares diminuiu para 67,4 %, ou seja, aproximadamente 18,8 % aos vinte e um dias após a implantação do experimento.

Numa célula vegetal, extravasamento de eletrólitos entre 65% e 85%, como os encontrados neste experimento, são considerados normais, e o aumento até o 14º dia, pode ter ocorrido, segundo Kays (1991), em função do tempo sob baixa temperatura, situação em que o sistema de membranas passa de uma estrutura de gel cristalino para gel líquido, aumentando assim, a permeabilidade das membranas biológicas.



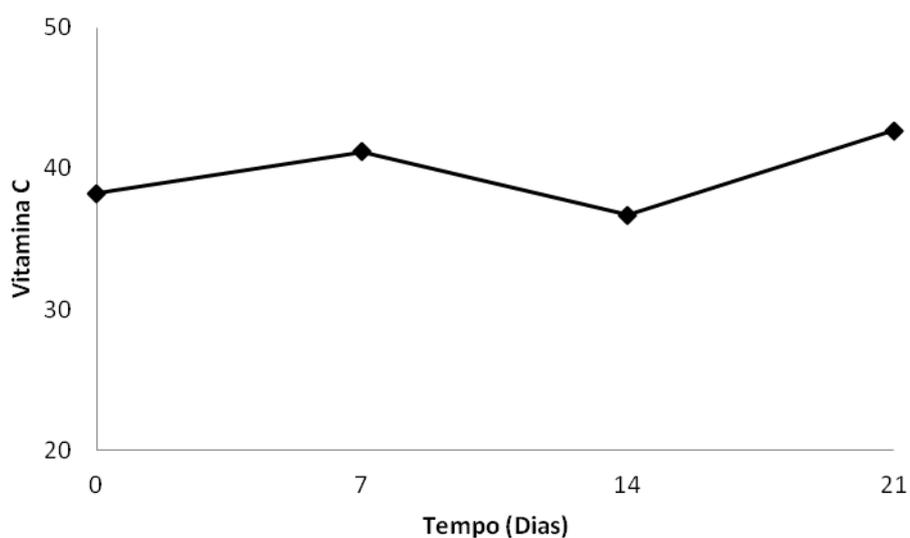
**Figura 3.** Extravasamento de eletrólitos (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a  $12 \pm 1^\circ \text{C}$ . Embrapa 2012.

#### 4.1.4 VITAMINA C

Observa-se que o teor de vitamina C não teve variação significativa tanto nos tempos de armazenamento como nos tratamentos com água eletrolisada. Ocorreu uma pequena variação nos tempos de 14 dias aos 21 dias de armazenamento. Essa oscilação, em frutas, é normal e se deve, na maioria dos casos, às diferenças encontradas em frutas adquiridas no mercado atacadista, como

ocorreu neste experimento, em que os abacaxis, tratados ou não, apresentaram a menor quantidade próxima de  $37 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$  e a maior, em torno, de  $43 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$  no final do armazenamento. Com valores médios de  $40 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$  (Figura 4), deixa claro que essa baixa oscilação é aleatória e independente dos tratamentos. Observa-se ainda que não ocorreu degradação ao longo do período de armazenamento, o que é normal para essa vitamina, que é altamente lábil, não ter sido influenciada pelo efeito da baixa temperatura, controlando aos processos de degradação enzimáticos e, também, os não enzimáticos, uma vez que ambos são influenciados pela temperatura.

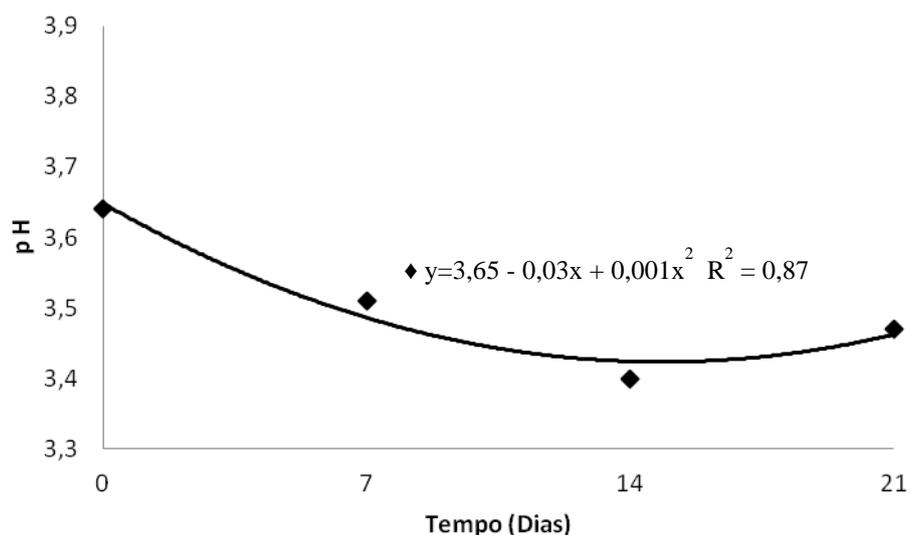
Segundo Morales de León (1976), o abacaxi contém várias vitaminas, destacando-se as vitaminas A e C. O teor de ácido ascórbico de frutas e hortaliças geralmente decresce durante o armazenamento. Esse decréscimo depende, em grande parte, da temperatura e da duração do armazenamento Cheftel e Cheftel (1992), o que não ocorreu neste trabalho.



**Figura 4.** Vitamina C ( $\text{mg}/100\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a  $12 \pm 2^\circ \text{C}$ . Embrapa 2012.

4.1.5 pH

Verificou-se que o pH foi significativo somente nos tempos de armazenamentos com decréscimo de 3,63, no início do armazenamento, para 3,47 aos 21 dias (Figura 5). Essa pequena redução está condizente com o aumento da acidez titulável (Figura 6). O aumento da acidez não é esperado para abacaxi após a colheita, mas esse pequeno acréscimo pode ser explicado pela perda de massa, ou seja, a perda de água máxima, em torno de 5% (Figura 1), pode ter possibilitado uma concentração dos ácidos dentro das células. Thé et. al. (2001) avaliando o efeito da temperatura, armazenamento e maturação na composição química de abacaxis 'Smooth caynene', concluíram que os valores de pH oscilam entre 3,0 e 4,0, corroborando com os valores reportados neste trabalho.

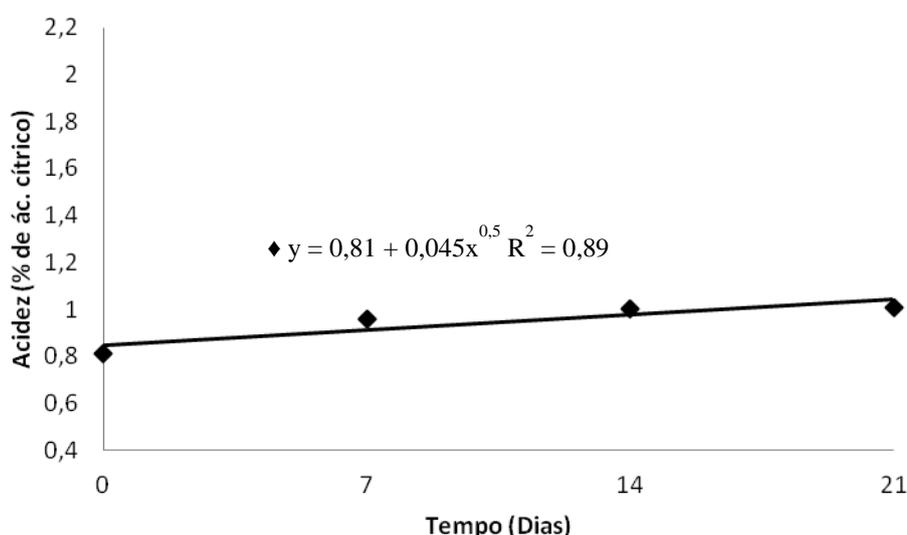


**Figura 5.** pH em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a  $12 \pm 2^\circ \text{C}$ . Embrapa 2012.

#### 4.1.6 ACIDEZ TITULÁVEL

Observa-se que a acidez titulável foi significativa no tempo de armazenamento, ocorreu um pequeno incremento 0,81% de ácido cítrico no início do armazenamento, até 1,01% de ácido cítrico aos 21 dias (Figura 6). Esse acréscimo pode ter sido influenciado pela perda de massa (Figura 1) decorrente da

perda de água em função do armazenamento refrigerado ou em função dos ácidos consumidos na respiração. Houve um pequeno acréscimo no controle de 0,90% de ácido cítrico para 1,03% na concentração de 150 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre. A variação da acidez pode ocorrer entre cultivares e frutos de uma mesma cultivar ou até mesmo entre secções de uma mesma fruta, (GONÇALVES; CARVALHO, 2002). Segundo Carvalho e Botrel (1996), a acidez do abacaxi pode variar de 0,6 a 1,62% de ácido cítrico, dentro da faixa dos valores encontrados neste trabalho.



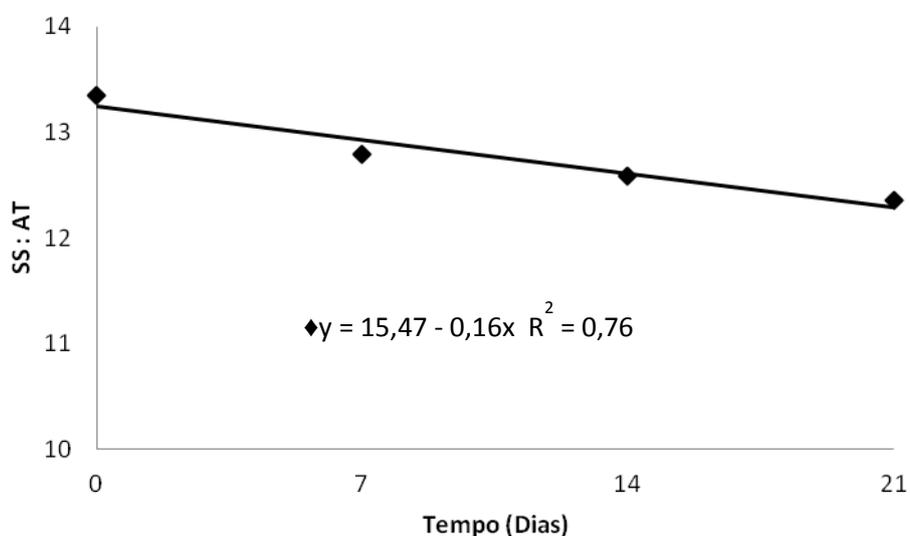
**Figura 6.** Acidez titulável ((mg/100g<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a 12 ± 2° C. Embrapa 2012.

#### 4.1.7 RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL (SS/AT)

A relação SS/AT foi significativa somente pelos tempos de armazenamentos, com um pequeno decréscimo de 15,85 no tempo “0”, para 12,44 no final do armazenamento (Figura 7). O quociente dos valores de sólidos solúveis (SS) pela acidez titulável (AT), denominada de relação SS/AT, não é uma variável independente; mas sim dependente. No entanto, essa relação entre os açúcares representado pelos sólidos solúveis e a acidez titulável, é um dos principais indicativos do sabor do fruto, sendo, por isso, característico para cada fruto. Assim,

o valor médio encontrado, nesse experimento, para abacaxi 'Pérola', em torno de 13, está em conformidade com o esperado, permitindo concluir que os tratamentos com água eletrolisada não influenciaram, de forma negativa, o sabor característico do fruto. A redução ao longo do período de armazenamento, embora muito pequena, pode ser explicada pelo aumento na acidez titulável, sendo esse comportamento natural para o abacaxi 'Pérola', (Figura 6) conforme observado por Souto et al. (2004) em estudos de conservação pós-colheita desse mesmo abacaxi, acondicionado em atmosfera modificada passiva e armazenado sob refrigerado a 8°C.

Santos (2006) observou que a relação SS/AT em infrutescências avaliadas fora da planta (infrutescências colhidas), apresentou um declínio da SS/AT para as cultivares de Jupi, Smooth Cayenne, Pérola e Imperial, como decorrência do declínio dos SS.



**Figura 7.** Relação sólidos solúveis/ acidez titulável em abacaxi 'Pérola' tratado com água eletrolisada armazenada por 21 dias a 12 ± 2° C. Embrapa 2012.

#### 4.1.8 SÓLIDOS SOLÚVEIS

Os sólidos solúveis não apresentaram diferenças significativas nos tratamentos com água eletrolisada e nos tempos de armazenamentos. O valor médio no tempo de 21 dias foi de 12,35% e de 13,35 aos 7 dias de armazenamento (Tabela 1). O abacaxi, por apresentar baixas concentrações de amido e por ser uma fruta não climatérica, com baixo metabolismo após a colheita, é provável que não ocorra amplas variações no teor de sólidos solúveis (DANTAS JR. 2007).

Pereira et al. (2009) avaliando qualidade de abacaxi 'Pérola', encontraram teores de SS entre 12 e 17°Brix para os abacaxis comercializados no Estado de Tocantins, ou seja, dentro da faixa dos valores médios encontrados neste trabalho (13%), demonstrando, até certos limites, a regulação genética sobre os teores de açúcares e, por conseguinte, no teor de sólidos solúveis, uma vez que para abacaxi, os açúcares totais respondem por mais de 80% dos sólidos solúveis.

**AÇÚCARES TOTAIS** - Observa-se que os tempos de armazenamento e os tratamentos com água eletrolisada não influenciaram na característica estudada, entretanto nota-se que os açúcares totais mantiveram o mesmo comportamento ao longo do armazenamento, com valores médios de 9,88 % no tempo "0" para 9,04 % no final do armazenamento. (Tabela 1).

Com a evolução da maturação, o amido é convertido em açúcares solúvel e essa transformação tem efeito notável no sabor e na textura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Souto et.al. (2004) observaram que a quantidade de açúcares totais diminuiu durante o período de armazenamento sob refrigeração, mas aumentou quando os frutos foram levados às condições de ambiente (25°C e 75-80% UR), sem que os tratamentos influenciassem nesses valores. Comportamento não observado neste experimento em que os açúcares totais mantiveram-se, praticamente, constante durante todo período de armazenamento, sem influência dos tratamentos e do armazenamento. Resultados diferentes foram obtidos por Thé et al. (2001) com frutos 'Smooth Cayenne', observando valores de 12,86 % no início do

armazenamento e de 11,79 % no final valores um pouco acima dos encontrados neste trabalho.

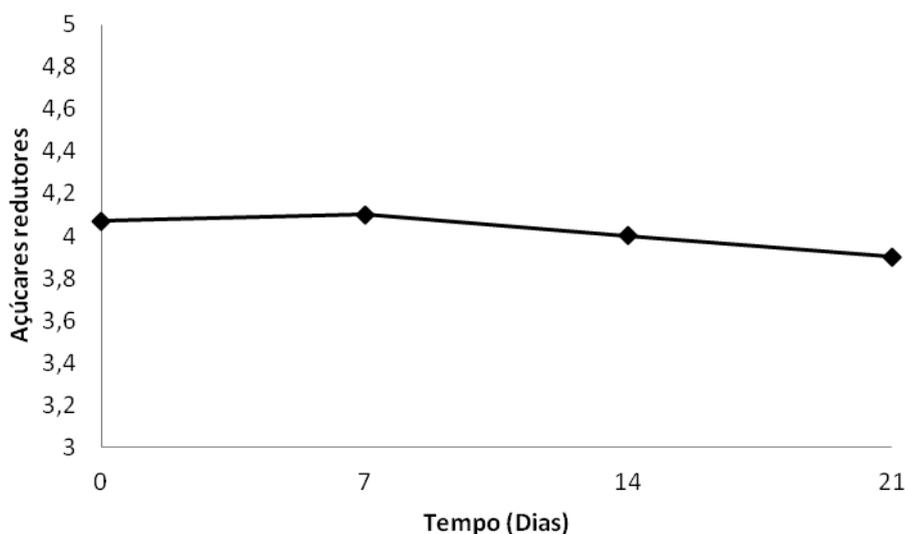
**Tabela 1.** Sólidos solúveis (%) e Açúcares totais (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a  $12 \pm 2^\circ$  C. Embrapa 2012.

Tempos de armazenamento*	SS	AT
	Médias	
0	12,79a	9,88a
7	13,55a	9,96a
14	12,58 <sup>a</sup>	10,09a
21	12,35 <sup>a</sup>	9,04a

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

#### 4.1.9 AÇÚCARES REDUTORES

Observa-se que os açúcares redutores foram influenciados apenas pelo fator isolado tempos de armazenamentos, com uma pequena variação de 4,0 % no tempo “0” para 3,56% aos 21 dias de armazenamento (Figura 8). Essas pequenas variações nas concentrações de açúcares redutores podem ocorrer em função dos açúcares consumidos durante os processos respiratórios. Segundo Gonçalves; Carvalho (2002), essas pequenas variações nas concentrações de açúcares redutores podem ocorrer naturalmente entre cultivares ou entre frutos de uma mesma cultivar, dependendo do grau de maturação, da própria estrutura da fruta, dos fatores climáticos e da nutrição mineral; não havendo, por isso, subsídios concretos com base nesses dados, para atribuir essa variação ao tempo de armazenamento, principalmente, quando se considera o fato, conforme mencionado anteriormente, de que o abacaxi é não climatérico, com baixo metabolismo na pós-colheita, e foi armazenado sob temperatura baixa que é a principal técnica utilizada para reduzir o metabolismo das frutas, após a colheita, aumentando a vida útil, ou seja, a conservação.



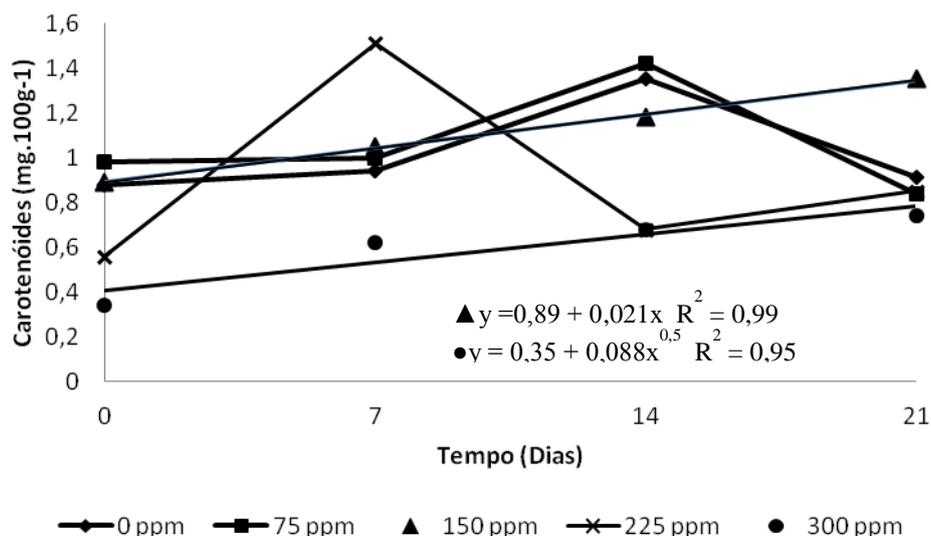
**Figura 8.** Açúcar redutor (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada, armazenados por 21 dias a  $12 \pm 1^\circ \text{C}$ . Embrap a Fortaleza – CE. 2012.

#### 4.1.10 CAROTENOIDES TOTAIS

Verifica-se aumento linear dos teores de carotenoides nas concentrações 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre, esse incremento pode ter sido influenciado pela maturação natural dos frutos em função do armazenamento, porque nas análises morfológicas, foi observado que a água eletrolisada não rompeu a parede celular, não interferindo na característica estudada. Na concentração 0 (controle) e 75 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre, os maiores valores de carotenoides foram verificados aos onze dias de armazenamento, respectivamente. A partir desse período, os valores começam a decrescer. A concentração 225 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre não se ajustou a nenhum modelo estatístico, por apresentar baixos coeficientes de determinação ( $R^2 < 0,70$ ) e falta de ajuste de significância ( $p > 0,05$ ), porém verifica-se incremento aos sete dias, e posteriormente, aos 14 dias, uma redução, e então permanecendo constante até o final do armazenamento (Figura 9).

A redução provavelmente pode ter sido atribuída à ação da enzima clorofilase que se torna bastante atuante com o avanço do amadurecimento do fruto

(YAMAUCHI; WATADA, 1991). Essa alteração provavelmente deve ter ocorrido em frutos com estágio de maturação diferentes. Os carotenoides são responsáveis pela coloração amarela da polpa de algumas cultivares, estando, as vitaminas e os minerais, relacionados ao valor nutritivo, (GONÇALVES, 2000).

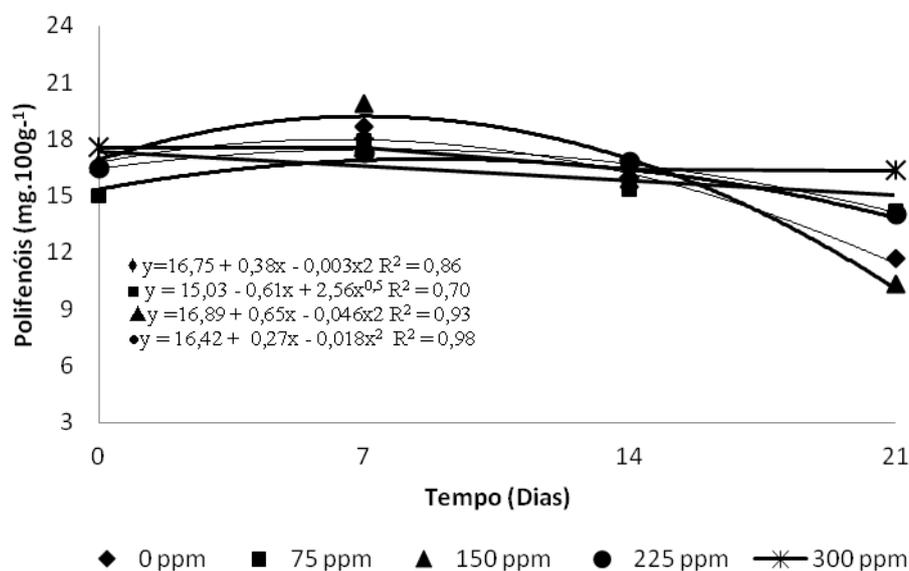


**Figura 9.** Carotenoides ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a  $12 \pm 2^\circ \text{C}$ . Embrapa Fortaleza – CE. 2012.

#### 4.1.11 POLIFENÓIS EXTRAÍVEIS TOTAIS (PET)

Observa-se interação dos polifenóis extraíveis totais (PET) entre alguns dos tratamentos e o tempo de armazenamento. A redução foi mais acentuada nos frutos controle e nos tratados com  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro livre (Figura 10), sendo essa redução natural, conforme observado por Soares et al. (2005), que trabalhando com abacaxi ‘Smooth Cayenne’, reportaram redução nos conteúdos de compostos fenólicos na fruta colhida. De acordo com os resultados obtidos pela testemunha com valor médio em torno de 16, mostrando que a água eletrolisada não influenciou de forma significativa o teor de polifenóis. Esses valores são muito próximos dos valores encontrados por Lima (2011), que avaliando a qualidade pós-

colheita de abacaxi ‘Pérola’, cultivados em manejo convencional, observou valores de 20 mg/100g<sup>-1</sup>, contribuindo ainda mais para a ausência de qualquer efeito significativo dos tratamentos. Adendo a isso, para os frutos tratados com 300 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre não foi possível ajustar nenhum modelo estatístico, devido ao baixo coeficiente de determinação (R<sup>2</sup><0,70) e falta de ajuste de significância (p>0,05).



**Figura 10.** Polifenóis Extraíveis Totais (mg·100g<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com água eletrolisada armazenados por 21 dias a 12 ± 2° C. Embrapa Fortaleza – CE. 2012.

#### 4.1.12 ANÁLISES CITOQUÍMICAS

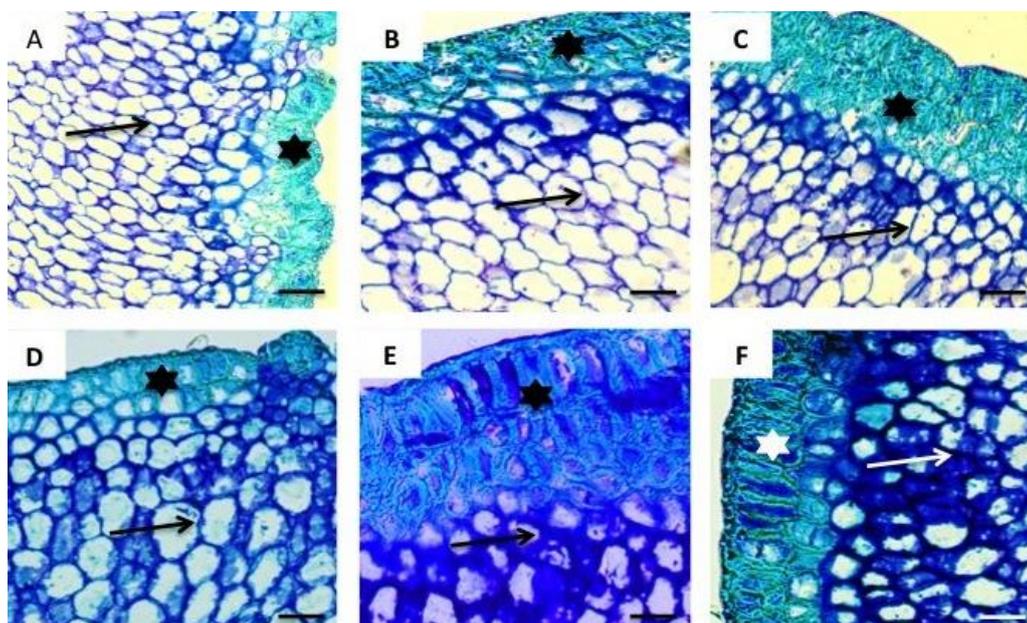
Sob microscópio eletrônico de luz, observou-se a presença de células do epicarpo e mesocarpo com paredes celulares intactas (Figuras 11 e 12). Os tratamentos com água eletrolisada não interferiram na integridade da parede celular das células dos abacaxis. Observação possível com uso do teste com Azul de Toluidina (AT) que, em vegetais, é utilizado para identificar polissacarídeos ácidos

por intermédio da reação da metacromasia e, pelo método do PAS, que, geralmente, é usado para evidenciar polissacarídeos neutros, como, celulose, hemicelulose e amido (VIDAL, 1987).

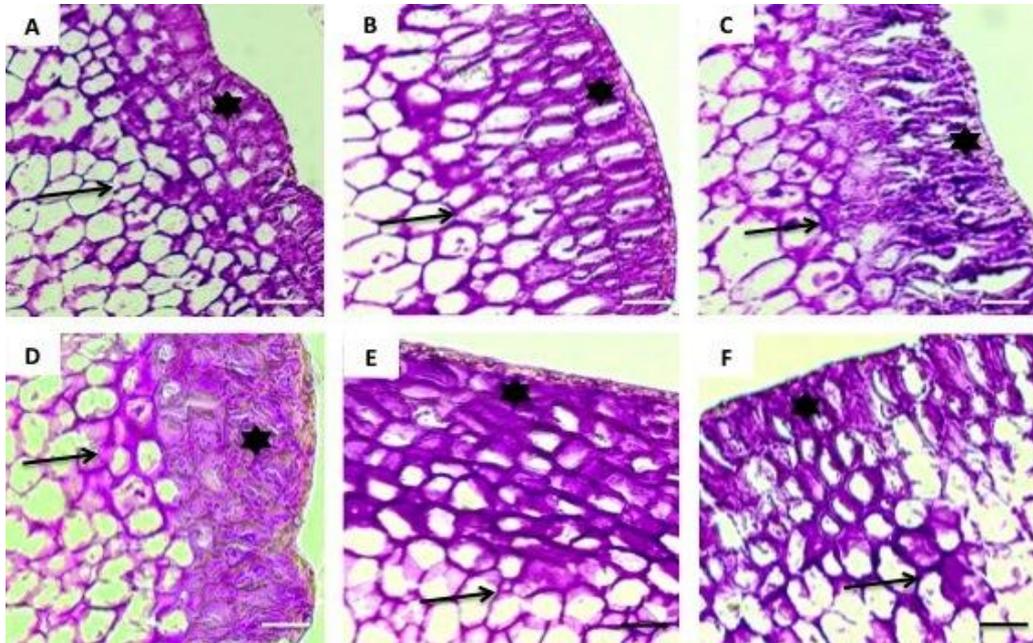
O AT reage com paredes lignificadas corando-as de azul/verde e paredes celulósicas ricas em pectina, corando-as em roxo (VIDAL, 1977).

Na figura 11, a coloração verde observada na região do epicarpo é o oposto da metacromasia, ou seja, a presença de pouca quantidade de corante, devido à presença de substâncias fenólicas nessa região, caracterizada pela dureza da casca.

Nos cortes transversais submetidos à reação do PAS, pode-se observar a presença de camadas epidérmicas, de células compactas, arredondadas, poligonais e de diferentes tamanhos (Figuras 11 e 12), segundo Kurzweil et al (1995), células epidérmicas maiores estão relacionadas à função de reserva de água.



**Figura 11.** Cortes de abacaxi corados com Azul de Toluidina pH 4,0, submetidos a tratamentos com água eletrolisada. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células epicarpo ( ★ ), células do mesocarpo ( → ). Barra: 100  $\mu$ m.



**Figura 12.** Cortes de abacaxi submetidos à reação do PAS, submetidos a tratamentos com água eletrolisada. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células do epicarpo ( ★ ), células do mesocarpo ( → ). Barra: 100 µm.

O epicarpo no fruto maduro é caracterizado por epiderme unisseriada, com células poligonais em seção paradérmica e com arranjo em paliçada em seção transversal, e paredes periclinais externas e parte das anticlinais mais espessadas e lignificadas (Figura 12). As células do epicarpo possuem estrutura mais rígida se comparadas com as células do mesocarpo, que são maiores, mais vacuoladas, com paredes mais finas e com maiores espaços intercelulares.

A cutícula do abacaxi, como se pode observar nas figuras 11 e 12, é bastante espessa, o que provavelmente dificultou a entrada da água eletrolisada nas camadas de células mais internas dos frutos, sendo assim, estes tratamentos não interferiram na estrutura da parede celular, não sendo observado nenhum aspecto relevante em relação à modificação na morfologia das células do abacaxi.

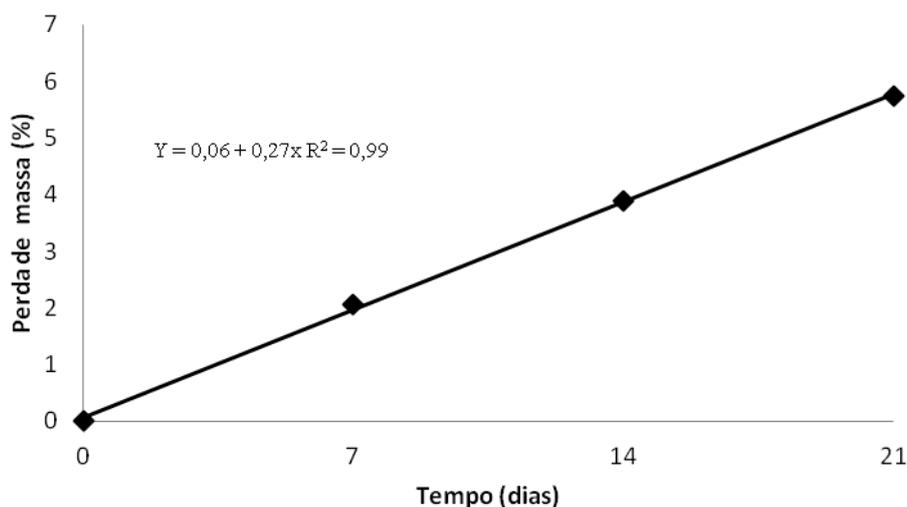
## 4.2 EXPERIMENTO II: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COM ULTRAVIOLETA PULSADO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACAXI ‘PEROLA’

### 4.2.1 PERDAS DE MASSA

A perda de massa foi influenciada apenas pelo fator isolado tempo de armazenamento. Observa-se aumento linear da perda de massa ao longo do período de armazenamento, sendo que o maior valor foi de aproximadamente 6%, aos 21 dias de armazenamento. A perda de massa ocorreu de forma natural em função do armazenamento (Figura 13), não sofrendo influência dos tratamentos. Machado (2008), avaliando abacaxis MD2 colhidos em estágio de maturação IP (início de pigmentação), observou perda linear de massa fresca com a continuidade do período de armazenamento, não sofrendo influência dos tratamentos aplicados, comportamento semelhante aos obtidos neste trabalho.

Souto et. al. (2010) observaram que a perda de massa fresca em abacaxi ‘Pérola’ ocorreu em função do período e da temperatura de armazenamento, porém, com interação entre esses fatores. A perda de massa se relaciona à perda d’água (KADER, 2002). De modo geral, há uma diminuição no teor de água durante o armazenamento dos frutos e essa redução se deve a diferença de pressão de vapor de água entre o fruto e o ambiente (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Uma perda de água considerável poderá refletir diretamente na aparência e aceitação do produto, causando prejuízo na aparência (murchamento e enrugamento), nas qualidades de textura (amaciamento, perda do frescor e suculência) e na qualidade nutricional (KADER, 2002).



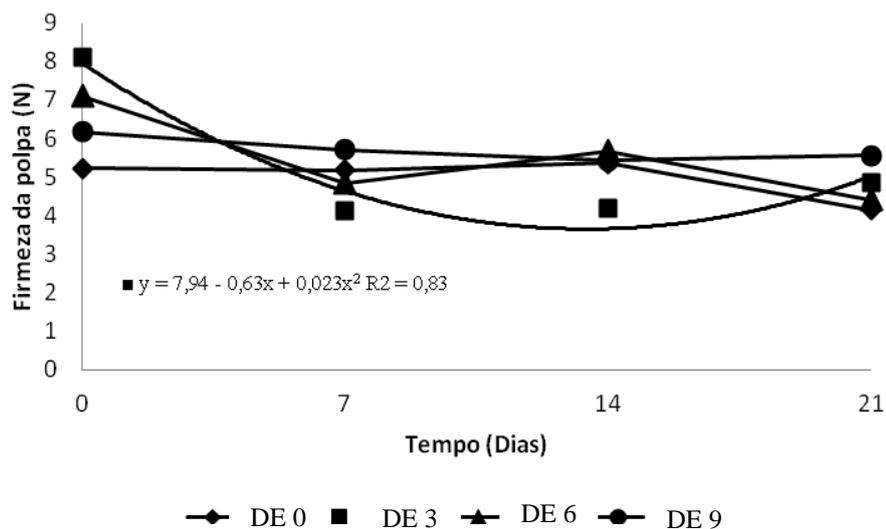
**Figura 13.** Perda de massa (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratada com radiação ultravioleta pulsado, armazenados por 21 dias a  $12 \pm 1^\circ \text{C}$  Embrapa 2012.

#### 4.2.2 FIRMEZA DA POLPA

Houve interação significativa entre os tempo de armazenamentos e os tratamento ( $p < 0,05$ ), a maior perda ocorreu na concentração de  $3 \text{ j cm}^2$  com firmeza de aproximadamente 8 N, chegando ao final do período experimental em torno de 5 N. Nos demais tratamentos, ocorreu uma certa estabilização já que não ajustou a nenhum modelo estatístico. É muito provável que o armazenamento juntamente com a temperatura de refrigeração pode ter interferido para essa perda.

A firmeza decresce durante a maturação devido à ação de enzimas da parede celular que atuam na hidrólise dos constituintes celulósicos, bem como na conversão da protopectina em pectina solúvel. Porém, os dados citoquímicos mostram preservação dos constituintes da parede celular dos abacaxis tratados com as diferentes doses de radiação ultravioleta, levando a crer que a diminuição na firmeza dos frutos ocorre quase que exclusivamente devido aos processos normais de amadurecimento.

Para Dantas Jr. et al (2009), a firmeza da polpa de abacaxi é influenciada pelo estágio de maturação em que a fruta foi colhida, como no caso de abacaxi muito maduros, em que há uma tendência de redução mais rápida da firmeza.



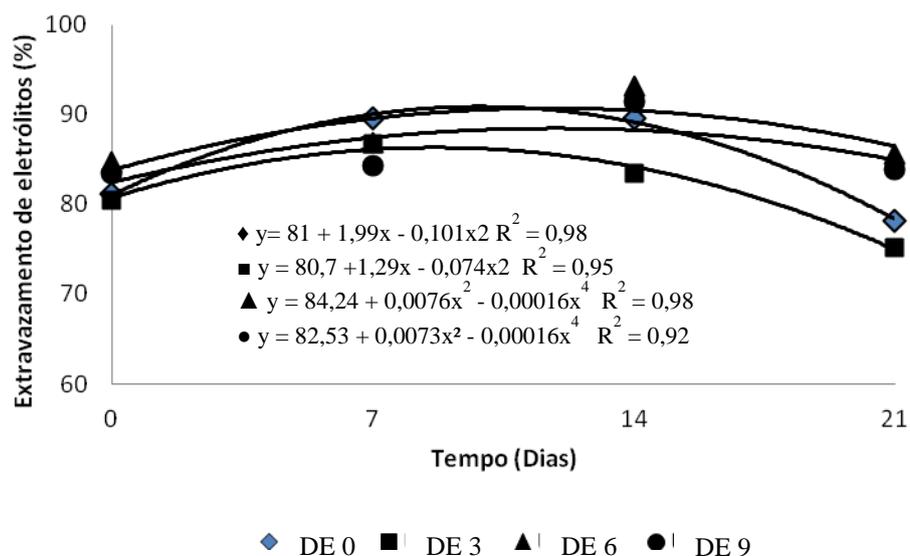
**Figura 14.** Firmeza da polpa (N) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação de ultravioleta Pulsado armazenados 21 dias  $12 \pm 1^\circ \text{C}$  Embrapa 2012.

#### 4.2.3 EXTRAZAMENTO DE SOLUTOS

Houve interação entre as radiações energéticas com ultravioleta pulsada e os tempos de armazenamentos. Os dados mostram que a menor radiação energética de  $3,0 \text{ j/cm}^2$  aplicada aos abacaxis, foi mais eficiente em manter a permeabilidade seletiva da membrana, com valores inferiores ao do controle de aproximadamente 81 e 84 %, respectivamente, durante todo o período de armazenamento.

A partir do décimo dia após aplicação da radiação, os tratamentos com 6,0 e  $9,0 \text{ j/cm}^2$  apresentam os maiores valores desta variável, sendo que no tratamento  $9,0 \text{ j/cm}^2$  observou-se aumento do extravasamento de eletrólitos durante o armazenamento até aproximadamente o nono dia (Figura 15).

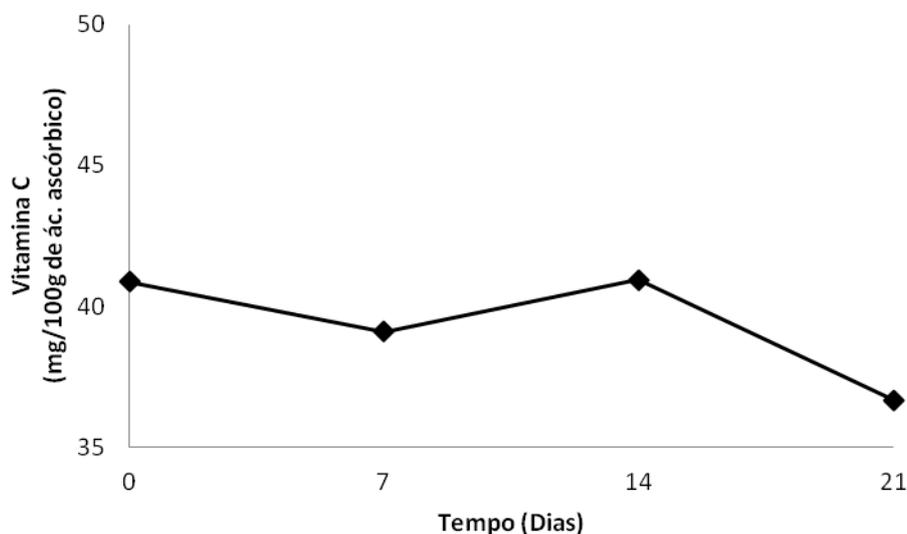
Os maiores valores observados do extravasamento de eletrólitos dos tecidos de abacaxis tratados com maiores radiações energéticas provavelmente são explicados pelo maior estresse sofrido pelo vegetal (ASSIS et al., 1997), causando uma possível desorganização nas membranas celulares destes frutos.



**Figura 15.** Extravasamento de eletrólitos (%) em abacaxi 'Pérola' tratado com radiação ultravioleta pulsado armazenado  $12 \pm 1^\circ \text{C}$  Embrapa 2012.

#### 4.2.4 VITAMINA C

Os teores de ácido ascórbico foram significativos no tempo de armazenamento e nos tratamentos. Observa-se uma redução nos teores de ácido ascórbico ao longo do armazenamento, a maior oscilação ocorreu no tempo 0 de aproximadamente  $41 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$ , para  $37 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$ , aos 21 dias, essa variação pode ter sido ocasionada pelo armazenamento (Figura 16). Thé (2001) também observou variação irregular na quantidade de ácido ascórbico em abacaxi durante o armazenamento.



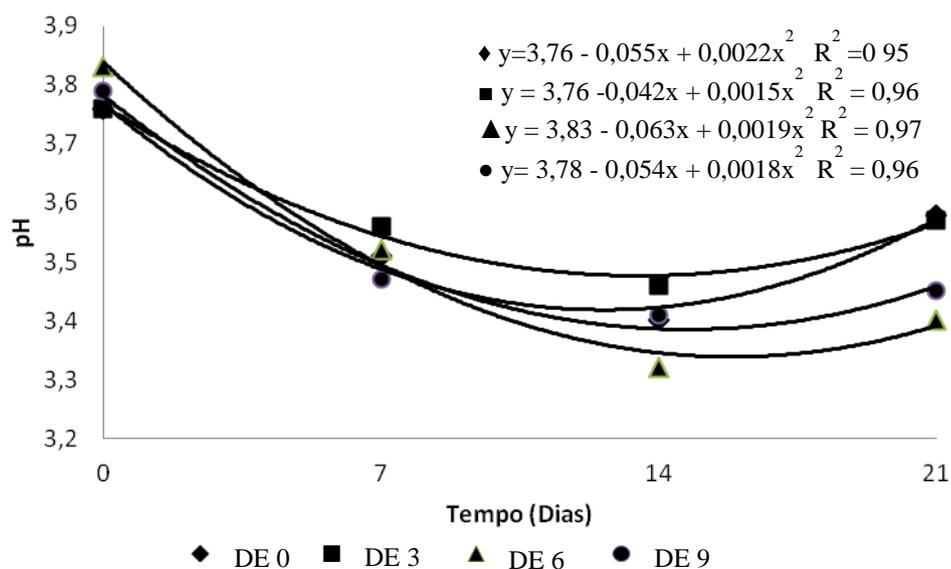
**Figura 16.** Vitamina C (mg/100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado armazenados por 21 dias 12 ± 1° C Embrapa 2012.

#### 4.2.5 pH

Ocorreu interação significativa em todos os tratamentos com radiações energéticas, sendo observada uma redução no pH a despeito dos tratamentos aplicados. Houve leve variação entre os tratamentos ao longo do armazenamento e observou-se que na radiação energética de 6,0 j/cm<sup>2</sup>, no tempo inicial foi de 3,80 j/cm<sup>2</sup> aproximadamente, chegando a 3,4 j/cm<sup>2</sup> no final do armazenamento. O valor médio obtido foi de 3,55 j/cm<sup>2</sup> (Figura 17). Provavelmente, essa variação pode ser atribuída às diferenças naturais encontradas entre frutas ou entre partes de um mesmo fruto dentro do mesmo tratamento durante o armazenamento, ou ainda pode ter sido influenciada devido ao aumento da acidez titulável (AT), que ocorre quando os frutos são armazenados sob refrigeração.

Santos et al. (2005) registraram pH de 3,6 para abacaxi cv. ‘Pérola’ minimamente processada armazenada a 5°C durante 10 dias, semelhantes ao valor médio encontrado neste trabalho de 3,55. Lima, (2011) trabalhando com abacaxi “Pérola” no manejo convencional e orgânico, obtiveram valores de 3,6 e 3,8

respectivamente armazenados sob refrigeração ( $13 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) quando os frutos foram transferidos para condição ambiente ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ), os valores tiveram uma leve redução independentemente de cultivá-la, semelhante ao resultado encontrado neste trabalho.



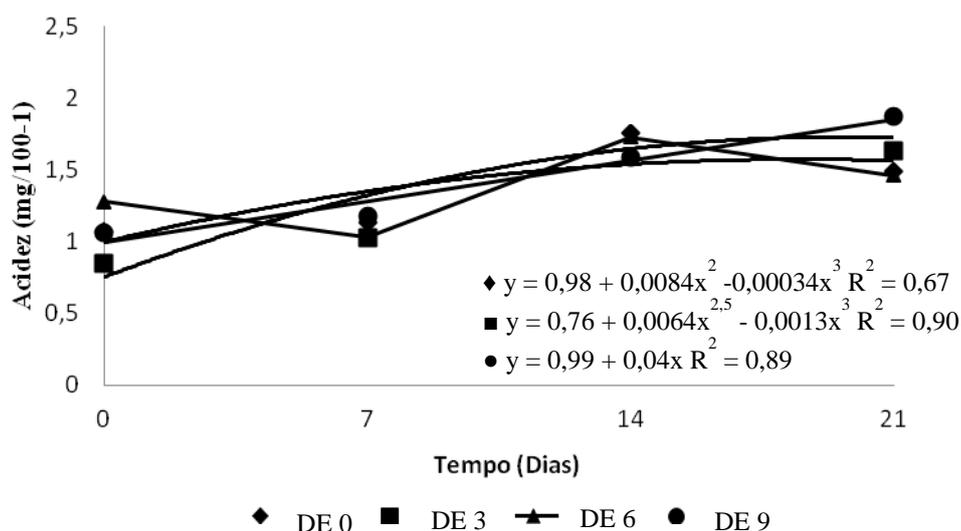
**Figura 17.** pH em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado armazenados durante 21 dias a  $12 \pm 1^\circ \text{C}$  Embrapa 2012.

#### 4.2.6 ACIDEZ TITULÁVEL (AT)

Os teores de acidez aumentaram ao longo do armazenamento, acidez máxima foi observada na radiação energética de  $6 \text{ j/cm}^2$  no tempo 0 de aproximadamente  $3,8 \text{ (mg/100g}^{-1} \text{ de ácido cítrico)}$  com leve redução em torno de  $3,4 \text{ (mg/100g}^{-1} \text{ de ácido cítrico)}$ . Observa-se que os outros também ocorreram redução ao longo do armazenamento, esse fator pode ter sido influenciado pela perda de alguns ácidos durante o armazenamento, já que de acordo com as análises morfológicas não percebeu influência dos tratamentos aplicados sobre pH. (Figura 18).

Os valores médios encontrados por Fagundes et. al, (2000), variaram de 0,46 a 0,80 (mg/100g<sup>-1</sup> de ácido cítrico) bem abaixo das médias encontradas neste trabalho que foi de 1,38 (mg/100g<sup>-1</sup> de ácido cítrico). A acidez pode variar entre cultivares e entre frutos de uma mesma cultivar, diferindo, também, entre secções de um mesmo fruto, devido a diversos fatores, dentre eles o estágio de maturação, fatores climáticos e nutrição mineral (CARVALHO, et al., 1994).

Machado (2008) reportou valor de 0,67% de ácido cítrico em abacaxis MD2<sup>c</sup> recoberto com cera, observou que os abacaxis apresentaram aumento na acidez titulável quando foram mantidos sob refrigeração de 8°C, porém decrescendo quando transferidos para a temperatura ambiente.



F

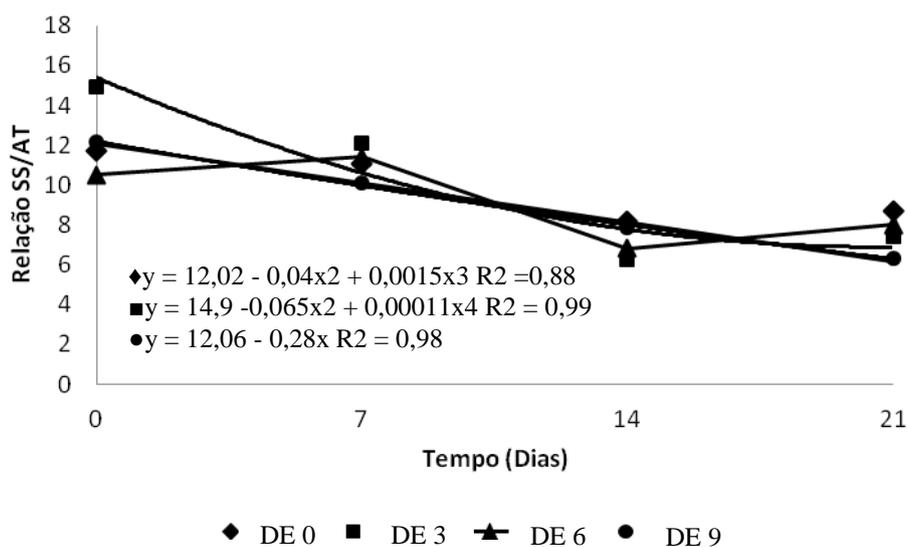
**figura 18.** Acidez titulável (mg/100g<sup>-1</sup>) em abacaxi 'Pérola' tratado com radiação ultravioleta pulsado armazenados por 21 dias a 12 ± 1° por 21 dias a 12 ± 1° C Embrapa 2012.

#### 4.2.7 RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL

Houve interação significativa, o maior valor foi observado no tempo “0” na densidade energética 14 de aproximadamente 15, com decréscimo de 7, 28 ao final do armazenamento. Os outros tratamentos apresentaram uma leve redução, podendo ter ocorrido influência com aumento da acidez titulável. A média geral foi de 9,60. (Figura 19).

A relação SS/AT caracteriza um dos índices de maturação mais utilizados, pois o balanço entre açúcares e ácidos, indica o sabor dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Gorgatti Neto et al. (1996) também relataram decréscimos nessa relação, tanto em frutos armazenados em condições de ambiente (25°C e 75-80% UR), como a 12°C. Thé et al. (2001) observaram que frutos armazenados sob refrigeração, por 20 dias, apresentaram valores mais baixos da relação SS/AT que os mantidos em condições de ambiente (25°C e 75-80% UR), apresentando valores de 34,55 no início do armazenamento e de 21,10 no final.



**Figura 19.** Relação sólidos solúveis/ acidez titulável em abacaxi Pérola tratado com radiação ultravioleta pulsado armazenado por 21 dias a  $12 \pm 1^\circ \text{C}$  Embrapa 2012.

#### 4.2.8 SÓLIDOS SOLÚVEIS

Não houve interação e não ocorreu efeito dos tempos de armazenamento e dos tratamentos com radiação de ultravioleta pulsado nos sólidos solúveis. Independente dos tratamentos, os teores de sólidos solúveis não apresentaram variação durante o armazenamento. Observa-se que no início do armazenamento o teor de sólidos solúveis foi de 12,84%, com leve redução 12,16% no fim do período experimental (Tabela 2)

O teor de sólidos solúveis encontrados para o abacaxi está dentro da faixa encontrado por Reinha (2004), que foi de 12,4 a 14,8 Brix°.

The et .al (2001), trabalhando com abacaxi Smooth Cayenne trataram termicamente a 40 °C antes de serem armazenados sob refrigeração e obtiveram valores acima dos encontrados neste trabalho. Esses valores encontrados por esses autores podem ter sido influenciados pela temperatura de armazenamento.

CAROTENOIDES - Observa-se que não houve interação, não sofreram influencia dos tempos de armazenamentos e dos tratamentos nas densidades energéticas aplicadas. O menor valor ocorreu no início do armazenamento com 0,78 (mg/100g<sup>-1</sup>), atingindo aos quatorze dias 13,10 (mg/100g<sup>-1</sup>), com média geral de 5,26 (mg/100g<sup>-1</sup>). Pode ser observado que os carotenoides no último período de armazenamento reduziram para valor próximo ao inicial (Tabela 2).

Dull (1971) reportou valores de carotenóides de 0,25 mg.100g<sup>1</sup> a 2,5 mg.100g<sup>1</sup> e Gil (2006) encontrou valores de 0,25 mg/100g<sup>1</sup> a 1,0 mg/100g<sup>1</sup> , valores diferentes aos encontrados neste trabalho.

Lima (2011) trabalhando com abacaxis 'Pérola' no manejo orgânicos, observou que os carotenoides aumentaram durante o armazenamento refrigerado, resultados diferentes dos obtidos nesta pesquisa.

**Tabela 2.** Sólidos solúveis (%), carotenoides totais (mg/100g<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com radiação ultravioleta pulsado armazenados durante 21 dias, 12 ± 1° C Embrapa 2012.

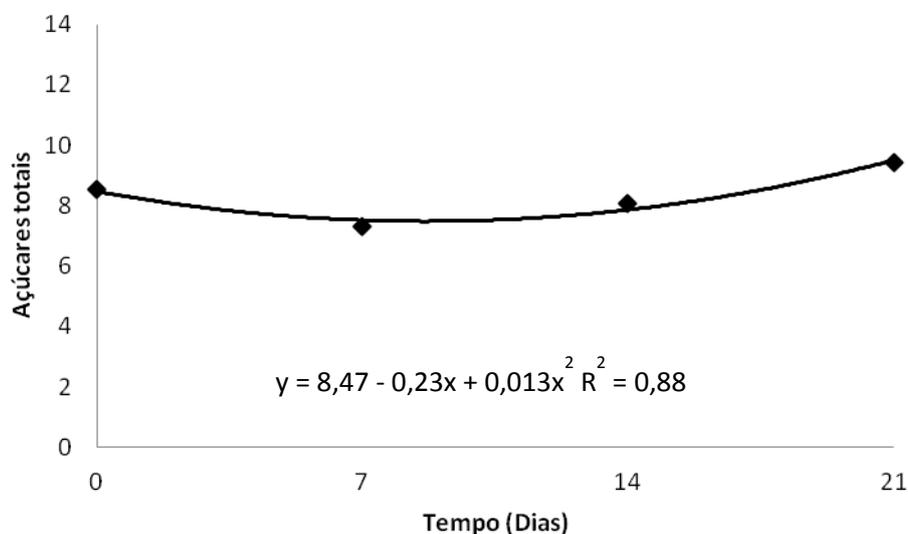
Tempos de armazenamento*	Médias*	
	SS	CT
0	12,84a	0,78a
7	12,20a	6,12a
14	12,40a	13,10a
21	12,16a	1,04a

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

#### 4.2.9 AÇÚCARES TOTAIS

Os açúcares totais foram influenciados apenas pelo tempo de armazenamento. Observou-se uma leve redução até aos sete dias, a partir desse período ocorreu um pequeno incremento até o final do armazenamento. O valor médio foi de aproximadamente 8,5%. O comportamento dos açúcares totais se manteve em média sem grandes alterações, chegando ao final do tempo de armazenamento representando aproximadamente 9,44% (Figura 20).

Thé et al. (2010) reportaram valores médios de açúcares totais, e açúcares redutores de 8,86% e de 3,23% respectivamente, valores semelhantes aos encontrados neste trabalhos. Santos (2006) encontrou valor de 8,33 g/100g de AST em abacaxi.



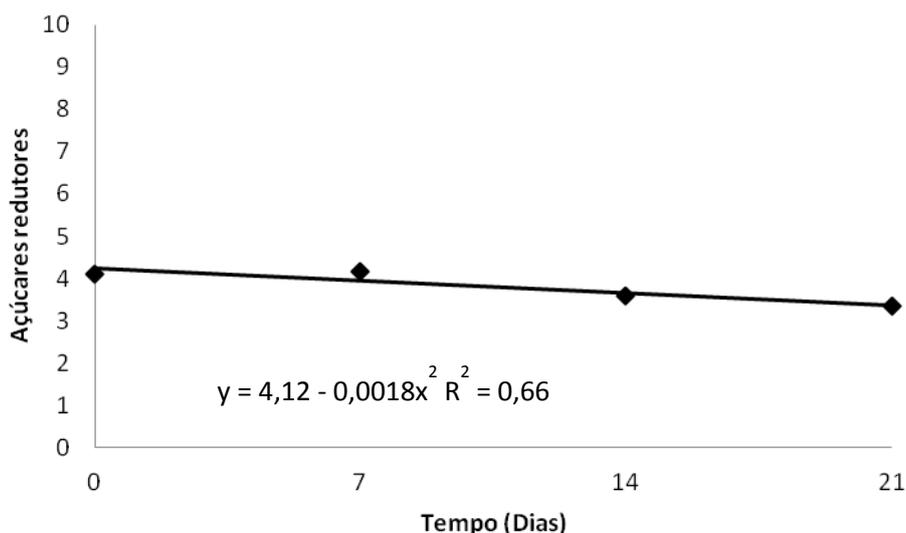
**Figura 20.** Açúcares totais (%) em abacaxi ‘Pérola’ tratado com ultravioleta pulsado armazenados durante 21 dias  $12 \pm 1^\circ \text{C}$  Embrapa 2012.

#### 4.2.10 AÇÚCARES REDUTORES

Teores dos açúcares redutores foram influenciados pelo tempo de armazenamento. Analisando o fator tempo de armazenamento, observa-se que ocorreu uma redução dos valores ao longo do armazenamento. O conteúdo de açúcares redutores iniciou com 4,10%, ocorreu redução de 3,35% ao final dos 21 dias, denotando a influência do ( $p \leq 0,05$ ) sobre esta característica. Esse declínio, provavelmente, ocorreu em decorrência de sua utilização no processo respiratório. Porém, o tratamento com radiação de ultravioleta pulsado não influenciou na característica. (Figura 21).

Machado (2008) reportou valores de açúcares redutores de 3,71% no dia da colheita e de 3,52% ao final do armazenamento refrigerado. Ao ser transferido para a condição de ambiente, observou valor de 2,74% no final do armazenamento, resultado semelhantes aos encontrados neste trabalho, quando foi observado redução nos teores de açúcares redutores ao longo do armazenamento.

Lima (2011) trabalhando com 'Pérola' e 'MD2' sob sistema de manejo convencional, apresentou aumento gradativo nos açúcares redutores até os dez dias de armazenamento, quando mantidos na refrigeração, resultados diferentes dos reportados nesta pesquisa.



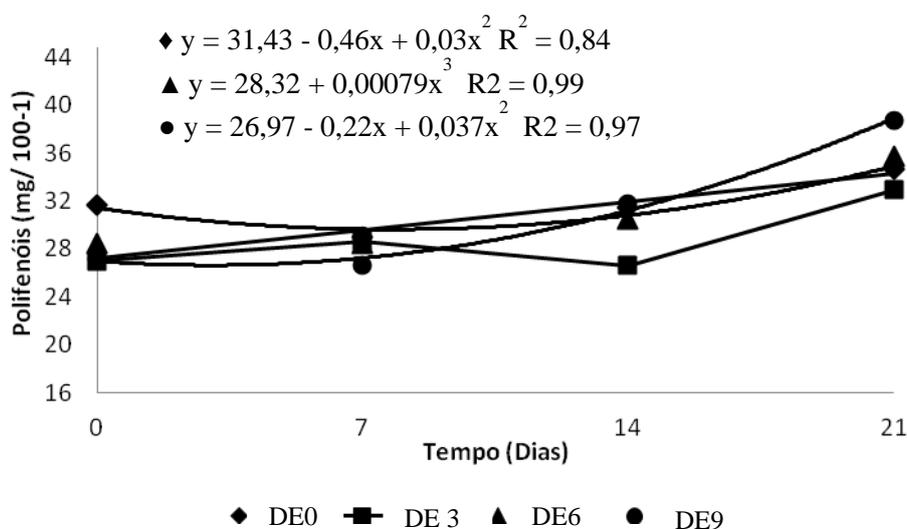
**Figura 21.** Açúcares redutores (%) em abacaxi 'Pérola' tratado com ultravioleta pulsado armazenados durante 21 dias  $12 \pm 1^\circ \text{C}$  Embrapa 2012.

#### 4.2.11 POLIFENÓIS EXTRAÍVEIS TOTAIS (PET)

Houve interação significativa ao nível de ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos com radiação de ultravioleta pulsado e o tempo de armazenamento. O conteúdo de compostos fenólicos foi variável em abacaxis tratados com diferentes doses de radiação ultravioleta. Infrutescências não irradiadas apresentaram maiores valores no conteúdo de polifenóis no início do armazenamento, mantendo-se constante até o décimo quarto dia após irradiação. A partir do décimo quarto dia de armazenamento, para todos os tratamentos, houve aumento nos valores de polifenóis. Erkan et al. (2008) avaliando o efeito da radiação ultravioleta contínua em morangos, também, verificaram aumento no conteúdo de polifenóis durante

armazenamento. Aumento no conteúdo de compostos fenólicos em frutas e vegetais é desejável, pois esses compostos atuam sequestrando radicais livres (CHUN et al. 2003). Maiores teores de polifenóis verificados neste trabalho podem conferir maior atividade antioxidante aos frutos de abacaxi.

Gorgatti Neto et al. (1996) encontraram decréscimos na relação, em frutos armazenados em condição ambiente (25°C e 75-80% UR), e armazenado a 12°C. Thé et al. (2001) observaram que frutos armazenados em refrigeração, durante 20 dias, apresentaram valores mais baixos da relação SS/AT comparados aos armazenados em condições de ambiente (25°C e 75-80% UR), apresentando decréscimo de 34,55 (mg·100g<sup>-1</sup>) no início do armazenamento e de 21,10 (mg·100g<sup>-1</sup>) no final.



**Figura 22.** Polifenóis extraíveis totais (PET) (mg/100g<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ tratados com ultravioleta pulsado armazenados durante 21 dias 12 ± 1° durante 21 dias 12 ± 1° C Embrapa 2012.

#### 4.2.12 ANÁLISES CITOLÓGICAS

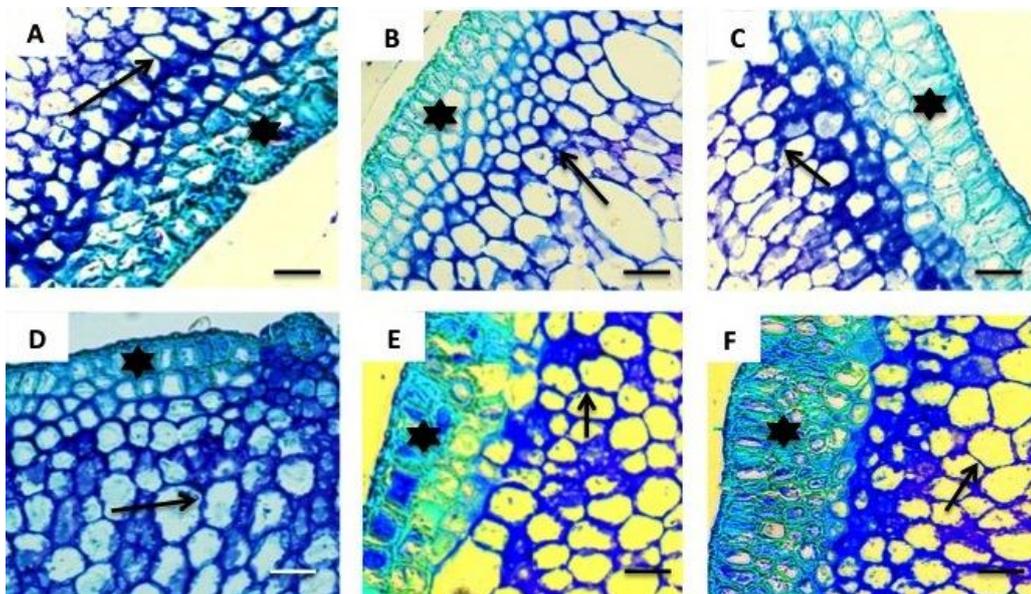
Os tratamentos com radiação ultravioleta pulsado não interferiram na integridade da parede celular das células dos abacaxis, uma vez que, por meio da microscopia eletrônica de luz, observou-se que as células do epicarpo e mesocarpo permaneceram com paredes celulares intactas (Figuras 23 e 24).

Utilizou-se o teste com o Azul de Toluidina (AT), para identificar polissacarídeos ácidos. O AT reage com paredes lignificadas corando-as de azul/verde e paredes celulósicas ricas em pectina, corando-as em roxo (VIDAL, 1977). O método do PAS foi utilizado para evidenciar polissacarídeos neutros, como, celulose, hemicelulose e amido (VIDAL, 1987).

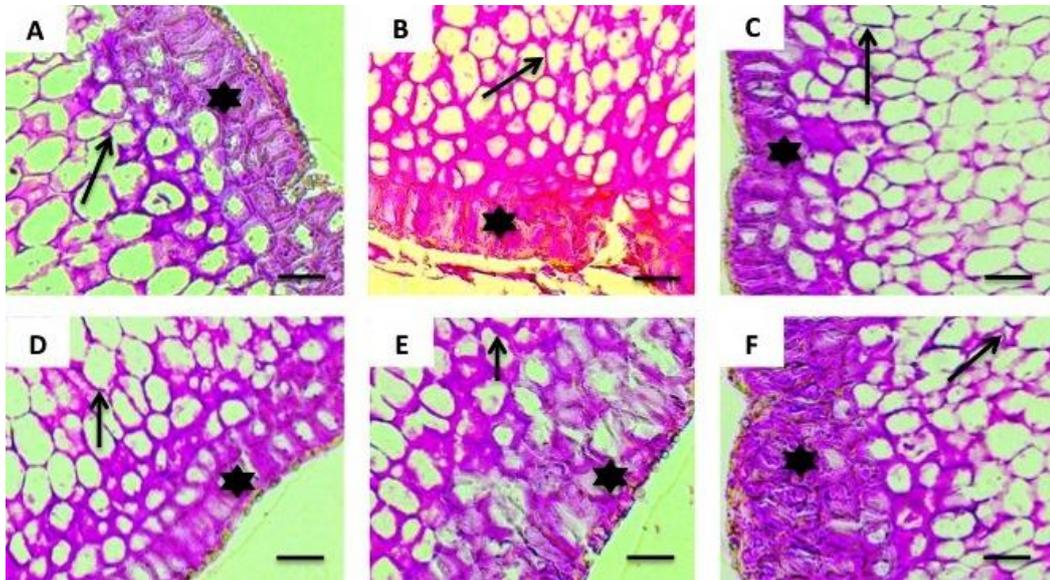
Observa-se a presença de camadas epidérmicas, compactas, arredondadas, poligonais e de tamanhos diferentes (Figura 24). A coloração verde observada na região do epicarpo (figura 3) indica a presença de pouca quantidade de corante, devido à presença de substâncias fenólicas nessa região, caracterizada pela rigidez da casca.

Verificou-se no epicarpo do fruto maduro, epiderme unisseriada com células poligonais em seção paradérmica e com arranjo em paliçada em seção transversal, e paredes periclinais externas e parte das anticlinais mais espessadas e lignificadas (Figura 24). Observou-se cutícula espessa e células do epicarpo mais rígidas que as células do mesocarpo.

Deste modo, a utilização de radiação ultravioleta pulsado não interferiu na morfologia das células do abacaxi, não alterando a estrutura dos diferentes polissacarídeos da parede celular.



**Figura 23.** Cortes de abacaxi cortados com Azul de Toluidina pH 4,0, submetidos à luz ultravioleta. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células do epicarpo (★), células do mesocarpo (→). Barra: 100 µm.



**Figura 24.** Cortes de abacaxi submetidos à reação do PAS, submetidos à luz ultravioleta. Tratamento 1: A, B, C, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente; Tratamento 5: D, E, e F, 1a, 3a e 5a coleta respectivamente. Células do epicarpo ( ☆ ), células do mesocarpo ( → ). Barra: 100  $\mu$ m

## 5 CONCLUSÕES

A utilização de tratamentos fitossanitários com uso de água eletrolisada ou ultravioleta pulsado, nas condições utilizadas nestes experimentos, permitiu conservar a qualidade de abacaxi conforme o esperado, indicando que:

- A água eletrolisada não provoca alterações físico-químicas, morfológicas, sensoriais ou de estabilidade frente ao armazenamento, ocorrendo apenas àquelas esperadas e normais devido ao amadurecimento;
- Tratamentos com água eletrolisada como sanificante, em concentrações de até  $300 \text{ mg L}^{-1}$ , permitem conservação por período de 21 dias, à temperatura de refrigeração de  $12^{\circ}\text{C}$ ;
- Tratamentos com UV pulsados, de até  $3 \text{ j cm}^2$  permitem conservação de abacaxi por até 14 dias sob refrigeração.

Observando-se a adequação dos tratamentos em não provocar efeitos deletérios ao abacaxi, ressalva-se que o uso tanto de água eletrolisada como UV pulsado, como alternativas a outros agentes fitossanitários, nessa variedade de abacaxi, recomenda-se a condução de outros experimentos para se definir dosagens para o controle de micro-organismos patogênicos ou fitopatogênicos.

## 6 REFERÊNCIAS

ABADIAS, M.; USALL, J. OLIVEIRA, M.; ALEGRE, I.; VINA S, I. Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally - processed vegetables. **International Journal of Food Microbiology**, v. 123, p. 151–158, 2008.

AGRIANUAL. Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: SNT, 2003. p. 179 -187

ALLENDE, A.; Mc EVOY, J. L.; LUO, Y.; ARTES, F.; WANG, C. Y. Effectiveness of two -sided UV-treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf -life of minimally processed Red Oak leaf lettuce. **Food Microbiology**, 23, 241–249. 2006.

ALLENDE, A.; MCEVOY, J.; TAO, Y.; LUO, Y. 2009. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on Escherichia coli O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. **Food Control**, 20, 230–234.

ALVARO, J. E.; MORENO, S.; DIANEZ, F.; SANTOS, M.; CARRASCO, G.; URRESTARAZU, M. Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. **Journal of Food Engineering**, v.95, p.11-15, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry* .11.ed. Washington: AOAC, 1992.1115p.

ASSI, N. E.; HUBER, D. J.; BRECHT, J. K. Irradiation-induced changes in tomato fruit and pericarp firmness, electrolyte efflux, and cell wall enzyme activity as influenced by ripening stage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 22, p. 100-106, 1997.

BARGEL, H.; NEINHUIS, C. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.56, n.413, p.1049-1060, 2005.

BARREIRO NETO, M.; CHOAIKY, S. A; LACERDA, J. T.; SANTOS, E. S. dos; OLIVEIRA, E. F.. Caracterização do abacaxizeiro Pérola no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária - Abacaxi**. João Pessoa. -PB, p. 33-39. 1998.

BEUCHAT, L. R., & RYU, J. H. (1997). Produce handling and processing practices. *Emerging Infectious Diseases*, 3, 459–465.

BINTSIS, T., LITOPOULOU-TZANETAKI, E., ROBINSON, R. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry. A critical review. *Journal of Science Food and Agriculture*, 80, 1–9. 2000.

CARVALHO, J. G. de OLIVEIRA JR., J. P. de; PAULA, M. B. de.; BOTREAL, N. Influência dos nutrientes na qualidade de frutos. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 17, n. p. 52-55, 1994.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. v. 1, 333p.

CARVALHO, J. G. de OLIVEIRA JR., J. P. de; PAULA, M. B. de.; BOTREAL, N. Influência dos nutrientes na qualidade de frutos. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 17, n. p. 52-55, 1994.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2o ed. Rev. e ampla. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CUNHA, G. A .P. da. **Paraíba e Bahia aderem à produção integrada de abacaxi, 2006. Disponível em: < [www.agrosolution.com.br](http://www.agrosolution.com.br)>. Acesso em: 30 abr.2012;**

DANTAS JÚNIOR, O. R. **Fisiologia e conservação pós-colheita de abacaxi “Pérola” tratado com 1-metilciclopropeno.**; 2000. 217p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2005.

DANTAS JÚNIOR, O.R.; SILVA, S. de M.; ALVES, R.E.; SILVA, E. de O. Suscetibilidade a dano pelo frio em abacaxi ‘Pérola’ tratado com 1-Metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 1, p. 135-144, 2009.

DULL, C.G. **The pineapple general**. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, 1971. v.1, p. 303-324.

ERKAN, M.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**. 48, 163–171.

FAGUNDES, G. R. et al. Características físicas e químicas do abacaxi Pérola comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, p. 22-25, 2000. Especial.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O.K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'Solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, 2001.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. Atividade de pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza polpa de mamão cv. sunrise  
Sol e tainung: Revista brasileira de fruticultura, Jaboticabal. V. 1, p. 054 – 058, 2008.

GIACOMELLI, E. J. **Expansão da abacaxicultura no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 79 p.

GIL, M.; SELMA, M.; LÓPEZ-GÁLVEZ, F.; ALLENDE, A., 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solutions. **International Journal Food Microbiology**, 134, 37–45.

GONÇALVES, N. B.; M.; CARVALHO, V. D. Abacaxi pós-colheita-2. Característica da Fruta. **Frutas do Brasil**. Brasília-DF, n.5,p.13-27,2000.

GONÇALVES, N. B. **Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi c.v. Smooth Cayenne**. 1998. 96f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1998.

GORGATTI NETO, A., CARVALHO, V. D. de, BOTREL, N., BLEINROTH, E. W., MATALHA, M., GARCIA, A. E., ARDITO, E. F. G., GARCIA, E. E. C., BORDIN, M. R. **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 41p. (FRUPEX, Publicações Técnicas, 23).

GUERRERO-BELTRAN, J. A., BARBOSA-CANOVAS, G. V. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, 10, 137–147. 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3ed. São Paulo: IAL, 1985.v.1533p.

IZUMI, H. (1999). Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *Journal of Food Science*, 64, 536–539.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3 ed. Davis: University of California, 2002.

KARNOVISKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, [S.l.], v. 27, p. 137-138, 1965.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens, Avi, 1997.532p.

KRISHNAMURTHY, K.; DEMIRCI, A.; IRUDAYARAJ, J.M. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in Milk Using Flow-Through Pulsed UV-Light Treatment System. *Journal of Food Science*, 72 (7), 233 – 239. 2007.

KURZWEIL, H., LINDER, H. P., STERN, W. L. & PRIDGEON, A. M. Comparative vegetative anatomy and classification of *Diseae* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 117, p. 171-220, 1995.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of the agricultural and Food Chemistry* V. 45, p. 1390-1393. 1997

LICHTENTHALER, H. K. **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes**. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.) *Methods in Enzimology*. London: Academic Press, v. 148, p.350- 382 1987.

LIMA, A. B. de. **Qualidade e conservação pós-colheita de abacaxi ‘Pérola’ e MD2 sob manejo orgânico e convencional na agricultura familiar**. Dissertação de Mestrado. UFPB, Aréias. PB, 2011.

LUTHER, 2004. **An alphabetical list of Bromeliad binomials**. , 9th ed. The Bromeliad Society International, Sarasota. 109p.

MACHADO, F. L. C. **Conservação pós-colheita de abacaxi ‘Golden’ sob atmosfera modificada por cera de carnaúba e tratamento com 1-MCP**. Tese (doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008.

McDonald K.F., Curry R.D., Clevenger T.E., Unklesbay K, Eisenstrack A, Golden J, Morgan R.D. A comparison of pulsed and continuous ultraviolet light sources for the decontamination of surfaces. *IEEE Trans Plasma Sci* 28(5):1581–7. 2000.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry*, Washington, v.31,p.426-8, 1959.

MORALES DE LÉON, J. C. Frutas tropicales características y propiedades fisico-químicas. *Tecnología de Alimentos*, v. 11, n. 5, p. 205-223, 1976.

NASCIMENTO, M. S.; SILVA, N.; CATANOZI, M. P. L. M. Emprego de sanitizantes na desinfecção de vegetais. *Revista de Higiene Alimentar*, São Paulo, v. 17. n. 17, n. 112, p. 42 - 46, set. 2003.

OBANDA, M. OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 74, n. (2), p. 209-215, 1997.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; LIMA, L. C. O.; LIMA, L. **Influência do CaCl<sub>2</sub> sobre a qualidade pós-colheita de abacaxi Pérola** (*Ananas comosus L.*) Merrill). In: VILAS. 2000.

REINHARDT, D. H. R. C.; SOUZA, J. S. The pineapple industry in Brazil. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 529, p. 57- 71, 2000.

SANTOS, J.B.C.; VILAS-BOAS, E.V.B.; PRADO, M.E.T.; PINHEIRO, A.C.M. Avaliação da qualidade do abacaxi \_\_Pérola\_\_ minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.2, p.353-361, 2005.

SANTOS, A. F. dos. **Desenvolvimento e Maturação de Abacaxi e Processamento Mínimo de Infrutescências Colhidas sob Boas Práticas Agrícolas e tratadas com 1-MCP**. Programa de Pós Graduação em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia/PB. Tese de Doutorado, 2006.

SEREK M.SISLER E. C. REIDMS (1995). **Effects of 1-mcp on the vase life and ethylene response of cut flowers**. PLAUT GROWTH REGULATION, 16:93-97.

SOARES, A. G.; TRUGO, L. C.; BOTREL, N.; SOUZA, L. F. S. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus L.*) by preharvest soil application of 139 potassium. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v.35, p. 201-207, 2005.

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTIN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf - life of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 14, p. 341-353, 2003.

SOUTO, R. F.; DURIGAN, J. F. SOUZA, B. S. de; DONADON, J.; MENEGUCCI, J. L. P. Conservação pós-colheita de abacaxi 'Perola' colhido no estágio de maturação pintado associando-se refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 1, p. 24-28, 2004.

SOUTO, R. F.; DURIGAN, J. F.; SANTOS, L.O.; SOUZA, B.S.de.; MENEGUCCI, J. L. P. Respostas pós-colheita de abacaxi 'Pérola' no tratamento com calor e armazenagem refrigerada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, 2010.

STROHECHER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

SUSLOW, T. Postharvest chlorination: basic properties and key points for effective distribution. University of California, 1997. Disponível em: [www.ucdavis.edu/pdf/8003.pdf](http://www.ucdavis.edu/pdf/8003.pdf)

THE, P. M. P.; CARVALHO V. D. DE.; ABREU, C. M. P.; NUMES, R. DE P.; PINTO N. A. V. D. **Efeito da temperatura e armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi smooth cayenne** L. Ciências Agrotécnica lavras, v25, n.2,p 356-363, 2001.

THÉ, P,M,P,; NUNES, R de P.; MOREIRA DA SILVA,L.I.M.; ARAUJO,B.M. de. **Características físicas, físico-químicas, químicas e atividade enzimática de abacaxi cv. Smooth cayenne recém-colhido**. Alimentação e Nutrição, Araraquara. ISSN 0103-4235. .21, n.2, p.273-281, 2010.

UKUKU, D. O., SAPERS, G. M., 2001. Effect of sanitizer treatments on Salmonella Stanley attached to the surface of cantaloupe and cell transfer to fresh-cut tissues during cutting practices. J. Food Prot. 64, 1286–1291.

VIDAL, B.C. Dichroism in collagen bundles stained with *pyridine Ponceau 2R*. **Annals of Histochemistry**, v.15, p.289-296, 1970.

VIDAL, B. C. Acid glycosaminoglycans and endochondral ossification: microspectrophotometric evaluation and macromolecular orientation. **Cell Molecular Biology**, [S.l.], v. 22p. 45 - 64, 1977.

VIDAL, B.C. 1987. Métodos em Biologia Celulat. In: VIDAL, B.C.; MELLO, M.L.S. (Ed.). Biologia Celular. Rio de Janeiro. Atheneu p.5-39.

YAMAUCHI, N.; WATADA, A. E. Regulated chlorophyll degradations in spinach leaves during storage. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, n. 1, p. 58-62, 1991.

YAUN, B. R., SUMMER, S. S., EIFERT, J. D., & MARCY, J. E. (2004). Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International Journal of Food Microbiology*, 90, 1–8.

## APÊNDICE A

Tabela 1 A – Valores de ‘F’ PM (perda de massa), FP (firmeza da polpa), EE (extravazamento de eletrólitos), VC (vitamina C) de abacaxi ‘Pérola’ tratado com diferentes concentrações de água eletrolisada EMBRAPA 2012.

Fonte de variação	GL	PM	FP	EE	VC
Tratamento	4	0,0128*	0,0053*	0,0044*	0,0169*
Tempo	3	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*
Trat. X tempo	12	0,0181*	0,0002*	0,0880 <sup>ns</sup>	0,1583 <sup>ns</sup>
Erro	40	-	-	-	-
CV (%)	-	22,74	24,99	6,62	9,27
Média	-	2,69	6,56	78,25	39,69

\* Significativo a 5% ; <sup>ns</sup> não significativo; CV – coeficiente de variação

Tabela 2 A – Valores de ‘F’ pH, AT (acidez titulável), SS/AT (relação sólidos solúvel acidez titulável), EE (extravazamento de eletrólitos), VC (vitamina C) SS (sólidos solúveis) de abacaxi ‘Pérola’ tratado com diferentes concentrações de água eletrolisada EMBRAPA 2012.

Fonte de variação	GL	pH	AT	SS/AT	SS
Tratamento	2	0,0727 <sup>ns</sup>	0,0078*	0,3562 <sup>ns</sup>	0,3432 <sup>ns</sup>
Tempo	5	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,1147 <sup>ns</sup>
Trat. X tempo	10	0,9737 <sup>ns</sup>	0,13,68 <sup>ns</sup>	0,2102 <sup>ns</sup>	0,1220 <sup>ns</sup>
Erro	36	-	-	-	-
CV (%)	-	1,38	9,57	15,15	8,93
Média	-	3,50	0,94	13,77	12,77

\* Significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; CV – coeficiente de variação

Tabela 3 A – Valores de ‘F’, AT (açúcar totais), AR (açúcar redutor), CT (carotenoides totais), PET (polifenóis extraíveis totais) de abacaxi ‘Pérola’ tratado com diferentes concentrações de água eletrolisada EMBRAPA 2012.

Fonte de variação	GL	AT	AR	CT	PET
Tratamento	2	0,2639 <sup>ns</sup>	0,2294 <sup>ns</sup>	0,3562 <sup>ns</sup>	0,1775 <sup>ns</sup>
Tempo	5	0,2100 <sup>ns</sup>	0,0421*	0,0002*	0,0000*
Trat. X tempo	10	0,2123 <sup>ns</sup>	0,9217 <sup>ns</sup>	0,2102 <sup>ns</sup>	0,0090*
Erro	36	-	-	-	-
CV (%)	-	15,16	22,58	15,15	9,74
Média	-	9,74	3,82	13,77	16,02

\* Significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; CV – coeficiente de variação

## APÊNDICE B

Tabela 1 B – Valores de ‘F’ PM (perda de massa), FP (firmeza da polpa), EE (extravazamento de eletrólitos), VC (vitamina C) de abacaxi ‘Pérola’ tratado com diferentes radiações de ultravioleta pulsado EMBRAPA 2012.

Fonte de variação	GL	PM	FP	EE	VC
Tratamento	4	0,1830 <sup>ns</sup>	0,3025 <sup>ns</sup>	0,0000*	0,0450*
Tempo	3	0,0000*	0,0001*	0,0003*	0,0498*
Trat. X tempo	12	0,2746 <sup>ns</sup>	0,0263*	0,0001*	0,1622 <sup>ns</sup>
Erro	40	-	-	-	-
CV (%)	-	16,82	18,24	4,06	10,30
Média	-	2,92	5,38	85,93	39,41

\* Significativo a 5% ; <sup>ns</sup> não significativo; CV – coeficiente de variação

Tabela 2 B – Valores de ‘F’ pH, AT (acidez titulável), SS/AT (relação sólidos solúvel acidez titulável), SS (sólidos solúveis) de abacaxi ‘Pérola’ tratado com diferentes radiações de ultravioleta pulsado EMBRAPA 2012.

Fonte de variação	GL	pH	AT	SS/AT	SS
Tratamento	2	0,0244*	0,2534 <sup>ns</sup>	0,0279*	0,4435 <sup>ns</sup>
Tempo	5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,2950 <sup>ns</sup>
Trat. X tempo	10	0,0104*	0,0000*	0,0003*	0,6928 <sup>ns</sup>
Erro	36	-	-	-	-
CV (%)	-	1,64	6,38	10,16	7,60
Média	-	3,55	1,38	9,60	12,40

\* Significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; CV – coeficiente de variação

Tabela 3 B – Valores de ‘F’, AT (açúcar totais), AR (açúcar redutor), CT (carotenoides totais), PET (polifenóis extraíveis totais) de abacaxi ‘Pérola’ tratado com diferentes radiações de ultravioleta pulsado EMBRAPA 2012.

Fonte de variação	GL	AT	AR	CT	PET
Tratamento	2	0,1662 <sup>ns</sup>	0,8373 <sup>ns</sup>	0,5193 <sup>ns</sup>	0,0175*
Tempo	5	0,0060*	0,0179*	0,5055 <sup>ns</sup>	0,0000*
Trat. X tempo	10	0,3498 <sup>ns</sup>	0,1702 <sup>ns</sup>	0,3724 <sup>ns</sup>	0,0443*
Erro	36	-	-	-	-
CV (%)	-	16,48	18,44	426,00	7,19
Média	-	8,34	3,80	5,26	30,59

\* Significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; CV – coeficiente de variação.