

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**“IRRADIAÇÃO E REFRIGERAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DE
BANANAS ‘PRATA’ E ‘NANICA’ CLIMATIZADAS”.**

LUCIANA MANOEL

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP
(Fevereiro - 2005)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**“IRRADIAÇÃO E REFRIGERAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DE
BANANAS ‘PRATA’ E ‘NANICA’ CLIMATIZADAS”.**

LUCIANA MANOEL

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP
(Fevereiro - 2005)

*Tudo neste mundo tem o seu tempo;
cada coisa tem sua ocasião.
Há tempo de nascer e tempo de morrer;
tempo de plantar e tempo de arrancar;
tempo de matar e tempo de curar;
tempo de derrubar e tempo de construir.
Há tempo de ficar triste e tempo de se alegrar;
tempo de chorar e tempo de dançar;
tempo de espalhar pedras e tempo de juntá-las;
tempo de abraçar e tempo de afastar.
Há tempo de procurar e tempo de perder;
tempo de economizar e tempo de desperdiçar;
tempo de rasgar e tempo de remendar;
tempo de ficar calado e tempo de falar.*

OFEREÇO

Á minha mãe *Diva* por sua coragem,
exemplo, dignidade e incentivo que nunca
me fizeram desistir.

DEDICO

Ao meu noivo *Wander*, pela colaboração,
compreensão, paciência nos momentos
difíceis e por seu amor tornar meu
caminhar mais suave.

AGRADECIMENTOS

Á Deus por sua proteção e orientação durante toda a minha vida.

A Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/SP-Câmpus de Botucatu pela aprendizagem e oportunidades concedidas.

Ao Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites, pela amizade e ensinamentos transmitidos desde a graduação, que muito contribuíram para meu desenvolvimento profissional.

Á CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Á Fazenda Shangri-lá, em especial ao Marcelo e Hamilton, por gentilmente terem cedido os frutos para o desenvolvimento do experimento.

Á Empresa Brasileira de Irradiação (EMBRARAD) por ter permitido a irradiação dos frutos.

Ás Professoras Dras. Regina Marta Evangelista e Sarita Leonel pela amizade e apoio durante todo o curso.

Á Professora Dra. Guiseppina Pace P. Lima por gentilmente ceder a câmara fria do Departamento de Química do Instituto de Biociências, para o armazenamento das bananas.

Aos amigos do curso de Pós-Graduação: André José de Campos, Erval R. Damatto Junior, Cíntia de Souza Silva Rua, Milene Rodrigues Peres Germino, Amanda Regina de Godoy, Elisângela C. Camilli, Rogério Germino e Gláucia C. Moreira, pelos momentos de alegria, colaboração e companheirismo.

Aos técnicos de laboratório Márcia Adriana P.G. Rossi e Francisco Rossi pela amizade e colaboração. Um agradecimento especial ao técnico Edson Alves Rosa, pela grande ajuda na

realização desse experimento, constante paciência, bom humor e grande amizade construída durante todo o curso.

À Coordenação do Curso de Pós-graduação, representada pelo Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros, pela oportunidade recebida.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação e Biblioteca pela disposição e atenção nos serviços prestados.

Enfim, para toda a minha família e as pessoas que passaram pela minha vida deixando um pouco de si.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	XII
SUMMARY	XIV
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Características da banana.....	3
2.1.1. Aspectos Botânicos	3
2.1.2. Aspectos Econômicos.....	4
2.1.3. Aspectos Fisiológicos	7
2.2 Armazenamento refrigerado	11
2.3 Climatização	14
2.4 Irradiação em alimentos.....	16
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Origem, colheita e preparo dos frutos.	22
3.2 Tratamentos pós-colheita do primeiro e segundo experimentos	25
3.3 Análises físicas, físico-químicas e químicas	27
3.3.1. Grupo controle	27
3.3.1.1. Perda de massa	27
3.3.1.2. Coloração da casca	27
3.3.1.3. Respiração	28
3.3.1.4. Conservação pós-colheita	29
3.3.1.5. Índice de doenças	29
3.3.2. Grupo parcela	29
3.3.2.1. Firmeza	29
3.3.2.2. Sólidos Solúveis	30
3.3.2.3. Acidez Titulável	30
3.3.2.4. “Ratio”	30
3.3.2.5. pH	30
3.3.2.6. Relação polpa/casca.....	31

3.3.2.7. Açúcares Redutores e Amido	31
3.3.2.8. Potássio.....	31
3.3.2.9. Análise sensorial.....	31
3.4 Delineamento experimental dos dois experimentos	32
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Primeiro Experimento – Banana ‘Prata’	33
4.1.1. Perda de massa fresca	33
4.1.2. Coloração.....	34
4.1.3. Respiração	36
4.1.4. Conservação pós-colheita	37
4.1.5. Firmeza	38
4.1.6. Sólidos Solúveis.....	40
4.1.7. Acidez Titulável.....	41
4.1.8. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável – “Ratio”	42
4.1.9. pH	43
4.1.10. Relação polpa/casca.....	44
4.1.11. Amido e Açúcares Redutores	45
4.1.12. Potássio	47
4.1.13. Análise Sensorial	48
4.2. Segundo Experimento – Banana ‘Nanica’	50
4.2.1. Perda de Massa Fresca.....	50
4.2.2. Coloração.....	51
4.2.3. Respiração	52
4.2.4. Conservação pós-colheita.....	53
4.2.5. Firmeza	54
4.2.6. Sólidos Solúveis	56
4.2.7. Acidez Titulável	57
4.2.8. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável – “Ratio”	58
4.2.9. pH	59
4.2.10. Relação Polpa/casca	60
4.2.11. Amido e Açúcares Redutores	61
4.2.12. Potássio.....	63
4.2.13. Análise Sensorial	64
4.3. Considerações Finais	66
5- CONCLUSÕES.....	70
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
7. APÊNDICE	82

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Valores médios percentuais da perda de massa fresca das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	34
Tabela 2. Variação média na coloração das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.	35
Tabela 3. Variação média na conservação pós-colheita das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	38
Tabela 4. Variação média na firmeza (gf cm ⁻²) das bananas ‘Pratas’, com casca, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	39
Tabela 5. Variação média na firmeza (gf cm ⁻²) das bananas ‘Pratas’, sem casca, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	39
Tabela 6. Variação média do teor de sólidos solúveis das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	41
Tabela 7. Variação média do teor de acidez titulável (g.ac.málico x 100g de polpa ⁻¹) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.	42
Tabela 8. Variação média da relação sólidos solúveis /acidez titulável ("Ratio") das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.	43
Tabela 9. Variação média no pH das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.	44
Tabela 10. Relação polpa/casca das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.	45
Tabela 11. Variação média no teor de amido (%) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	47
Tabela 12. Variação média no teor de açúcares redutores (%) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	47

Tabela 13. Variação média do teor de potássio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.	48
Tabela 14. Variação média na textura, aroma e sabor das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.....	49
Tabela 15. Valores médios percentuais da perda de massa fresca das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	51
Tabela 16. Variação média na coloração das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.	52
Tabela 17. Variação média na conservação pós-colheita das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	54
Tabela 18. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}) das bananas ‘Nanicas’, com casca, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.	55
Tabela 19. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}) das bananas ‘Nanicas’, sem casca, submetidas a diferentes doses e irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.	55
Tabela 20. Variação média do teor de sólidos solúveis das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	57
Tabela 21. Variação média do teor de acidez titulável ($\text{g.ac.málico} \times 100\text{g de polpa}^{-1}$) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	58
Tabela 22. Variação média da relação sólidos solúveis/acidez titulável ("Ratio") das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	59
Tabela 23. Variação média no pH das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.	60
Tabela 24. Relação polpa/casca das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.	61
Tabela 25. Variação média no teor de amido (%) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	62

Tabela 26. Variação média no teor de açúcares redutores (%) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	62
Tabela 27. Variação média do teor de potássio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	64
Tabela 28. Variação média na textura, aroma e sabor das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.....	65
Tabela 29. Modelo utilizado pelos degustadores durante a análise sensorial de banana ‘Prata’ e ‘Nanica’ irradiadas.	83

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Transporte dos cachos em ganchos.	23
Figura 2. Despencamento dos cachos.	23
Figura 3. Lavagem das pencas com detergente neutro.	23
Figura 4. Câmara de climatização da Fazenda Shangri-lá.	24
Figura 5. Bananas para irradiar na EMBRARAD.	26
Figura 6. Bananas ‘Prata’ armazenadas a 14°C.	26
Figura 7. Bananas ‘Nanica’ armazenadas a 14°C.	26
Figura 8. Taxa respiratória das bananas (ml de CO ₂ kg ⁻¹ hora ⁻¹) ‘Prata’, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C por 12 dias.	37
Figura 9. Taxa respiratória das bananas (ml de CO ₂ kg ⁻¹ hora ⁻¹) ‘Nanica’, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C por 21 dias.	53

RESUMO

A banana é considerada uma fruta altamente perecível em virtude de sua alta taxa respiratória, fazendo-se necessário o uso de tecnologia pós-colheita para aumentar a vida útil. Devido a isso, objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito da radiação gama, associada ao amadurecimento artificial e ao armazenamento refrigerado, nas qualidades físicas, físico-químicas, químicas e sensoriais das bananas 'Prata' e 'Nanica', determinando-se as doses adequadas para a sua conservação pós-colheita. Foram utilizadas bananas dos cultivares Prata e Nanica adquiridas na Fazenda Shangri-lá, cidade de Bauru-SP, onde foram climatizadas (amadurecimento artificial) para simular as condições reais de comercialização, transportadas até a EMBRARAD (Cotia-SP), onde foram submetidas aos tratamentos com diferentes doses de irradiação com ^{60}Co no irradiador "JS7500": T1- testemunha (0,0 kGy); T2 – 0,2 kGy; T3 – 0,4 kGy; T4 – 0,6 kGy; T5 – 0,8 kGy e T6 – 1,0 kGy. A seguir foram transportadas para Botucatu-SP e armazenadas em câmara fria (à temperatura de $14\pm 1^\circ\text{C}$ com 80 a 85% de umidade relativa), durante 12 dias para os frutos da bananeira 'Prata' e 21 dias para os frutos da bananeira 'Nanica'. As análises foram realizadas a cada 1 dia para a banana

'Prata' e a cada 2 dias de armazenamento para a banana 'Nanica', avaliou-se a perda de massa fresca, coloração da casca, incidência de doenças, respiração e conservação pós-colheita para o *grupo controle* e firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, "Ratio", pH, relação polpa/casca, açúcares redutores, amido e potássio para o *grupo parcela*. Também foram realizadas análises sensoriais aos 3, 9, 15 e 21 dias de armazenamento para a banana 'Nanica' e aos 2, 6 e 12 dias para a banana 'Prata'. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e dez repetições para as análises do grupo controle, três repetições para as análises do grupo parcela, onze repetições para análise sensorial, comparando-se as médias, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As doses 0,4 e 0,6 kGy apresentaram resultados semelhantes na manutenção da qualidade das bananas 'Prata' e 'Nanica'. Entretanto, o fato dos frutos de ambos os experimentos apresentarem escurecimento e rachaduras nas cascas a partir da dose 0,6 kGy, verifica-se que a dose 0,4 kGy foi a mais eficiente na conservação pós-colheita das bananas 'Prata' e 'Nanica'.

Palavras chave: radiação gama, amadurecimento artificial, pós-colheita, *Musa spp.*

IRRADIATION AND REFRIGERATION IN THE CONSERVATION OF BANANAS 'PRATA' AND 'NANICA' CLIMATIZED. Botucatu, 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Luciana Manoel

Adviser: Rogério Lopes Vieites

SUMMARY

The banana is considered a highly perishable fruit due to its high respiration rate, being necessary the use of post-harvest technology in order to increase its useful life. Thus, in this report, the aim was to assess the gamma radiation effect, associated with artificial ripening and refrigerated storage, in terms of physical, physical-chemical, chemical and sensorial characteristics of 'Prata' and 'Nanica' varieties, determining the suitable rates for its pos-harvest conservation. Prata and Nanica cultivars were used, which were acquired at Fazenda Shangri-lá, in Bauru/SP, where they were climatized (artificial ripening) in order to simulate the real commercialization conditions, transported to EMBRARAD (Cotia/SP) where they underwent treatments with different radiations rates with ^{60}Co on "JS7500" irradiator: T1 – control (0,0 kGy); T2 – 0,2 kGy; T3 – 0,4 kGy; T4 – 0,6 kGy; T5 – 0,8 kGy and T6 – 1,0kGy. Then, they were transported to Botucatu/SP and stored in a cold chamber (at $14\pm 1^\circ\text{C}$ with 80 to 85% relative humidity), for 12 days for 'Prata' banana fruit and 21 days for 'Nanica' banana fruit. The analyses were carried out every single day for 'Prata' banana and every two storage days for 'Nanica' banana. The fresh weight loss, peel color, disease incidence, respiration and pos-harvest conservation for the *control group* and firmness, soluble solids, titratable acidity, "Ratio", pH, peel/pulp rate, reducing sugars,

starch and potassium for the *installment group*. Also, sensorial analyses were carried out at 3, 9, 15 and 21 storage days for 'Nanica' banana and at 2, 6 and 12 storage days for 'Prata' banana. The experimental outlining used was the completely randomized one, with six treatments and ten repetitions for the control group analyses, three repetitions for the installment group analyses, eleven repetitions for sensorial analyses, comparing the averages by using Tukey test at 5% probability rate. The 0,4 and 0,6 kGy rates showed similar results on keeping the quality of 'Prata' e 'Nanica' bananas. However, the fact that the fruit of both experiments showed darkening and cracks on their peel from 0,6 kGy rate on, it can be verified that the 0,4 kGy rate was the most effective on post-harvest of 'Prata' and 'Nanica' bananas.

Keywords: gamma radiation, artificial ripening, post-harvest, *Musa* spp.

1 – INTRODUÇÃO

A bananeira é originária do Sudeste da Ásia e disseminada pelos países do Oriente Médio e da Europa Mediterrânea. Foi na América Latina, que a banana ganhou expressão no comércio mundial com base nas produções centro-americanas e caribenhas (Champion, 1963 apud Gonçalves et al., 1994).

Em termos nutricionais, a banana é um alimento de elevado valor energético (85 a 100 Kcal 100g⁻¹), além de conter as vitaminas A (retinol), B1 (tiamina) e B2 (riboflavina). Sendo uma fonte de nutrientes prontamente assimiláveis é um alimento indicado para o consumo irrestrito, inclusive por crianças e idosos (Folegatti & Matsuura, 2001).

Devido ao fato de ser uma fruta climatérica, amadurece rapidamente em altas temperaturas e sua vida de prateleira é curta. Normalmente não é armazenada, a não ser quando o produto é destinado à exportação. Nesse caso faz-se uso de alta tecnologia, como resfriamento a cerca de 14°C, que é utilizado para prolongar a vida de prateleira por 3 a 4 semanas após a colheita (Satyan et al., 1992).

A refrigeração é um método eficaz para o armazenamento prolongado de frutos e hortaliças frescos. Os demais métodos de controle do amadurecimento e das doenças

são utilizados como complemento ao abaixamento de temperatura (Chitarra & Chitarra, 1990). Em clima tropical o armazenamento em condições de atmosferas controladas, ceras e uso de saco de polietileno não são aconselháveis se não forem combinados com refrigeração, pois a deterioração se processa de forma mais rápida devido ao desenvolvimento do calor e de CO₂ (Pantastico et al., 1975).

Há também um outro processo de tratamento tecnológico, que tem sido desenvolvido nos últimos 40 anos, que promete ajudar grandemente na redução de perdas pós-colheita e estender a vida de prateleira de frutas e hortaliças altamente perecíveis: a irradiação de alimentos. A viabilidade econômica, tecnológica e de segurança da irradiação de alimento tem sido comprovada em países no mundo inteiro. Muitas décadas de extensas pesquisas científicas internacionais têm mostrado que, o uso correto da irradiação de alimentos não apresenta risco para a saúde (Andreski, 1984).

O prolongamento da vida de prateleira por irradiação deve-se ao fato da mesma retardar o amadurecimento ou a senescência dos frutos. A eficiência da irradiação depende de vários fatores, entre os quais a dose de radiação, taxa de dose, características dos produtos irradiados (cultivares) e condições de armazenamento antes e após a irradiação (Moy, 1986).

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da irradiação gama, associada ao amadurecimento artificial e ao armazenamento refrigerado, nas qualidades físicas, físico-químicas, químicas e sensoriais das bananas 'Prata' e 'Nanica', determinando-se as doses adequadas para a sua conservação pós-colheita.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características da banana

2.1.1. Aspectos Botânicos

Até a década de 1960, as bananas do subgrupo Gros Michel eram os únicos cultivares de mesa exportados. No entanto, por serem suscetíveis ao mal-do-panamá foram substituídos por cultivares do subgrupo Cavendish (Nanica, Nanicão e Grand Naine) que são até hoje, os mais usados na exportação (Silva, 2000).

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis são plantas da classe das *Monocotyledoneae*, ordem *Scitaminales*, família *Musaceae*, da qual fazem parte as subfamílias *Heliconioideae*, *Strelitzoideae* e *Musaceae*. Esta última inclui cultivares produtores de frutos partenocárpicos. A bananeira 'Prata' é cultivar triplóide do grupo AAB enquanto a 'Nanica' pertence ao grupo AAA (Dantas & Filho, 2000).

A bananeira 'Prata' caracteriza-se pelo seu alto porte e baixo peso dos cachos (10-16 kg), seu fruto é reto de aproximadamente 10 a 13 cm de comprimento, cuja

extremidade apresenta uma ponta bem pronunciada, sendo sua exploração voltada quase que exclusivamente para o consumo “in natura”. Enquanto que a ‘Nanica’ apresenta baixa estatura, os cachos pesam entre 25 a 45 kg e seus frutos são delgados, longos e encurvados (Silva et al.,1999).

Chitarra & Chitarra (1994) afirmam que existem métodos subjetivos e objetivos que podem definir o ponto de colheita da banana; o subjetivo é realizado através de observações, tais como dias a partir da emergência da inflorescência, consistência da polpa e mudanças ou desaparecimento da angulosidade dos frutos; o objetivo é feito pela análise da relação polpa/casca e pelo calibrador que mede o diâmetro dos frutos localizados na porção mediana da segunda penca.

2.1.2. Aspectos Econômicos

Em estudos desenvolvidos por Fioravanço (2003), constatou-se que a produção mundial de banana apresentou um crescimento considerável no período de 1991-92 a 2001-02, de um total de 49.276 mil toneladas no início da década passada, a produção elevou-se a 68.999 mil toneladas no início da década atual, o que significou um crescimento de 40%.

Em muitos países, além de ser um alimento complementar da dieta da população, a banana apresenta grande relevância social e econômica servindo como fonte de renda para muitas famílias de agricultores, gerando postos de trabalho no campo e na cidade e contribuindo para o desenvolvimento das regiões envolvidas em sua produção (Fioravanço, 2003).

No Brasil a banana é cultivada em todos os estados e ocupa em alguns, elevada importância social e econômica. Caracterizada por empregar intensa mão-de-obra familiar, a banana é geralmente cultivada por pequenos agricultores (Souza & Filho, 1999).

Fruta mais consumida no mundo, a banana ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas no Brasil, perdendo apenas para a laranja (Almeida et al., 2001). O consumo *per capita* da banana no Brasil é estimado em torno de 20kg hab⁻¹ ano⁻¹, tendo se reduzido na década de 90, por efeito-substituição causado pela entrada de outras frutas no mercado, a preços convidativos e de boa qualidade (Mascarenhas, 1999).

Em 2002 dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) citado por Matthiesen & Boteon (2004), mostraram que o volume exportado de banana foi de 129% maior que o volume exportado em 2001, gerando uma receita de 33 milhões de dólares, sendo que nesse mesmo ano a banana foi a fruta mais exportada pelo Brasil.

A banana é uma das principais frutas brasileiras exportadas, mas está longe de liderar as exportações para os países mais desenvolvidos, que possuem os mercados mais exigentes do mundo. O produto nacional é desqualificado para os mercados europeus e norte-americanos, pois não atende às exigências dos mesmos, principalmente em relação às qualidades organolépticas da fruta (Matthiesen & Boteon, 2004).

Embora o Brasil se destaque como o segundo país produtor de bananas a questão limitante para a exportação, além do alto consumo interno é a falta de controle de qualidade gerando perdas. Estudos desenvolvidos por Souza et al. (1995), relatam que até chegar às mãos do consumidor as perdas giram em torno de 30%, sendo mais de 5% na lavoura, 2% no processo de embalagem, de 6% a 10% no segmento atacadista, de 10% a 15% no varejo e de 5% a 8% no consumidor.

Em função deste fator continuam os esforços dos pequenos produtores nacionais para melhorar a qualidade e apresentação da fruta, a fim de disputar uma fatia do mercado interno mais sofisticada. Da mesma forma objetiva-se abrir novos mercados no exterior, embora limitados pela pouca disponibilidade da fruta para exportação, esses resultados devem aparecer em médio prazo (Banana, 2003).

As exigências de qualidade para o Mercosul são muito menores, comparativamente às norte-americanas e européias, com isso, nossa comercialização externa ainda se limita aos mercados participantes desse bloco comercial (Matthiesen & Boteon, 2004).

Segundo os mesmos autores, a maioria das propriedades não possui boa infra-estrutura em pós-colheita e de classificação da fruta produzida, prejudicando a qualidade dos produtos e sua durabilidade na prateleira. Verificaram também que os produtores que investem em pós-colheita conseguem uma banana de melhor qualidade e também um melhor preço, direcionando o produto para nichos de mercados exigentes e com mais disposição em pagar em função da melhor qualidade.

Desta maneira, ultimamente grande atenção vem sendo dispensada à conservação pós-colheita de frutos e hortaliças, visto que as perdas dos produtos após a colheita atingem índices entre 25 e 60% nos países em desenvolvimento (Coelho, 1994). A bananeira por ser uma cultura de baixa produtividade e baixo nível tecnológico, as perdas são elevadas na fase pré e pós-colheita, sendo que somente na fase de pós-colheita as perdas atingem 40% da produção (Cordeiro, 2000).

Para se conseguir preços competitivos e produtos de qualidade, principais elementos para a construção de uma posição competitiva sustentável no mercado internacional

das frutas, em especial, da banana é preciso superar os obstáculos que dificultam o desenvolvimento da atividade. Em primeiro lugar superar a crença de que a banana é um produto local e portanto qualquer qualidade e preço servem, em segundo lugar desenvolver uma estratégia comercial que aproxime os compradores e consumidores internacionais das grandes empresas exportadoras (Fioravanço, 2003).

2.1.3. Aspectos Fisiológicos

A banana passa por quatro fases de desenvolvimento: crescimento, maturação, amadurecimento e senescência. O crescimento é o período de rápida divisão e alongamento celular. A maturação começa antes do crescimento cessar e inclui diferentes transformações físicas e químicas que afetam a qualidade sensorial da fruta. O amadurecimento torna a fruta apta ao consumo, em virtude das alterações na aparência, no sabor, no aroma e na textura. Nessa fase há o aumento na taxa respiratória e na produção de etileno. A senescência é o período onde os processos bioquímicos anabólicos dão lugar aos catabólicos, levando ao envelhecimento e morte dos tecidos (Vilas Boas et al., 2001).

A banana, como fruto climatérico, apresenta uma ascensão respiratória e de etileno, que marca o início do amadurecimento (Vilas Boas et al., 2001). A respiração é um processo pelo qual os materiais orgânicos armazenados (carboidratos, proteínas e gorduras) são quebrados em produtos finais simples com liberação de energia (Kader, 2002). Enquanto que o etileno, é um hormônio vegetal volátil que desempenha um papel crucial no estímulo ao amadurecimento dos frutos climatéricos, representando um gatilho que dispara rapidamente as modificações que resultam na transformação da banana em um fruto apto ao consumo. (Vilas Boas et al., 2001).

A respiração passa a ser o principal processo fisiológico de frutos, uma vez que após a colheita eles não dependem mais da absorção de água e nutrientes da planta-mãe (Chitarra & Alves, 2001). A banana é classificada como um fruto de alta perecibilidade devido às altas taxas de respiração em comparação com os outros frutos, podendo atingir até 200ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 15°C (Wills, 1998).

Durante o amadurecimento do fruto de banana ocorre aumento no teor de sólidos solúveis devido à hidrólise do amido e da pectina (Sales, 2002). Tais valores, segundo pesquisas de Pinto (1978), Carvalho (1984) e Chitarra & Chitarra (1984), variam de 0,92% a 22,36%.

O sabor dos frutos está relacionado aos teores de ácidos orgânicos da polpa, os quais são classificados como acidez titulável (Palmer, 1971). Juntamente com os açúcares, os ácidos orgânicos são utilizados como substratos para o fornecimento de carbono e para a produção de energia nas diferentes fases do ciclo vital dos produtos vegetais (Vilas Boas, 1999).

Em banana verde, o ácido oxálico predomina sobre os ácidos málico e cítrico, porém este ácido diminui com o amadurecimento, dando lugar ao ácido málico como o mais importante (Bleinroth, 1985). O amadurecimento duplica, em alguns casos triplica, a acidez do fruto (Turner, 2001); o pH da polpa apresenta comportamento inverso ao da acidez (Palmer, 1971).

O “Ratio” (SS/AT) também aumenta durante o amadurecimento dos frutos em decorrência do aumento no teor de sólidos solúveis e da variação na acidez, cujos valores encontra-se em 13,52 no fruto verde e 59,58 no fruto maduro (Pinto, 1978; Rossignoli, 1983; Carvalho, 1984).

A coloração da casca é um importante fator na determinação da qualidade da banana a ser comercializada (Palmer, 1971; Ryall & Pentzer, 1974). Durante o amadurecimento a mais flagrante modificação é o amarelecimento da casca. A clorofila que confere a coloração verde à casca da banana no estágio pré-climatérico, é rapidamente degradada, dando lugar aos carotenóides, pigmentos amarelos que caracterizam a banana madura (Vilas Boas et al., 2001)

Vilas Boas et al. (2001), afirmam que normalmente, não se observa síntese de carotenóides durante o amadurecimento de bananas, mas o seu desmascaramento durante a degradação das clorofilas. A idade dos frutos na colheita, bem como no próprio cacho (posição das diferentes pencas) estabelece um gradiente no desenvolvimento de coloração da casca sob condições naturais de amadurecimento (Lizada et al., 1990).

A firmeza da banana deve ser medida, uma vez que a mesma é um atributo de qualidade de grande importância para o consumidor (Carvalho, 1984). O amaciamento da polpa da banana está intimamente relacionado com a degradação de polissacarídeos pécnicos e hemicelulose, bem como o amido (Kojima et al., 1994; Pantastico et al., 1975).

Após a colheita o processo de perda hídrica continua, com a agravante de não poder mais ser repostada pela planta-mãe, portanto, a perda d'água pode ser um dos principais determinantes para perda de massa e deterioração do fruto (Sigrist, 1992). A perda de umidade ocorre através dos estômatos presentes na casca da banana. Em decorrência da transpiração, o fruto perde peso durante o armazenamento e transporte (Palmer, 1971; Simmonds, 1973), a transpiração também é responsável pela perda de aparência e textura (Honório & Moretti, 2002).

A relação polpa/casca em banana é denominada “coeficiente de amadurecimento”, uma vez que aumenta à medida que o fruto amadurece (Vilas Boas et al., 2001). Durante o amadurecimento da banana observa-se um aumento no peso da polpa devido a um incremento no seu teor de umidade, sendo que esta água é obtida a partir da casca, e provavelmente também do engaço (Lizada et al., 1990).

De acordo com Charles & Tung (1973); Lustre et al. (1976) o aumento na relação polpa/casca também está relacionado com a concentração diferenciada de açúcares nos dois tecidos. Com o amadurecimento da banana é mais significativa a remoção de água da casca, pelo aumento da pressão osmótica. Este aumento está relacionado com o aumento na concentração de açúcar como consequência da hidrólise do amido (Ryall & Lipton, 1972).

A perda de umidade da casca além de ser determinada por forças osmóticas também o é por forças transpiracionais (Lizada et al., 1990).

A degradação do amido é uma das características mais marcantes durante o processo de amadurecimento de frutos climatéricos (Konish et al., 1991). Na polpa da banana, a mudança mais marcante é a conversão de amido em açúcares (Forsyth, 1980). À medida que o amido é hidrolisado, observa-se um incremento nos teores de açúcares solúveis totais que torna os frutos maduros, doces. Os principais açúcares na polpa de banana madura são glicose, frutose e sacarose (Vilas Boas et al., 2001).

Entre 20 e 25% da polpa do fruto verde fresco é amido. Durante o processo de amadurecimento, este amido é hidrolisado quase que completamente, sendo que a polpa madura passa a ter entre 1 e 2% de amido. Os açúcares que constituem normalmente 1 a 2 % da polpa das bananas verdes, aumentam para 15 a 20 % na polpa madura (Marriot & Palmer, 1980), refletindo nas características organolépticas (Palmer, 1971).

O potássio atua como ativador enzimático e participa de processos como a abertura de estômatos, fotossíntese, transporte de carboidratos e respiração (Malavolta et al., 1997). Importante na produção de cachos e pencas e na qualidade e resistência dos frutos, acelerando o seu desenvolvimento e a maturação (Lahav & Turner, 1983).

Segundo Bleinroth (1990), os sais minerais apresentam pequena variação durante a maturação da fruta, sendo seus teores na banana verde um pouco maiores do que no fruto maduro. A banana é considerada como uma importante fonte de potássio e de acordo com o mesmo autor, a concentração desse mineral na fruta madura é de 350-400 mg 100g⁻¹ de matéria seca, o que corresponde a 0,35-0,40%. Para banana 'Nanica', Moreira (1987) apresenta um valor de 881 mg 100g⁻¹ de polpa ou 0,88%.

2.2 Armazenamento refrigerado

As condições externas as quais os frutos são submetidos logo após a colheita afetam diretamente o tempo de vida útil e o seu comportamento respiratório (Medina et al., 1978).

A temperatura é um fator de grande importância na preservação da qualidade de frutas e hortaliças, não só pela influência que exerce na atividade respiratória, como também pela sua influência sobre a velocidade de crescimento microbiano (Bolin & Huxsol, 1989).

Segundo Castro & Sigris (1988), a respiração pode ser diminuída por meio da diminuição da temperatura e da modificação da atmosfera de conservação das frutas, aumentando assim a vida pós-colheita.

A vida de prateleira pode ser prolongada pelo controle de doenças pós-colheita, regulação de atmosfera, tratamentos químicos, irradiação e refrigeração. A refrigeração é um método eficiente para armazenamento de frutas e vegetais por longos períodos. Todos os outros métodos de regulação do amadurecimento e deterioração são, na melhor das hipóteses, apenas métodos suplementares às baixas temperaturas (Clemente, 1999).

Chitarra & Chitarra (1990) citam que as condições ideais de armazenamento variam largamente de produto para produto, e correspondem às condições ideais nas quais estes podem ser armazenados pelo maior espaço de tempo possível, sem que haja perda apreciável de seus atributos de qualidade tais como: sabor, aroma, textura, cor e conteúdo de umidade. De acordo com Cereda (1983), todos estes fatores tornam os frutos mais desejáveis ao aspecto que apresentam, o qual pode ser melhorado pela conservação e embalagem.

A redução de temperatura diminui a respiração e atrasa a senescência, por desacelerar o metabolismo. Nos frutos refrigerados a taxa metabólica deve ser mantida a um nível mínimo suficiente para manter as células vivas, porém de forma a preservar a qualidade comestível, durante todo o período de armazenamento (Wiley, 1997).

Dentro da faixa de temperatura de 0°C a 30°C, a cada 10°C de aumento na temperatura, a velocidade respiratória pode duplicar, triplicar ou mesmo quadruplicar. O calor acelera a respiração e, conseqüentemente, promove a degradação da qualidade de frutas e hortaliças. Por esse motivo utiliza-se a tecnologia de resfriamento para diminuir o calor do produto e do ambiente onde este se encontra (Cortez et al., 2002).

A utilização de baixas temperaturas no armazenamento reduz os processos de amadurecimento e envelhecimento precoce das frutas e retarda o desenvolvimento dos microrganismos que possam estar presentes (Coelho, 1994).

Chitarra & Lajolo (1985), estudando os aspectos biológicos e químicos da banana-marmelo (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*, gr. ABB), em três diferentes temperaturas, estabeleceram que as temperaturas de 25°C e 30°C provocaram uma aceleração nas reações metabólicas, adiantando o processo de amadurecimento em 16 e 16,5 dias respectivamente, em relação a 20°C.

O tempo de conservação para vegetais resfriados depende das condições de processamento e estocagem. Na estocagem de um produto é muito importante que as oscilações de temperatura sejam reduzidas o quanto possível (Clemente, 1999).

Para frutas e hortaliças existe grande variação na temperatura ótima de refrigeração (Wiley, 1997). Quando o produto é submetido a temperaturas fora de sua faixa fisiológica aceitável, seu metabolismo é alterado e seus tecidos são danificados. A banana é suscetível a injúrias por resfriamento à 12°C ou temperatura mais baixas, sendo passível de escurecimento da polpa e da casca, coloração pálida e o não amadurecimento do fruto, restringindo-se a faixa ótima de temperatura de armazenamento variando de 13°C a 15°C e umidade relativa mínima de 85% (Botrel et al., 2001).

A gravidade da injúria por frio é diretamente proporcional à temperatura de armazenamento e ao tempo de exposição às condições inadequadas: quanto mais abaixo da temperatura crítica estiver armazenado o produto, mais rapidamente irá surgir e mais grave será a injúria, bem como quanto maior o tempo de exposição, maior a gravidade da desordem (Hobson, 1987).

A conservação de banana em câmaras de refrigeração é geralmente empregada para atender ao abastecimento dos centros consumidores e dos problemas de transporte (Ryall & Pentzer, 1974).

2.3 Climatização

A banana é comercializada quando os frutos ainda estão verdes. Os frutos não podem ser colhidos maduros por não resistirem ao transporte, não se conservarem e serem menos saborosos (Simão, 1998).

A fruta destinada ao mercado “in natura” ou à indústria, deve apresentar padrão de qualidade e características próprias para a comercialização, com maturação uniforme (Rocha, 1984).

A banana colhida próximo ao seu completo desenvolvimento fisiológico amadurece, muitas vezes, de forma desuniforme em vista da formação do fruto em pencas, com diferentes idades, geralmente 10 a 15 dias, em função do florescimento e do desenvolvimento da fruta (Rocha, 1984). Para homogeneizar o lote e proporcionar um amadurecimento mais rápido dos frutos, utiliza-se o processo de climatização. Esse processo consiste em colocar os frutos em câmaras herméticas com introdução de gases ativadores de amadurecimento (Botrel et al., 2001).

Segundo Botrel et al. (2001), a instalação de câmaras de amadurecimento é uma prática de cooperativas, grandes produtores e das próprias centrais de abastecimento onde o amadurecimento de banana é uma operação de rotina.

O processo de amadurecimento é feito com o devido controle de temperatura e umidade relativa, utilizando-se gases ativadores do amadurecimento, com o

controle de oxigênio e do gás carbônico, o que permite conseguir um fruto de excelente qualidade e que mantenha as características químicas e fisiológicas desde o processo de amadurecimento até a chegada ao consumidor final (Manica, 1998).

Manica (1998) afirma que a eficiência do processo de climatização está associada à *temperatura*, sendo a temperatura ideal das bananas destinadas ao consumo “in natura” de 18°C; *umidade relativa*, em torno de 90 a 95% nos primeiros estádios de maturação e depois 80 a 85%, para evitar-se o desenvolvimento de fungos e ruptura da casca; *circulação do ar e exaustão*, a elevação da concentração de CO₂ nas câmaras pode prejudicar a boa coloração da fruta, impedindo a transformação da cor da casca verde em amarela, tornando a polpa mole e madura, sendo necessário ventilar-se a câmara para a remoção do ar; *gases ativadores do amadurecimento*, que pode ser o monóxido de carbono, etileno, acetileno, azetil e etil-5 (marcas comerciais da mistura de 5,5 % de etileno, com 94,5% de nitrogênio).

O efeito do gás é constatado somente na fase pré-climatérica, pois, depois de iniciada a ascensão climatérica, não tem mais ação sobre a fruta. O mesmo ocorre depois do ponto máximo do climatérico. Na câmara de climatização, formam-se gases liberados pela respiração do fruto, que devem ser removidos através da exaustão, pela abertura das portas da câmara (Botrel et al., 2001). O processo de exaustão deve ser realizado após 12 horas da primeira aplicação do gás, e depois, a cada 24 horas (Bleinroth, 1984).

A banana climatizada deve chegar às mãos do consumidor 30 horas após a saída da câmara e só estará adequada ao consumo quando completar 48 horas da climatização (Botrel et al., 2001).

2.4 Irradiação em alimentos

O uso da técnica de irradiação para conservação de alimentos, por si só, não soluciona todos os problemas de perdas, porém pode desempenhar um papel importante na sua redução, além de oferecer uma importante alternativa para a diminuição da dependência de pesticidas químicos, que são potencialmente prejudiciais ao homem e ao meio ambiente (Artés, 1995).

De acordo com Kader (1986) a irradiação, como forma de conservação, deve ser complementar a refrigeração e outros métodos pós-colheita. A irradiação é uma tecnologia efetiva, de amplo espectro e que não deixa resíduo. Ela controla a infestação por insetos, inibe a germinação de tubérculos e prolonga a vida de produtos perecíveis (Tape, 1996).

O'beirne (1989) citado por Vieites (1998), afirma que no processo de irradiação de alimentos apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer contaminação radioativa. As doses de irradiação são quantificadas em termo de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de um gray (Gy) corresponde à absorção de um joule por quilograma. As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0.1 kGy e 7.0 kGy.

Segundo o Grupo Consultivo Internacional Sobre Irradiação de Alimentos (1991), a sala de irradiação consiste em uma câmara central de paredes de concreto e portas desenhadas para impedir a liberação de irradiação quando as mesmas não estão lacradas. Uma das melhores blindagens contra a irradiação é a água, que absorve a energia da radiação e protege os operadores da exposição quando precisam entrar na câmara. Quando a fonte de

irradiação não se encontra em uso, ela é mantida dentro de uma piscina de armazenamento. Nos irradiadores gamas se utilizam como fonte o ^{60}Co Cobalto ou, mais recentemente, ^{137}Cs Césio.

O tratamento envolve a exposição do produto a uma fonte de radiação, ou seja, a uma fonte de isótopos, utilizando ^{60}Co Cobalto ou ^{137}Cs Césio. O produto é exposto por um período suficiente para que ocorra absorção de uma dose requerida de raios gama ou raios X (Chitarra & Chitarra, 1990).

A fonte de ^{60}Co Co é a que tem maior aceitação por se apresentar na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando maior segurança ambiental (Ehlermann, 1990). Estes elementos se desintegram com o tempo transformando-se em níquel e bário, respectivamente, ambos não radioativos.

As radiações podem ser ondas eletromagnéticas de alta energia (raios gama e raios x), ou elétrons acelerados. A interação dessas ondas com a matéria desencadeará uma série de ionizações. Nessas interações, os fótons transferirão parte de sua energia ionizando a matéria, esses elétrons liberados transferirão sua energia aos átomos e moléculas dispostos ao longo do caminho, até perder energia e cessar o processo. Dessa forma, os efeitos biológicos, de maior ou menor gravidade conforme o organismo ou tecido irradiado, serão conseqüências das alterações físico-químicas no meio intracelular exposto á radiação ionizante (Biral, 2002).

De acordo com o mesmo autor, as radiações ionizantes podem ter “ação direta” atingindo diretamente o alvo, provocando aí os danos, ocorrendo alterações químicas das macromoléculas. Porém estima-se que 70% dos efeitos biológicos ocorrem pela “ação indireta” das radiações, as quais atingem principalmente as moléculas de água, dando origem tanto a espécies moleculares (como o H_2 e o H_2O_2) como a radicais livres.

Deste modo, um grande número de novos produtos como (H_2O , H_3O^+ , OH^-) podem aparecer, os quais, em conjunto com os produtos intermediários, são responsáveis pelos efeitos indiretos das radiações, em se tratando de frutas e hortaliças, uma série de alterações nos componentes responsáveis pelas características físicas, físico-químicas, organolépticas e microbiológicas (Vieira, 1995).

De acordo com Tape (1996) a irradiação é um processo físico, e não químico, portanto não deixa resíduo; preserva alimentos sólidos, da mesma forma que a pasteurização preserva produtos líquidos; inibe brotamentos e amadurecimento, reduz podridões e microrganismos patogênicos, infestação de parasitas e insetos e não altera a temperatura natural do produto. A irradiação pode complementar outras tecnologias, especialmente a refrigeração e pode ser feita depois do produto ter sido embalado, o que reduz a possibilidade de recontaminação.

O fator chave na irradiação é a dose, que é a quantidade de energia absorvida pelo produto. Respeitando-se as doses recomendadas e utilizando as fontes adequadas, não há radioatividade induzida nos alimentos (Osion, 1998).

Segundo Del Mastro (s.d.) no Brasil, estabelecida desde 1973, a irradiação de alimentos só foi regulamentada em 1985, por uma portaria da Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de alimentos (DINAL) do Ministério da Saúde. É esta portaria que estabelece as doses de radiação que os alimentos devem sofrer, de acordo com o objetivo. Já a Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN é a encarregada de aprovar as instalações e equipamentos para a irradiação e fazer o controle de segurança.

As pesquisas de opinião realizadas em vários países ocidentais, tendem a indicar que a maioria dos consumidores não estaria disposta a comprar alimentos irradiados.

Os consumidores mal informados nunca distinguem a diferença entre alimentos irradiados ou contaminados por radionuclídeos (Grupo Consultivo Internacional Sobre Irradiação de Alimentos, 1991).

São muitas as variáveis que afetam o custo de processamento de alimentos, como a embalagem, frigoconservação, pasteurização, refrigeração, fumigamento e também a irradiação. Há estimativas de que os custos de irradiação variam entre US\$ 10 e 15 por tonelada, para uma dose baixa de aplicação, por exemplo, em batatas e cebolas, visando impedir a brotação; e entre US\$ 100 a 250 para assegurar a higiene de temperos. Estes custos foram considerados competitivos com tratamentos alternativos, podendo, em alguns casos, ser até mais baixos (Grupo Consultivo Internacional Sobre Irradiação de Alimentos, 1991).

A irradiação gama em baixas doses tem sido utilizada para retardar o processo de amadurecimento e senescência, prolongando a vida pós-colheita de bananas. Níveis ótimos de radiação retardam o início da ascensão climatérica, bem como a ocorrência de picos de respiração e C_2H_4 , porém essas doses ótimas e a máxima que os frutos podem tolerar dependem dos cultivares e das áreas geográficas cultivadas (Thomas, 1986).

As pesquisas em irradiação de alimentos se iniciaram no começo do século, quando se pretendia conhecer o efeito dos raios X, como bactericidas, em alimentos. Contudo, foi só após a segunda Guerra Mundial, sob o patrocínio do exército dos Estados Unidos, que se iniciaram pesquisas sobre a utilização da irradiação gama em alimentos para o consumo humano, em larga escala (Agrianual, 2001).

O primeiro pesquisador a estudar os efeitos das irradiações no amadurecimento de bananas foi Brownell (1951-1952), citado por Thomas (1986). Nesse estudo usando raio-X, o autor mostrou que a irradiação com doses entre 10 e 1000 krep

diminuiu a taxa de amolecimento dos frutos mas aumentou o escurecimento da casca. Após 30 dias os frutos irradiados com dose de 150 krep mostraram-se mais consistentes do que as frutas irradiadas com 50 ou 100 krep, mas o escurecimento ocorreu nas três doses.

Manalo et al. (1969) observaram após irradiarem bananas do cultivar Lacatan, com doses 0-15-25-50 krad, que os teores de amido diminuíram em todos os tratamentos, mas os frutos irradiados com 15 e 25 krad apresentaram teores maiores do que o controle.

Frutos irradiados no pré-climatérico a doses de 0.15 a 0.50 kGy apresentam retardo no amadurecimento, sem afetar a qualidade dos mesmos, já doses maiores que 0.5 kGy determinam escurecimento e rachaduras nas cascas (Thomas et al., 1971).

Strydom et al. (1991) observaram que doses acima de 0,2 kGy determinaram o desenvolvimento da cor e mudanças na produção de etileno e CO₂ indesejáveis e colapso na estrutura da casca, resultando em danos ao tecido.

Vilas Boas (1995), irradiando banana 'Prata' com doses 0,0 kGy; 0,25 kGy e 0,50 kGy, a uma taxa de dose de 1kGy h⁻¹, concluiu que a coloração e as características visuais dos frutos não foram afetadas, aparentemente, pela radiação gama.

Os frutos de banana 'Prata' em único grau de maturidade, irradiados com doses de 0,50; 0,75 e 1,00 kGy e mantidos em condições ambientes proporcionaram, em relação ao desenvolvimento da cor, aumento no período de conservação entre 3 e 4 dias, com maior aumento para dose 1,00 kGy. Doses de 0,25 e 1,00 kGy, associadas ao armazenamento em câmara fria, provocaram ligeira diminuição da relação polpa/casca, do grau de amolecimento e da hidrólise do amido, proporcionando aumento no período de conservação entre 1 e 2 dias (Vieira, 1995).

Domarco et al. (1996) trabalhando com frutos do cultivar Nanica irradiados a 0,0, 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 kGy , armazenados à 17°C com e sem embalagem e à temperatura ambiente sem embalagem, concluíram que o melhor processo para a conservação de bananas do cultivar Nanica foi a irradiação com 0,2 kGy a 17°C, com a utilização de embalagem, conservando os frutos por até 42 dias.

Thomas (1986) estabeleceu que para a irradiação gama inibir o amadurecimento da banana, os frutos devem ser tratados ainda no pré-climatérico e constatou ainda que o estágio fisiológico também determina a capacidade do fruto em resistir a doses maiores da irradiação.

As razões pelas quais a irradiação desperta interesse dos diversos países estão relacionadas com as grandes perdas de alimentos que ocorrem constantemente como consequência da infestação, contaminação e decomposição, a crescente preocupação com respeito às doenças transmitidas pelos alimentos e o aumento do comércio internacional de produtos alimentícios sujeitos às normas de exportação rígidas em matéria de qualidade e de quarentena. O seu uso apresenta alguns inconvenientes, uma vez que dependendo da dosagem utilizada, pode provocar escurecimento e amaciamento anormal, perda do aroma e sabor, além de ser uma tecnologia relativamente cara (Grupo Consultivo Internacional Sobre Irradiação de Alimentos, 1991).

O futuro da irradiação no Brasil dependerá do propósito para o qual será utilizada, seja na exportação ou no mercado interno. O processo de irradiação só será útil para a obtenção de produtos de maior qualidade e não para a reversão de um estado de qualidade ruim para bom (Agrianual, 2001).

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Origem, colheita e preparo dos frutos.

Foram utilizadas bananas dos cultivares Prata e Nanica, adquiridos na Fazenda Shangri-lá, cidade de Bauru- SP, localizada a 22°21'S, longitude 49°01'W e altitude de 630 metros, com precipitação anual de 1680mm ano⁻¹, temperatura média anual de 23°C e solo classificado como latossolo vermelho escuro, provável origem arenito Bauru com segmento Marília.

Os cachos foram colhidos manualmente, quando os frutos estavam com 32 mm de diâmetro e apresentando coloração verde. A colheita foi realizada pela manhã, os cachos foram transportados para o barracão de embalagem da própria fazenda e pendurados em ganchos (Figura 1), iniciando imediatamente a operação de despencamento (Figura 2), constituindo buquês (pencas de 6 frutos) da segunda penca, que foram imersos em tanques com água e detergente neutro (Figura 3), para a retirada dos restos florais e para a eliminação do látex. A seguir os frutos foram acondicionados em caixas plásticas, perfazendo 228 buquês de 'Prata' e 228 buquês de 'Nanica', constituindo dois experimentos. No mesmo dia, as



Figura 1. Transporte dos cachos em ganchos.



Figura 2. Despencamento dos cachos.



Figura 3. Lavagem das pencas com detergente neutro.

caixas contendo o produto foram levadas para a câmara de amadurecimento da própria fazenda (Figura 4). O processo de climatização (amadurecimento artificial) foi utilizado para simular as condições reais de comercialização do produto. A quantidade utilizada de gás ativador do amadurecimento MIX2000 (82% etileno hidratado e 18% fenil sov) foi de 0.9 litros dia⁻¹, durante três dias; à temperatura de 18°C, com um volume de câmara de 10m³; umidade relativa entre 80-90%, exaustão de 20 minutos a cada 12 horas.



Figura 4. Câmara de climatização da Fazenda Shangri-lá

3.2 Tratamentos pós-colheita do primeiro e segundo experimentos

As bananas saíram da câmara de amadurecimento no final da terceira noite. A seguir foram transportadas até a EMBRARAD (Cotia –SP), onde as frutas foram submetidas aos tratamentos com diferentes doses de irradiação com ^{60}Co no irradiador tipo “JS7500”, com taxa de dose de 1.7 kGy h^{-1} (Figura 5). O transporte foi realizado durante a madrugada, para que não houvesse estresse no produto pela elevação da temperatura, já que o meio de transporte não foi refrigerado.

As bananas ‘Nanica’ e ‘Prata’ foram submetidas a 6 tratamentos (doses de irradiação):

T1- testemunha (0,0 kGy)

T2 - 0,2 kGy (7.0 minutos de exposição à fonte)

T3 - 0.4 kGy (14.0 minutos de exposição à fonte)

T4 - 0.6 kGy (21.0 minutos de exposição à fonte)

T5 - 0.8 kGy (28.0 minutos de exposição à fonte)

T6 – 1.0 kGy (35.0 minutos de exposição à fonte)

Após o término desta operação, as frutas foram no mesmo dia transportadas para Botucatu-SP e armazenadas na câmara fria do Departamento de Química, Instituto de Biociências-UNESP, durante 12 dias para as bananas ‘Prata’ (Figura 6) e 21 dias para as bananas ‘Nanica’ (Figura 7), à temperatura de $14 \pm 1^\circ\text{C}$ com 80 a 85% de umidade relativa. As análises físicas, físico-químicas e químicas foram realizadas no laboratório do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da FCA-UNESP.



Figura 5. Bananas para irradiar na EMBRARAD.



Figura 6. Bananas 'Prata' armazenadas a 14°C.



Figura 7. Bananas 'Nanica' armazenadas a 14°C.

3.3 Análises físicas, físico-químicas e químicas

Cada experimento foi sub-dividido em dois grupos: grupo controle (não destrutivo) e o grupo parcela (destrutivo)

3.3.1. Grupo controle

Foram utilizados 60 buquês para o grupo controle (não destrutivo), onde foram analisadas a cada 1 e 2 dias, respectivamente, para a banana 'Prata' e banana 'Nanica'; perda de massa fresca, coloração da casca, incidência de doenças, respiração e conservação pós-colheita.

3.3.1.1. Perda de massa

Foi obtida em porcentagem por pesagem direta (considerando o peso inicial de cada unidade) e calculada a cada 1 dia para a banana 'Prata' e a cada 2 dias para a banana 'Nanica'. A balança utilizada foi da marca Owlabor - carga máxima de 2000g e divisão de 10 mg.

3.3.1.2. Coloração da casca

A avaliação de coloração foi feita baseada numa escala subjetiva de notas, variando de 1 a 8.

1= totalmente verde; 2= verde; traços de amarelo; 3= mais verde que amarelo; 4= mais amarelo que verde; 5= amarelo, pontas verdes; 6= totalmente amarelo; 7=

amarelo com leves manchas marrons e 8= amarelo com aumento de áreas marrons (Bleinroth, 1990).

3.3.1.3. Respiração

A curva de respiração foi obtida pela avaliação dos frutos a cada 2 dias para banana 'Nanica' e a cada 1 dia para banana 'Prata'. A determinação da taxa de respiração, feita de forma indireta, foi efetuada em respirômetro, pela medida do CO₂ liberado, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth et al. (1976).

A taxa de respiração das bananas 'Prata' e 'Nanica', medida em respirômetro, foi calculada pela seguinte fórmula:

$$T_{CO_2} = \frac{2.2 \times (B-A) \times V_1}{P \times T \times V_2}, \text{ onde:}$$

T_{CO_2} = Taxa de respiração em ml de CO₂ Kg de fruta⁻¹ hora⁻¹;

B= Volume gasto em ml de HCl padronizado para a titulação de hidróxido e potássio-padrão antes da absorção de CO₂;

A= Volume gasto de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio após a absorção de CO₂ da respiração;

V_1 = Volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO₂ (ml);

P= Massa dos frutos (kg);

T= Tempo das reações metabólicas (hora);

V_2 = Volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação (ml);

2.2 = devido ao equivalente de CO₂ (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico a 0,1 N.

3.3.1.4. Conservação pós-colheita

A conservação pós-colheita dos frutos foi avaliada em função de sua qualidade comercial, sendo expressa pelo número de dias em que os frutos se conservaram.

3.3.1.5. Índice de doenças

A evolução da incidência de patógenos foi acompanhada através da avaliação dos sintomas e sempre que observada infecção, o material foi levado para o Departamento de Defesa Fitossanitária –FCA/UNESP, para identificação.

3.3.2. Grupo parcela

Em ambos os experimentos foram utilizados 3 buquês por tratamento, por dia de avaliação, a qual para banana ‘Prata’ foi feita a cada 1 dia e para a banana ‘Nanica’ a cada 2 dias de armazenamento, a partir dos quais foram realizadas:

3.3.2.1. Firmeza

A firmeza foi medida nos frutos inteiros com casca e sem casca, em um ponto, em cada três dedos de cada buquê, na região mediana dos frutos, utilizando-se Texturômetro Stevens-LFRA Texture Analyser, com a ponta de prova TA 9/1000. A profundidade de penetração foi de 20mm, com velocidade de 2,0 mm s⁻¹, sendo os resultados expressos em grama-força (gf cm⁻²).

3.3.2.2. Sólidos Solúveis

Leitura refratométrica direta em graus Brix, a 20°C, em três amostras, com o refratômetro tipo Abbe, marca ATAGO - N1, conforme metodologia de Tressler & Joslyn (1961).

3.3.2.3. Acidez Titulável

Expresso em g de ácido málico 100g⁻¹ amostra, determinado em três amostras da titulação de 5 gramas de polpa homogeneizada e diluída para 95 ml de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0.1 N, tendo como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.3.2.4. “Ratio”

Foi obtido através da relação entre os “sólidos solúveis” e a “acidez titulável”.

$$R = SS/AT$$

3.3.2.5. pH

Foi mensurado no extrato dos frutos homogeneizados utilizando-se o potenciômetro da marca Digimed DMPH – 2, conforme técnicas recomendadas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.3.2.6. Relação polpa/casca

A relação polpa/casca foi obtida pela divisão do resultado da diferença entre o peso de cada fruto e o peso da casca.

3.3.2.7. Açúcares Redutores e Amido

Para a determinação dos teores de açúcares redutores e amido, a metodologia utilizada foi a descrita por Somogyi, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Micronal B 382, sendo a leitura realizada a 535 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.3.2.8. Potássio

A determinação de potássio foi feita pelo método de Sarruge & Haag (1974), baseado na extração por digestão nitroperclórica e doseamento por fotometria de chama.

3.3.2.9. Análise sensorial

As análises sensoriais foram realizadas por uma equipe de onze degustadores, aos 3, 9, 15 e 21 dias de armazenamento para a banana 'Nanica' e aos 2, 6 e 12 dias para a banana 'Prata'. As amostras foram preparadas com os frutos após serem descascados e cortados em rodela, apresentando-os em pratos plásticos brancos devidamente codificados com números de três dígitos, dispostos em seqüência aleatória, de acordo com as

indicações de Moraes (1985), para avaliação de sabor, textura e aroma, de acordo com a Tabela 29 (em anexo) contendo uma escala de notas.

3.4 Delineamento experimental dos dois experimentos

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e dez repetições para as análises do grupo controle, três repetições para as análises do grupo parcela e onze repetições para análise sensorial. Para comparação entre as médias, foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com as recomendações de Gomes (1987).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeiro Experimento – Banana ‘Prata’

4.1.1. Perda de massa

Os frutos de todos os tratamentos sofreram progressiva perda de massa fresca durante o armazenamento, fato este comprovado pela diferença estatística verificada pelos tratamentos nos dias de armazenamento (Tabela 1). Nota-se que a partir do 4º dia do experimento ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, evidenciando que os frutos irradiados com doses acima de 0,4kGy apresentaram valores de perda de massa inferiores ao da testemunha e da dose 0,2 kGy. Dados estes, discordantes de Vieira (1995), que não observou diferença estatística na perda de massa entre bananas irradiadas e não irradiadas.

Ao longo do período de armazenamento comprava-se que as maiores doses aplicadas foram responsáveis pelas menores perdas de massa, ressalta-se ainda que a dose 0,6 KGy foi mais eficiente no controle de perda de massa. Esse fato pode-se refletir no

Tabela 1. Valores médios percentuais da perda de massa fresca das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	1,27 a F	5,17 a E	10,01 a D	11,91 a C	14,30 a B	17,92 a A	10,94
0,2kGy	1,04 a E	4,40 ab D	8,30 b C	10,25 b C	14,29 a B	18,86 a A	23,39
0,4kGy	0,75 a E	3,24 cd D	6,68 c C	8,03 c C	11,27 b B	14,41 b A	14,43
0,6kGy	0,66 a F	2,83 d E	5,89 c D	6,99 c C	9,42 b B	11,71 b A	9,93
0,8kGy	1,22 a E	3,66 bc D	6,78 c C	8,00 c C	10,22 b B	12,53 b A	16,42
1,0kGy	0,82 a F	3,29 cd E	6,31 c D	7,58 c C	9,95 b B	12,22 b A	8,09
CV(%)	55,02	16,32	13,06	10,87	12,86	14,75	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

aspecto comercial da banana, pois sua comercialização, geralmente, dá-se por meio de sua massa (Santos, 2003).

As perdas de massa encontradas em bananas são bastante variáveis, em decorrência das diferenças nas condições experimentais utilizadas por vários autores, por exemplo, Peacock (1980) encontrou valores para bananas sem embalagem, com 95% de umidade relativa e 13,9-32,3°C de 4,1 a 8,6% de perda de massa. Contudo o valor de perda de massa fresca, encontrado para o tratamento 0,6 kGy (11,71%), no final do período de armazenamento, está acima dessa faixa de variação. Utilizando-se dessa faixa de perda como aceitável, todos os tratamentos, excluindo a testemunha, mantiveram-se em condições de consumo até o 6º dia de armazenamento.

4.1.2. Coloração

Como se pode observar na Tabela 2, os frutos já se encontravam no grau de coloração 5 (amarelo com pontas verdes) no início do período de armazenamento, devido provavelmente, ao fato das bananas terem sido climatizadas e não ao uso da irradiação.

Tabela 2. Variação média na coloração das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	5,20 a C	6,40 ab B	7,70 a A	7,80 a A	8,00 a A	8,00 a A	5,57
0,2kGy	5,10 a C	6,50 ab B	7,80 a A	8,00 a A	8,00 a A	8,00 a A	5,91
0,4kGy	5,10 a D	6,30 b C	7,00 b B	7,00 b B	7,30 b B	7,80 a A	5,02
0,6kGy	4,70 a C	6,60 ab B	7,00 b B	7,00 b B	7,10 b B	7,80 a A	4,62
0,8kGy	5,00 a C	7,10 a B	7,20 b B	7,20 b B	7,30 b B	7,80 a A	5,92
1,0kGy	4,90 a C	6,90 ab B	7,20 b B	7,20 b B	7,40 b B	7,98 a A	5,78
CV(%)	7,89	8,00	4,89	4,05	4,96	4,37	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os frutos do tratamento 0,8 kGy atingiram o grau de coloração 7 (amarelo com leves manchas marrons) no 4º dia de armazenamento, mas depois permaneceram constantes até o final do período. A partir do 4º dia, onde ocorreu diferença estatística entre os tratamentos irradiados, constata-se que a dose 0.4 kGy apresentou o menor valor para coloração enquanto que a dose 0,2 kGy seguida pela testemunha propiciaram aumento na coloração das frutas, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos do 4º ao 10º dias.

Ao final dos 12 dias, todos os tratamentos encontravam-se estatisticamente no mesmo grau de coloração 8 (amarelo com o aumento das áreas marrons), significando que os frutos já se encontravam em senescência. A partir da dose 0.6kGy foram verificadas a ocorrência de manchas bronzeadas e rachaduras nas cascas das bananas. Vieira (1995) observou esse mesmo fato irradiando bananas ‘Prata’ com doses acima de 0,5 kGy e grau de cor 4 ou 5.

4.1.3. Respiração

O comportamento respiratório apresentado na Figura 8, indica que os frutos possuem padrão climatérico de respiração, observação concordante com o estabelecido para outros cultivares (Palmer, 1971; Abdullah et al., 1990).

Os picos climatéricos foram verificados no 12º dia de armazenamento para os frutos dos tratamentos 0,6; 0,8 e 1,0 kGy, com valores de 116,95; 109,25 e 73,04 ml de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ respectivamente, no 10º dia de armazenamento para a dose 0,4 kGy com valor de 93,95 ml de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, no 8º dia para a testemunha com valor de 92,41 ml de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e para a dose 0,2 kGy o pico foi atingido já no 2º dia de armazenamento com valor de 84,06 ml de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Os valores observados neste experimento estão de acordo com a amplitude apresentada por Palmer (1971) e Vilas Boas (1995) de 60 a 250 ml de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ bem como o aumento de 4 a 10 vezes entre a fase pré-climatérica e o pico climatérico.

A maioria dos tratamentos, com exceção da dose 0,2 kGy, atingiram a ascensão respiratória na passagem do grau 7 para 8 de coloração, quando a modificação na coloração da casca, de verde para amarelo, já havia acontecido.

Strydom e Whitehead (1990), observaram efeito supressivo da radiação de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 kGy sobre a produção de CO_2 para cultivares do subgrupo Cavendish, fato comprovado em parte nesse experimento, pois se verificou que as doses de 0,4; 0,6 e 0,8 kGy demoraram mais para atingir o pico climatérico em relação à testemunha e dose de 0,2 kGy, mas não reduziram a taxa de respiração que ficou entre 93,95 e 116,95 ml de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Entretanto a dose de 1,0 kGy apresentou comportamento semelhante ao citado

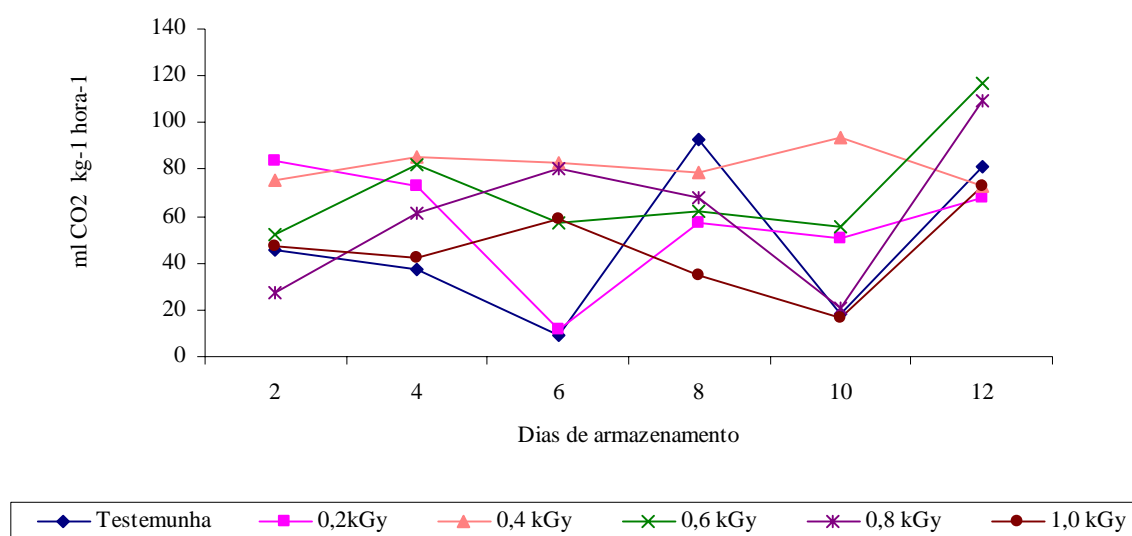


Figura 8. Taxa respiratória das bananas (ml de CO₂ kg⁻¹ hora⁻¹) 'Prata', submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

pelos autores, já que além de estender a fase pré-climatérica conseguiu diminuir a taxa respiratória em relação a todos os outros tratamentos atingindo 73,04 ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

4.1.4. Conservação pós-colheita

Analisando a Tabela 3 verificou-se que o período máximo de dias em que os frutos mantiveram-se em condições aceitáveis de comercialização foi de 10 dias. O período de conservação foi estatisticamente semelhante entre os tratamentos, apesar disso os frutos da dose 0,4 kGy obtiveram um aumento de 2,4 dias em relação à dose 0,2 e 0,8 kGy.

O aumento do período de conservação das bananas irradiadas em relação à testemunha não foi observado nesse experimento, dados contrários a Vieira (1995), que constatou um aumento de 3 a 4 dias, com maior aumento para a dose de 1,0 kGy.

O tratamento submetido à dose de 1,0 kGy começou a apresentar aspectos de queimado já no 2º dia de armazenamento, enquanto que as doses 0,6 e 0,8 kGy

Tabela 3. Variação média na conservação pós-colheita das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Conservação pós-colheita
Testemunha	8,40 a
0,2 kGy	7,60 a
0,4 kGy	10,0 a
0,6 kGy	9,20 a
0,8 kGy	7,60 a
1,0 kGy	8,40 a
CV (%)	22,64

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

demonstraram esse aspecto a partir do 4º dia armazenamento, dados concordantes com Strydom & Whitehead (1990), que observaram que as doses 0,8 e 1,0 kGy proporcionaram um indesejável escurecimento da casca.

Durante o período de armazenamento não se verificou incidência de doenças em nenhum tratamento.

4.1.5. Firmeza

Verifica-se, pela Tabela 4 (frutas com casca) e 5 (frutas sem casca), que ocorreu diminuição na firmeza dos frutos, durante o período de analisado, dados estes concordantes com Hobson & Harman (1986), no qual relatam que nos frutos climatéricos, o amadurecimento inicia-se com elevação da atividade respiratória, o que acarreta grandes transformações físicas e químicas, dentre elas o amolecimento dos seus tecidos.

A diferença estatística entre as doses, na Tabela 4, é observada a partir do 8º dia de armazenamento, evidenciando que a perda de firmeza ocorreu mais acentuadamente na dose 0,4 kGy que no final do período apresentou valores de perda, em relação ao início do

Tabela 4. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}) das bananas ‘Pratas’, com casca, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	176,78 a A	99,66 a B	61,11 a B	65,56 b B	69,44 a B	57,55 b B	21,63
0,2kGy	186,66 a A	120,45 a B	68,67 a B	69,56 b B	71,33 a B	59,33 ab B	23,35
0,4kGy	230,67 a A	163,00 a B	105,11a C	87,11 ab C	77,56 a C	65,22 ab C	14,80
0,6kGy	209,78 a A	120,11 a B	105,00a B	88,89 ab B	77,55 a B	66,55 b B	23,75
0,8kGy	191,22 a A	132,22 a B	85,11 a C	87,44 ab C	87,22 a C	82,89 a BC	13,90
1,0kGy	210,22 a A	180,00 a A	113,33a B	101,56 a B	109,89 a B	79,89 ab B	15,09
CV(%)	12,11	21,56	27,21	10,93	18,23	18,50	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}) das bananas ‘Pratas’, sem casca, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	69,00 a A	55,55 a AB	43,78 a B	49,11 a B	50,89 a AB	48,78 a B	12,62
0,2kGy	53,00 c A	47,00 a A	42,89 a A	52,78 a A	52,44 a A	44,34 a A	13,71
0,4kGy	59,78 abc A	62,89 a A	53,22 a A	52,22 a A	49,55 a A	45,33 a A	12,51
0,6kGy	65,55 ab A	47,78 a AB	42,89 a B	50,89 a AB	44,78 a AB	43,66 a AB	16,58
0,8kGy	62,89 abc A	60,56 a A	50,22 a A	51,33 a A	52,00 a A	51,67 a A	12,20
1,0kGy	56,00 bc A	74,89 a A	50,56 a A	55,76 a A	59,22 a A	58,22 a A	16,54
CV(%)	7,16	20,88	9,37	15,53	12,59	14,26	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

armazenamento, de cerca de $165,45 \text{ gf cm}^{-2}$, enquanto que a dose 0,8 kGy e a testemunha propiciaram maiores valores 108,33 e $119,13 \text{ gf cm}^{-2}$.

Os resultados obtidos na firmeza, da banana com casca, indicam correlação negativa entre o aumento das doses e a manutenção da firmeza.

Com relação à variação média na firmeza na Tabela 5, pode-se afirmar que ocorreu diferença significativa entre os tratamentos apenas no 2º dia de armazenamento, onde se destacam os maiores valores para o tratamento testemunha, seguido pela dose 0,6 e 0,8 kGy. Após este dia as diferentes doses não tiveram efeito sobre o amolecimento dos frutos

e de acordo com Smith et al. (1990), Chitarra & Chitarra (1990), essa diminuição normal dos valores durante o amadurecimento pode ser associada à degradação do amido e conversão de açúcares, a degradação da parede celular e a solubilização de substâncias pécnicas.

Esses valores encontrados diferem de Thomas et al. (1971) onde detectaram pequeno efeito no amolecimento das bananas irradiadas com doses até 0,5 kGy, enquanto que, a irradiação com 1,0 kGy provocou marcante alteração na firmeza.

4.1.6. Sólidos Solúveis

Os dados da Tabela 6, indicam comportamento semelhante para todas as doses, isto é, há tendência de aumento nos valores de sólidos solúveis a partir do 6º dia de armazenamento, embora com valores absolutos diferentes. Os valores variam entre 12,57 e 21,97 °Brix, respectivamente para a testemunha (2º dia de armazenamento) e para a dose de 0,8 kGy (6º dia de armazenamento), estes valores são semelhantes aos de Vieira (1995) que trabalhando com bananas irradiadas com diferentes doses e diferentes épocas de colheita encontrou teores de até 21°Brix para banana ‘Prata’ madura, e de Rossignoli (1983) e Carvalho (1984).

Os frutos do tratamento testemunha e a dose 0,6 kGy apresentaram pico de sólidos solúveis de 22,57 e 21,57 ° Brix, respectivamente, no 8º dia de armazenamento. As doses 0,8 kGy (21,97 °Brix) e 1,0 kGy (22,93 °Brix) atingiram os maiores valores no 6º dia de armazenamento, enquanto que a dose 0,4 kGy atingiu seu maior valor para sólidos solúveis aos 10 dias de armazenamento. No entanto a dose de 0,2 kGy conseguiu prolongar em 4 dias se pico de sólidos solúveis, em relação à testemunha. Vieira (1995) irradiando banana ‘Prata’

Tabela 6. Variação média do teor de sólidos solúveis das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	17,20 a B	12,57 b C	22,03 a A	22,57 a A	22,13 a A	22,30 a A	3,10
0,2kGy	16,30 ab B	14,93 ab B	22,10 a A	22,33 ab A	22,30 a A	22,57 a A	2,82
0,4kGy	15,60 b B	15,60 ab B	21,30 a A	21,20 bc A	21,77 a A	21,53 a A	3,35
0,6kGy	16,80 ab B	16,83 a B	21,47 a A	21,57 abc A	22,30 a A	22,53 a A	3,34
0,8kGy	16,23 ab B	16,73 a B	21,97 a A	21,63 abc A	21,53 a A	21,17 a A	2,39
1,0kGy	15,70 b B	14,47 ab B	22,93 a A	20,90 c A	21,60 a A	21,47 a A	3,76
CV(%)	2,86	7,51	2,08	2,02	2,03	2,44	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

com doses de 0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 kGy, observou que as doses de 0,5 e 1,0 kGy diminuíram os teores de sólidos solúveis, resultado contrário ao obtido nesse experimento.

4.1.7. Acidez

A banana apresenta baixa acidez quando verde, que aumenta com o amadurecimento até atingir um máximo, quando a casca está completamente amarela (Bleinroth, 1985). Em banana ‘Prata’ verde e madura, a acidez titulável encontra-se entre 0,17 e 0,67 %, respectivamente, expressando-se os resultados em ácido málico (Rossignoli, 1983).

Na observação da Tabela 7, constatam-se diferenças significativas entre os tratamentos no 2° e 12° dias de armazenamento, onde os menores valores foram representados pelas doses 1,0 kGy (0,66) e 0,8 kGy (0,56).

Para todas as doses e a testemunha os frutos iniciaram o armazenamento já com valores altos de acidez que decresceram no final do período, onde as bananas já encontravam em senescência. Esse decréscimo no final, está relacionado ao fato de os ácidos orgânicos serem substratos do processo de respiração (Wills et al., 1998). Enquanto que os

Tabela 7. Variação média do teor de acidez titulável (g.ac.málico x 100g de polpa⁻¹) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	0,77 a A	0,66 a B	0,65 a B	0,64 a BC	0,65 a B	0,59 ab C	3,42
0,2kGy	0,69 ab A	0,69 a A	0,68 a AB	0,69 a A	0,65 a B	0,61 ab C	1,79
0,4kGy	0,67 b A	0,62 a A	0,64 a A	0,66 a A	0,63 a A	0,61 ab A	3,64
0,6kGy	0,71 ab A	0,69 a A	0,62 a A	0,66 a A	0,64 a A	0,65 a A	9,51
0,8kGy	0,67 b A	0,63 a AB	0,68 a A	0,66 a A	0,59 a BC	0,56 b C	3,53
1,0kGy	0,66 b A	0,60 a A	0,67 a A	0,65 a A	0,63 a A	0,61 ab A	4,53
CV(%)	4,57	5,78	5,23	4,95	5,63	3,98	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

valores altos de acidez, no início do armazenamento, justificam-se pelo fato das bananas já se apresentarem maduras devido à climatização.

4.1.8. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável – “Ratio”

A Tabela 8 refere-se à relação sólidos solúveis/acidez titulável, que apresentam diferenças significativas entre doses no 4° e 12° dias de armazenamento. Devido ao aumento no teor de sólidos solúveis, a relação também é crescente durante todo o amadurecimento da banana e evidenciada a partir do 6° dia de armazenamento. Este aumento talvez esteja relacionado ao fato de o teor de sólidos solúveis aumentar em proporções bem maiores que a acidez, tanto é que o fruto maduro tem sabor doce e não ácido (Sales, 2002).

Neste caso, o menor valor foi de 18,93 e o maior de 37,83 ambos para a testemunha, estes resultados são inferiores aos encontrados por Pinto (1978) e Rossignoli (1983) que estão na faixa de 45,7 a 65,2 para as bananas ‘Prata’ maduras.

Tabela 8. Variação média da relação sólidos solúveis /acidez titulável ("Ratio") das bananas 'Pratas' submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	22,44 a C	18,93 b D	34,10 a B	35,09 a AB	33,89 a B	37,83 a A	3,46
0,2kGy	23,51 a C	21,54 ab C	32,50 a B	32,22 a B	34,13 a B	36,80 ab A	2,83
0,4kGy	23,17 a B	25,17 ab B	33,47 a A	32,33 a A	34,61 a A	35,12 ab A	6,36
0,6kGy	23,78 a B	24,66 ab B	34,66 a A	32,53 a A	34,22 a A	34,58 b A	8,41
0,8kGy	24,11 a C	26,43 a C	32,16 a B	32,78 a B	36,59 a A	37,82 a A	3,67
1,0kGy	23,91 a B	24,20 ab B	31,99 a A	32,16 a A	34,51 a A	35,05 ab A	3,90
CV(%)	3,92	10,24	4,44	4,60	4,78	3,07	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao final dos 12 dias de armazenamento os frutos que receberam a dose 0,6 kGy apresentaram significativamente, os menores valores para a relação sólidos solúveis/acidez titulável, devido ao menor valor de acidez.

4.1.9. pH

Comparando-se os diferentes tratamentos na Tabela 9, verifica-se que ocorreu diferença estatística apenas no 2º dia de armazenamento, sendo que as bananas irradiadas com a dose de 0,4 kGy apresentaram o maior valor para pH, no restante dos dias não ocorreu diferença significativa entre tratamentos. A utilização das diferentes doses de irradiação não causou efeito significativo para o pH, dados estes contrários aos obtidos por Vieira (1995), trabalhando com irradiação e condições refrigeradas.

Durante os dias de análises, o pH variou muito pouco, mas apresentou tendência de aumento. Os dados obtidos concordam com Chitarra & Chitarra (1990), que afirmam que o pH tem tendência de aumento com a diminuição da acidez.

Tabela 9. Variação média no pH das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	4,27 b B	4,28 a B	4,26 a B	4,33 a B	4,37 a A	4,43 a A	0,64
0,2kGy	4,31b BC	4,23 a C	4,27 a BC	4,31 a BC	4,35 a AB	4,42 a A	0,6
0,4kGy	4,38 a AB	4,33 a B	4,33 a B	4,35 a B	4,40 a AB	4,43 a A	0,65
0,6kGy	4,29 b BC	4,27 a C	4,31 a BC	4,32 a ABC	4,35 a AB	4,38 a A	0,53
0,8kGy	4,31 b B	4,28 a B	4,28 a B	4,32 a B	4,40 a A	4,41 a A	0,66
1,0kGy	4,30 b A	4,29 a A	4,29 a A	4,32 a A	4,36 a A	4,38 a A	0,78
CV (%)	0,50	0,87	0,73	0,40	0,92	0,63	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores para pH, neste experimento, estão condizentes com os resultados obtidos por De Martim (1990), que define os limites do pH para a banana madura entre 4,2 e 4,7, já que no início as bananas ‘Prata’ atingiram pH médio de 4,27 chegando no período de 12 dias de armazenamento com pH de 4,48.

4.1.10. Relação Polpa/Casca

As irradiações provocaram modificações na relação da polpa/casca nos 6° e 8° dias de armazenamento, onde a testemunha apresentou os maiores valores (Tabela 10). Os frutos irradiados com a dose 0,4 kGy e 1,0 kGy apresentaram aumento mais lento da relação polpa/casca aproximando dos demais no 10° dia de armazenamento, enquanto que a testemunha e a dose 0,2 kGy provocaram aumento superior da relação polpa/casca que os demais tratamentos. Já os frutos da dose 0,6 kGy apresentaram comportamento semelhante do início ao fim do período de análises.

Como se pode considerar a relação polpa/casca um indicador do grau de amadurecimento (Deulin & Monnet, 1956), as doses 0,2 kGy e a testemunha aceleraram o

Tabela 10. Relação polpa/casca das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	1,26 a B	1,58 a AB	1,82 a AB	1,98 a A	1,97 a A	2,08 a A	11,52
0,2kGy	1,22 a C	1,51 a BC	1,58 ab BC	1,75 ab AB	1,74 a AB	2,12 a A	8,77
0,4kGy	1,26 a C	1,45 a BC	1,45 b BC	1,54 b B	1,65 a AB	1,86 a A	6,16
0,6kGy	1,25 a A	1,86 a A	1,55 ab A	1,64 ab A	1,57 a A	1,88 a A	32,83
0,8kGy	1,17 a B	1,54 a AB	1,71 ab A	1,90 ab A	1,69 a A	1,84 a A	11,29
1,0kGy	1,31 a B	1,44 a B	1,59 ab AB	1,73 ab AB	1,77 a AB	1,96 a A	11,08
CV(%)	15,48	34,49	7,29	7,47	10,33	9,23	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

amadurecimento, enquanto que as doses 0,4 kGy e 1,0 kGy retardaram ligeiramente o amadurecimento.

Em média, a relação polpa/casca variou de 1,17 a 2,12 valores próximos aos apresentados para banana ‘Prata’ de 1,2 a 2,7 (Pinto, 1978; Rossignoli, 1983; Carvalho et al., 1988 e Vilas Boas, 1995).

4.1.11. Amido e Açúcares Redutores Potássio

Do ponto de vista quantitativo, uma das mudanças químicas mais marcantes durante o amadurecimento das bananas é a hidrólise do amido e o conseqüente acúmulo de açúcares, mudança fundamental para as características organolépticas do fruto (Chitarra, 1979).

Os frutos de todos os tratamentos tiveram comportamentos semelhantes durante o período de armazenamento, com exceção para os 8º e 10º dias, onde houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 11). As bananas iniciaram o armazenamento com teores de amido muito próximos que foram diminuindo com o decorrer dos dias.

Os teores de amido estão bem menores do que os descritos por Fernandes et al., (1979), Rossignoli (1983) e Vilas Boas (1985) de 19,2 a 23,9%, isso se deve possivelmente ao fato de as bananas já iniciarem o período de análise com a degradação do amido, o que pode se confirmar pelo grau de coloração 5 que os tratamentos estavam, mas os valores das bananas maduras (3,3 a 0,54%) estão próximos aos observados de 3,46 e 0,63%.

Ao final do período avaliado, mesmo não havendo diferença estatística entre os tratamentos, as doses 0,6 kGy e 0,8 kGy tiveram tendência na diminuição da hidrólise do amido, com valores de 3,02 e 3,33 % respectivamente, em comparação com a testemunha que atingiu o valor de 0,54% de amido.

Já Vieira (1995), irradiando bananas 'Prata' com doses 0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 kGy em condições refrigerada, observou que as doses 0,25 e 1,0 kGy apresentaram quando maduras teores de amido superiores aos teores das bananas não irradiadas e que essas doses estenderam em 2 dias a vida de prateleira.

Áreas e Lajolo (1981) observaram que o aumento no conteúdo de sacarose é concomitante a degradação do amido e anterior a formação de glicose e frutose. Além disso as hexoses surgem após a sacarose e a superam em concentração nos estádios finais de amadurecimento (Hubbard et al., 1990).

Com a hidrólise do amido aumenta-se a concentração de açúcares redutores (Tabela 12) da ordem de 10,9 para 20,00%. A diferença estatística entre os tratamentos ocorreu apenas no 1º dia de armazenamento, com a testemunha se destacando com o maior valor (14,41%), no restante do período as bananas irradiadas e não irradiadas apresentaram teores de açúcares redutores muito próximos, incluindo as doses 0,6 e 0,8 kGy que apresentaram uma redução na hidrólise do amido.

Tabela 11. Variação média no teor de amido (%) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	12,86 a A	9,09 a A	1,89 a B	1,34 bc B	2,30 ab B	0,54 a B	39,26
0,2kGy	15,38 a A	5,47 a B	3,14 a BC	0,49 c C	0,91 b BC	2,88 a BC	35,60
0,4kGy	13,78 a A	9,01 a AB	6,02 a BC	1,87 abc C	4,23 a BC	2,55 a BC	37,51
0,6kGy	13,01 a A	8,34 a AB	5,40 a B	5,85 a B	3,60 a B	3,02 a B	30,82
0,8kGy	14,48 a A	4,27 a B	4,47 a B	4,66 ab B	2,11 ab B	3,33 a B	40,58
1,0kGy	14,43 a A	8,98 a AB	4,36 a BC	5,09 ab BC	3,98 a BC	1,36 a C	41,61
CV(%)	22,23	27,2	65,42	45,49	28,95	73,01	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12. Variação média no teor de açúcares redutores (%) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	14,14 a B	16,29 a AB	15,38 a AB	17,68 a AB	16,53 a AB	20,00 a A	10,38
0,2kGy	11,19 b C	14,20 a BC	18,36 a A	17,96 a AB	17,75 a AB	19,03 a A	9,22
0,4kGy	11,40 b B	14,63 a A	16,34 a A	16,67 a A	17,08 a A	17,61 a A	7,46
0,6kGy	12,50 ab B	15,73 a AB	17,20 a A	17,22 a A	15,71 a AB	18,79 a A	8,13
0,8kGy	12,79 ab B	13,69 a AB	16,11 a AB	17,08 a AB	18,08 a A	18,31 a A	11,54
1,0kGy	10,98 b B	14,50 a AB	16,11 a A	15,38 a A	17,27 a A	16,40 a A	8,93
CV(%)	8,86	6,71	10,25	9,80	8,41	10,66	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.12. Potássio

Os frutos se comportaram de maneira semelhante para todas as doses e testemunha durante o período avaliado (Tabela 13), o que evidencia que a irradiação não provocou diferença significativa, nos teores de potássio, nas bananas ‘Prata’.

As doses 0,4 kGy e 1,0 kGy apresentaram variações irregulares durante os dias, com valores mais elevados no início do período e posterior queda no final, dados

Tabela 13. Variação média do teor de potássio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento						CV (%)
	2	4	6	8	10	12	
Testemunha	256,04 a A	290,72 a A	285,43 a A	271,02 a A	262,39 a A	240,34 a A	9,80
0,2kGy	293,19 a A	237,03 a AB	298,35 a A	236,62 a AB	211,84 a B	299,27 a A	11,17
0,4kGy	311,85 a A	355,62 a A	247,99 a B	276,50 a AB	285,08 a AB	249,07 a B	13,37
0,6kGy	295,28 a A	279,26 a A	263,05 a A	265,07 a A	246,67 a A	275,14 a A	21,52
0,8kGy	249,88 a A	311,42 a A	253,88 a A	280,67 a A	261,15 a A	234,12 a A	14,86
1,0kGy	327,26 a A	292,07 a AB	188,16 a B	258,20 a AB	272,93 a AB	250,88 a AB	18,89
CV(%)	14,60	14,84	18,67	10,30	18,58	14,60	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

concordantes com Bleinroth (1990), que afirma haver pequena variação nos sais minerais durante o amadurecimento, com teores de potássio mais elevados na banana verde.

4.1.13. Análise Sensorial

Pelos dados da Tabela 14, verifica-se que não ocorreu diferença significativa na textura das bananas ‘Prata’ de todos os tratamentos, mas houve queda natural, a partir do 6º dia de armazenamento, dados concordantes com Sams, (1999) que descreve que com o amadurecimento há liberação de cálcio e solubilização das protopectinas em pectina solúvel das paredes celulares, o que ocasiona modificação na textura, que torna-se gradualmente macia.

Para a característica aroma, também não ocorreu interferência significativa das doses aplicadas quando comparadas com a testemunha e ao contrário da textura houve aumento gradual dos valores, comprovado pelas maiores notas atribuídas pelos provadores aos 12º dia de armazenamento, fato enfatizado por Carvalho (1984), que afirma que as diminuições no teor de ácidos e fenólicos, associados com a produção de compostos

Tabela 14. Variação média na textura, aroma e sabor das bananas ‘Pratas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 12 dias.

Características Avaliadas	Tratamentos	Dias de Armazenamento			CV(%)
		2	6	12	
<u>Textura</u>	Testemunha	8,27 a A	7,36 a B	7,18 a B	6,94
	0,2kGy	8,27 a A	7,54 a AB	6,90 a B	10,17
	0,4kGy	7,81 a A	7,73 a A	7,27 a A	8,32
	0,6kGy	8,00 a A	7,27 a B	7,09 a B	8,16
	0,8 kGy	8,55 a A	7,90 a AB	7,27 a B	10,28
	1,0 kGy	8,27 a A	7,45 a B	7,27 a B	7,18
	CV (%)	9,57	8,60	7,21	-
<u>Aroma</u>	Testemunha	7,09 a C	8,00 a B	9,27 a A	9,29
	0,2kGy	7,09 a C	8,00 a B	9,00 a A	9,89
	0,4kGy	7,27 a B	7,73 a B	9,00 a A	9,78
	0,6kGy	7,09 a C	8,09 a B	9,27 a A	10,02
	0,8 kGy	6,82 a C	7,55 a B	8,55 a A	8,65
	1,0 kGy	6,82 a B	7,64 a AB	8,55 a A	12,35
	CV (%)	12,75	9,94	7,89	-
<u>Sabor</u>	Testemunha	7,00 a C	8,09 a B	8,91 a A	9,08
	0,2kGy	7,72 ab B	8,18 a AB	8,82 a A	9,77
	0,4kGy	7,45 ab B	8,64 a A	9,09 a A	9,27
	0,6kGy	8,27 a A	8,55 a A	8,08 a A	8,69
	0,8 kGy	7,54 ab A	8,36 a A	8,45 a A	12,72
	1,0 kGy	7,45 ab B	8,64 a A	8,36 a A	8,91
	CV(%)	11,63	9,33	14,29	-

Médias seguidas por letras distintas nas colunas e linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

voláteis (aldeídos, cetonas, ésteres e álcoois) são responsáveis pelo agradável aroma dos frutos.

Houve variação no sabor apenas no 2º dia de armazenamento, onde os frutos mais saborosos encontravam-se no tratamento 0,6 kGy, nos demais dias observou-se a constância no sabor para todas as doses e testemunha. Durante o período estudado houve aumento significativo nos valores atribuídos pelos provadores, através da escala hedônica, o que pode estar relacionado ao aumento no teor de açúcar dos frutos e ao decréscimo dos ácidos orgânicos (ácido málico, cítrico e oxálico) da polpa com o processo de amadurecimento (Palmer, 1971).

4.2. Segundo Experimento – Banana ‘Nanica’

4.2.1. Perda de Massa Fresca

As bananas perdem massa fresca durante o amadurecimento, sendo a taxa de perda influenciada pelas condições de armazenamento (Palmer, 1971).

Pela Tabela 15, verifica-se que a perda de massa fresca não foi influenciada pela irradiação, não ocorrendo diferenças estatísticas entre os tratamentos, durante todo o período de armazenamento, dados concordantes com Vieira (1995) que trabalhando com doses de 0,0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 kGy em condições ambiente e refrigerada também não constatou o efeito das irradiações sobre a perda de massa.

Como ocorreu com as bananas ‘Prata’, os frutos deste 2º experimento apresentaram porcentagens significativas de perda de massa fresca ao longo dos 21 dias de armazenamento, concordando com Chitarra & Chitarra (1990) que relatam perda de massa fresca dos frutos logo após a colheita.

Mesmo não ocorrendo diferença estatística entre os tratamentos o comportamento da dose 0,2 kGy e da testemunha evidenciam maior e menor perda de massa fresca, respectivamente. A variação de perda de massa encontra-se entre 0,92 e 13,08%, se considerarmos a faixa aceitável dessa variação entre 4,1 a 8,6 com 95% de umidade relativa e 13,9-32,3°C (Peacock, 1980), afirma-se que os frutos de todos os tratamentos estavam aptos ao consumo até o 15º dia de armazenamento.

Tabela 15. Valores médios percentuais da perda de massa fresca das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	0,92 a F	2,76 a E	4,08 a D	5,14 a D	6,47 a C	8,72 a B	11,31 a A	16,32
0,2kGy	1,47 a F	3,84 a E	5,29 a DE	6,47 a CD	7,74 a C	10,09 a B	13,08 a A	23,95
0,4kGy	1,18 a F	3,43 a E	4,76 a DE	5,88 a CD	7,32 a BC	9,31 a AB	11,45 a A	26,44
0,6kGy	0,92 a F	3,13 a E	4,36 a D	5,52 a C	6,52 a C	9,48 a B	11,98 a A	12,44
0,8kGy	0,97 a F	3,61 a E	5,07 a DE	6,02 a CD	7,43 a C	9,51 a B	11,61 a A	23,40
1,0kGy	1,01 a F	3,40 a E	4,81 a DE	5,81 a CD	7,09 a C	9,35 a B	11,59 a A	19,82
CV (%)	58,56	26,37	22,41	17,83	16,02	17,81	18,36	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.2. Coloração

Conforme pode ser observado na Tabela 16, os frutos irradiados com a dose 0,6 kGy e a testemunha tiveram ligeira diminuição no desenvolvimento da cor (mais verde que amarelo para amarelo com leves manchas marrons) se comparados com o restante das doses e atingiram o ponto de consumo (grau de cor 7) aos 21 dias de armazenamento. Para as doses 0,2 e 0,4 kGy este ponto estaria em torno dos 18 dias, 15 dias para a dose 1,0 kGy e 12 dias para o tratamento 0,8 kGy.

Foram observados escurecimentos e rachaduras na casca acima das doses 0,6 kGy, o que foi constatado também para o primeiro experimento e está de acordo com Thomas et al. (1971) que verificaram que a dose 0,5 kGy provocou o mesmo efeito em 5 variedades de bananas irradiadas com 0,2; 0,4 e 0,5 kGy e ainda Chitarra & Chitarra (1990) citaram que a irradiação causa reações benéficas até certas doses, sendo que as doses inadequadas podem causar depressões, manchas e coloração de aspecto queimado.

Tabela 16. Variação média na coloração das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	3,40 c F	4,60 b E	5,20 c DE	5,70 cd CD	6,00 c BC	6,70 bc AB	7,30 bc A	10,82
0,2kGy	3,80 bc F	5,20 ab E	5,80 abc DE	6,40 abc CD	6,80 b BC	7,50 a AB	7,80 ab A	11,46
0,4kGy	4,10 bc E	5,20 ab D	5,90 ab CD	6,20 bcd C	6,60 bc BC	7,30 ab AB	7,50 abc A	10,04
0,6kGy	3,50 c DE	4,30 b CD	5,40 bc BC	5,60 d B	6,50 bc AB	6,50 c AB	7,20 c A	16,19
0,8kGy	5,20 a D	6,00 a C	6,40 a C	7,00 a B	7,70 a A	7,80 a A	7,90 a A	6,63
1,0kGy	4,60 ab D	5,80 a C	6,30 a BC	6,80 ab B	7,60 a A	7,70 a A	7,90 a A	8,29
CV (%)	19,75	15,15	9,04	8,69	7,68	7,72	5,55	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.3. Respiração

Como fruto de comportamento climatérico, as bananas apresentam quando verdes baixa taxa de respiração, seguindo de rápida elevação durante o início do processo de amadurecimento e posterior queda (Carvalho, 1984).

Observa-se pela Figura 9, que os picos climatéricos para as bananas ‘Nanica’ foram atingidos com as doses 0,4; 0,6 e 0,8 kGy no 9º dia de armazenamento, valores de 100,27; 79,15; 67,3 ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente, enquanto que a testemunha e a dose 0,2 kGy atingiram o pico aos 18 dias de armazenamento com valores de 105,48 e 96,24 ml de CO₂ kg⁻¹h⁻¹ e por fim a dose de 1,0 kGy estendeu o pico respiratório até o 12 dias armazenamento com 94,22 ml de CO₂ kg⁻¹h⁻¹.

Neste segundo experimento a maioria das doses atingiu o pico respiratório aos 9 dias, enquanto que para a banana ‘Prata’ verificou-se que as maiores doses estenderam o pico respiratório para os 12 dias. Os valores obtidos estão dentro da faixa descrita por Palmer (1971) que afirma que os frutos podem atingir até 250 ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

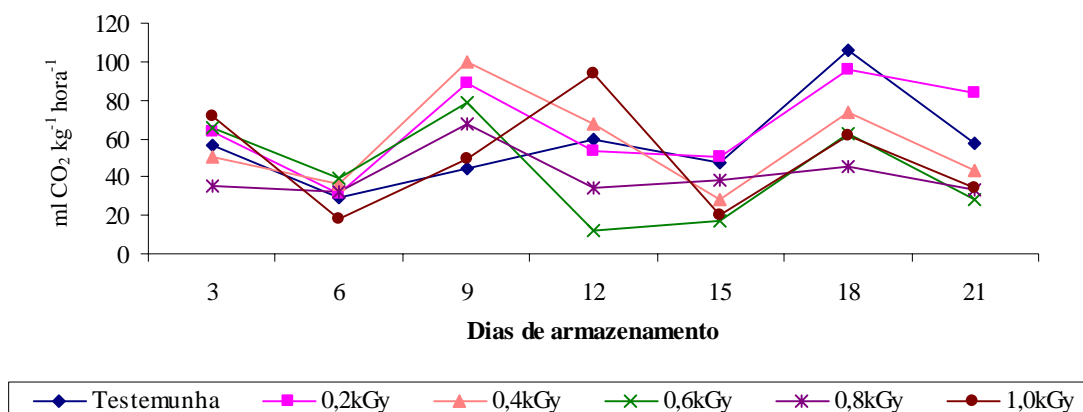


Figura 9. Taxa respiratória das bananas ($\text{ml de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hora}^{-1}$) 'Nanica', submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

As doses 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 kGy atingiram o pico respiratório na passagem dos graus 5 para 6 de coloração, já a testemunha e a dose 0,2 kGy estavam entre o grau 6 e 7 de coloração evidenciando a extensão da fase pré-climatérica.

Pode-se verificar que as melhores respostas à diminuição da taxa respiratória foram obtidas pela menor dose de 0,2 kGy e pela testemunha, esse resultado parece concordar com Strydom et al. (1991), que observaram que as doses acima de 0,2 kGy determinaram desenvolvimento de cor e mudanças na produção de etileno e CO_2 indesejáveis.

4.2.4. Conservação pós-colheita

A Tabela 17 evidencia que o período máximo de conservação em que os frutos permaneceram em condições desejáveis de comercialização foi de 18 dias. Como ocorreu no primeiro experimento, não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, mas

Tabela 17. Variação média na conservação pós-colheita das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Conservação pós-colheita
Testemunha	15,6 a
0,2 kGy	16,8 a
0,4 kGy	17,4 a
0,6 kGy	18 a
0,8 kGy	14,4 a
1,0 kGy	16,2 a
CV (%)	13,63

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

os frutos das doses 0,6 kGy aumentaram em 3,6 dias a vida útil em relação à dose 0,8 kGy, que obteve o pior resultado.

Observou-se que as doses 0,8 e 1,0 kGy começaram a apresentaram escurecimento da casca a partir de 9º dia de armazenamento, fato observado por Thomas et al., (1971), que estudando 5 variedades de banana observou que para todas as variedades, doses acima de 0,5 kGy causaram escurecimento das casca. Essa coloração marrom na casca foi um dos grandes fatores que diminuiram o tempo de conservação das maiores doses, já que o primeiro fator de qualidade é a aparência do produto.

Do mesmo modo que ocorreu no primeiro experimento, não foi observado durante o período de conservação a incidência de doenças.

4.2.5. Firmeza

As Tabelas 18 e 19, mostram a variação média na firmeza nas bananas com casca e sem casca e permitem verificar que ocorreu perda gradual de valores em todos os tratamentos.

Tabela 18. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}) das bananas ‘Nanicas’, com casca, submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	330,00bA	221,22bB	206,89 bBC	238,33 aB	161,33 bBC	136,55 b C	177,44 a BC	14,33
0,2kGy	377,22abA	322,22aA	236,78 abB	186,22 aBC	170,78 bBC	185,67ab BC	147,89 a C	11,56
0,4kGy	471,11aA	319,67aB	275,67 aBC	265,22 aBC	237,00 aBC	222,11a BC	168,11 a C	14,00
0,6kGy	384,45abA	250,00abB	261,11 abB	214,89 aBC	185,11abCD	169,6ab CD	151,33 a D	8,62
0,8kGy	318,00bA	265,00abAB	229,78 abBC	193,33 aCD	158,67 bD	167,33ab CD	180,00 a CD	11,69
1,0kGy	376,67bA	317,33aA	250,55 abB	205,22 aBC	178,44 bC	195,55ab C	167,67 a BC	8,87
CV (%)	9,13	10,47	9,93	15,40	11,51	12,18	17,10	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}) das bananas ‘Nanicas’, sem casca, submetidas a diferentes doses e irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	69,00 b A	48,00 c B	36,33 b B	39,78 a B	33,78 a B	36,89 a B	36,33 a B	17,52
0,2kGy	111,78 ab A	54,00 c B	47,78 ab B	45,45 a B	36,11 a B	38,89 a B	40,22 a B	25,16
0,4kGy	192,78 a A	132,22 abAB	106,44 a AB	96,89 a AB	55,89 a AB	46,67 a B	59,22 a AB	48,29
0,6kGy	191,33 a A	99,34 bc B	75,11 ab BC	89,78 a BC	55,33 a BC	43,55 a C	43,89 a C	21,70
0,8kGy	83,89 ab A	124,00 ab A	71,34 ab A	54,00 a A	37,55 a A	44,33 a A	55,22 a A	42,57
1,0kGy	162,89 ab A	160,11 a AB	72,45 ab B	57,89 a B	47,44 a B	54,89 a B	52,67 a B	34,81
CV (%)	32,49	19,36	34,41	37,44	20,66	17,73	22,30	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esse amolecimento dos frutos também já foi mencionado por outros pesquisadores como Manning (1993) e Sigrist (1992) e pode ser causado pela transpiração e decomposição enzimática da parede celular e lamela média.

A maior retenção da firmeza nos frutos foi conseguida com a dose 0,4 kGy, nas bananas com e sem casca, durante o período de armazenamento. Embora nas bananas sem casca, depois do 9º dia de armazenamento os tratamentos não diferenciaram entre si estatisticamente. Enquanto que a testemunha e a dose 0,8 kGy foram responsáveis pelos menores valores de firmeza, nas bananas com e sem casca. Kader (1986) ressalta que

doses de irradiação superiores a 0,6 kGy resultam na solubilização de pectinas, celulose, hemicelulose e amido causando o amaciamento de frutas e hortaliças.

4.2.6. Sólidos Solúveis

Os sólidos solúveis (Tabela 20) apresentaram diferença estatística entre os tratamentos durante o armazenamento. Os teores referentes aos sólidos solúveis variaram de 9,40 a 20,53 °Brix. Esta faixa de variação é concordante com Rossignoli (1983) e Pinto (1978).

Os frutos dos tratamentos testemunha e 0,8 kGy apresentaram o pico de 20,53 e 19,77 °Brix, no 15° dia pós-colheita, respectivamente. Nas doses 0,2; 0,4 e 0,6 kGy o pico foi atingido aos 18° dia de armazenamento com os respectivos valores de 19,77; 17,77 e 17,83 °Brix. A dose de 1,0 kGy conseguiu prolongar o pico de sólidos solúveis em 6 dias quando comparado a testemunha, atingindo valores de 19,80 °Brix, aos 21 dias de armazenamento. Após o pico, os frutos dos tratamentos testemunha, 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 kGy apresentaram queda nos teores de sólidos solúveis, devido provavelmente à entrada dos frutos em senescência.

Durante todo o período de armazenamento os valores de sólidos solúveis aumentaram significativamente em todos os tratamentos, provavelmente devido a hidrólise do amido e da protopectina (Sales, 2002). Estes dados estão concordando com Vieira (1995) e discordando de Domarco et al. (1996) que encontraram efeitos significativamente estatísticos, com decréscimo linear de valores em função do aumento das doses.

Tabela 20. Variação média do teor de sólidos solúveis das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	12,83 a C	17,93 a B	19,10 a AB	19,23 a AB	20,53 a A	19,80 a AB	20,50 a A	4,43
0,2kGy	11,02 bc C	15,87 ab B	17,00abAB	18,33abAB	18,90 abc A	19,57 a A	19,57 ab A	6,13
0,4kGy	9,40 c B	13,97 b A	14,20 b A	13,90 b A	17,47 bc A	17,77 a A	15,40 c A	9,73
0,6kGy	10,27 cd C	14,03 b B	15,10abAB	16,30abAB	16,30 c AB	17,83 a A	17,00bc AB	8,73
0,8kGy	13,23 a B	16,43abAB	17,43abAB	17,83abAB	19,77 ab A	18,73 a A	19,07 ab A	9,60
1,0kGy	11,50 b C	15,57 ab B	16,93abAB	18,40abAB	17,70abc AB	17,70 a AB	19,80 ab A	6,96
CV (%)	3,72	8,36	9,27	10,73	5,76	6,38	5,78	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se ainda que os frutos irradiados com as doses 0,4 e 0,6 kGy mostraram os menores teores de sólidos solúveis durante o período de conservação. Isto concorda com GCIIA (1991), que afirma que a variação nutritiva nos frutos e hortaliças causada pela irradiação depende da dose aplicada, do tipo de alimento e das condições de armazenamento.

4.2.7. Acidez Titulável

A Tabela 21, mostra que a diferença estatística entre os tratamentos ocorreu no 9º e 12º dias de armazenamento, com a testemunha e a dose 0,2 kGy apresentando os maiores valores de acidez. De maneira geral a irradiação não causou efeitos significativos em relação à acidez titulável nas bananas ‘Nanica’, dados concordantes com Domarco et al. (1996), que irradiando bananas ‘Nanica’ com dose até 1,0 kGy e armazenando-as em 17°C por 21 dias, não observaram diferença significativa entre os tratamentos.

É possível afirmar que todos os tratamentos tiveram tendência (a partir do 9º dia), de queda dos valores, com exceção das doses 0,4 e 0,6 kGy que se mantiveram

Tabela 21. Variação média do teor de acidez titulável (g.ac.málico x 100g de polpa⁻¹) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	0,34 a BC	0,37 a BC	0,52 a A	0,41 a AB	0,32 a BC	0,30 a BC	0,29 a C	11,23
0,2kGy	0,38a AB	0,35a ABC	0,41 ab A	0,35ab ABC	0,30 a CD	0,27 a CD	0,26 a D	9,46
0,4kGy	0,33 a A	0,29 a A	0,31 b A	0,28 b A	0,30 a A	0,28 a A	0,28 a A	8,84
0,6kGy	0,35 a A	0,30 a A	0,32 b A	0,29 b A	0,34 a A	0,28 a A	0,30 a A	9,49
0,8kGy	0,38 a A	0,34 a AB	0,38 b A	0,32 b AB	0,33 a AB	0,29 a B	0,29 a B	6,84
1,0kGy	0,34 a A	0,35 a A	0,36 b A	0,34 ab A	0,31 a AB	0,26 a B	0,29 a AB	8,00
CV (%)	7,04	9,97	13,21	8,44	8,04	5,59	6,48	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

constantes. Eskin et al., citados por Vieites (1998), verificaram que o conteúdo total de ácidos orgânicos em frutos alcança um máximo durante o seu desenvolvimento, decrescendo no armazenamento. O decréscimo pode ser explicado provavelmente pela utilização desses compostos como substratos respiratórios, ou pela conversão em açúcares, como citado por Brody (1996).

4.2.8. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável – “Ratio”

Na Tabela 22 encontram-se os valores referentes à relação sólidos solúveis/acidez titulável, para todos os tratamentos houve diferença significativa no 3°, 15° e 21° dias de armazenamento, em decorrência da variação da acidez titulável. Com o aumento no teor de sólidos solúveis, a relação também foi crescente em todo o período, resultando em frutos mais doces. Em experimento realizado por Domarco et al. (1996) não foi constatado diferença estatística para a variável “Ratio” durante o período de análise, para as bananas irradiadas e armazenadas sem embalagem a 17°C.

Tabela 22. Variação média da relação sólidos solúveis/acidez titulável ("Ratio") das bananas 'Nanicas' submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	37,66 a B	48,91 a B	37,80 a B	47,31 a B	64,33 a A	66,89aA	71,54 a A	7,94
0,2kGy	29,08 bc E	45,78a CD	41,92 a D	53,00 a C	64,01 a B	71,92a AB	76,26 a A	5,81
0,4kGy	28,83 c C	48,28a AB	46,17 a B	50,09 a AB	58,32 abAB	63,55aA	54,83 cAB	11,04
0,6kGy	29,48 bc D	47,85 a BC	46,73 a C	55,95aABC	47,94 b BC	64,49aA	56,85bcAB	6,51
0,8kGy	34,53 ab D	48,31a BC	46,23aCD	55,74aABC	60,16 abAB	64,00aA	66,36abA	8,10
1,0kGy	33,49 abcD	44,90a C	47,71 a C	54,70 a B	56,48 ab B	69,05aA	68,28 a A	4,65
CV (%)	6,27	5,04	8,24	6,22	9,27	8,37	6,04	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao final dos 21 dias, os frutos que receberam a dose 0,2 kGy e a testemunha apresentaram os maiores valores para "Ratio", devido ao aumento dos sólidos solúveis. Os frutos irradiados com doses 0,4 e 0,6 kGy exibiram valores para a relação sólidos solúveis/acidez titulável significativamente menores aos demais tratamentos no 3°, 15° e 21° dias em função do aumento da acidez.

Os teores de "Ratio" encontrados neste experimento variaram de 28,83 a 76,26 concordantes com Carvalho (1984), que relatou a relação variando de 10,33 a 77,19.

4.2.9. pH

Comparando-se os diferentes tratamentos na Tabela 23, verifica-se que somente no 6° e 15° dias do período de conservação não ocorreram diferenças estatísticas entre eles, dados discordantes com Domarco et al. (1996), que irradiando bananas 'Nanica' com dose até 1,0 kGy e armazenando-as em 17°C por 21 dias, não encontraram efeitos estatisticamente significativos para pH.

Tabela 23. Variação média no pH das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	4,88 bc C	4,85 a C	4,97 b C	4,98 b BC	5,03 a BC	5,17 a AB	5,24 a A	1,40
0,2kGy	4,93abcCD	4,87 a D	5,06 ab BC	5,08 ab B	5,11 a AB	5,11 ab AB	5,22 a A	0,99
0,4kGy	5,03 a B	5,02 a B	5,16 a AB	5,20 a A	5,10 a AB	5,11 ab AB	5,08 ab AB	1,15
0,6kGy	4,97 ab B	5,07 a AB	5,13 ab A	5,10 ab AB	5,08 a AB	5,05 b AB	5,02 b AB	1,06
0,8kGy	4,82 c A	4,71 a A	5,02 ab A	5,10 ab A	5,11 a A	5,12 ab A	5,16 ab A	3,30
1,0kGy	4,98 ab B	4,98 a B	5,07 ab AB	5,06 b AB	5,14 a A	5,15 a A	5,14 ab A	1,04
CV (%)	0,96	3,68	1,33	1,07	0,91	0,73	1,38	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação às doses aplicadas, os valores de pH foram sempre superiores à testemunha. O maior valor de pH (5,24) foi observado no último dia de armazenamento para a testemunha, e o menor valor (4,82) para a dose 0,8 kGy no 3° dia de armazenamento.

Durante os 21 dias do experimento os valores de pH aumentaram significativamente para todos os tratamentos, com exceção da dose 0,8 kGy. Os dados obtidos contrariam Vieira (1995) e Carvalho (1984) que obtiveram valores de pH mais elevados no início do armazenamento (5,1) e mais baixo (4,4) com o amadurecimento dos frutos.

4.2.10. Relação Polpa/casca

De acordo com a Tabela 24 pode-se observar que nos dias 6°, 15° e 21° de armazenamento ocorreu diferença estatística entre os tratamentos com a dose 0,8 kGy determinando incremento na relação polpa/casca, a partir do grau de coloração 5. Enquanto que as doses 0,4 e 0,6 kGy em comparação com os outros tratamentos obtiveram os menores valores.

Tabela 24. Relação polpa/casca das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	1,60 a D	1,62 ab CD	1,81 a BCD	1,73 a CD	1,99 b ABC	2,18 a AB	2,21 ab A	7,32
0,2kGy	1,47 a B	1,99 a AB	1,79 a AB	1,89 a AB	2,26 ab A	2,48 a A	2,37 ab A	13,29
0,4kGy	1,41 a C	1,60 ab BC	1,69 a ABC	1,70 a ABC	1,92 b AB	2,03 a A	1,84 ab AB	8,52
0,6kGy	1,33 a C	1,47 b BC	1,78 a ABC	1,88 a AB	1,85 b AB	1,99 a A	1,76 b ABC	10,67
0,8kGy	1,52 a C	1,67 ab BC	1,90 a ABC	1,98 a ABC	2,68 a A	2,25 a ABC	2,9 ab AB	14,25
1,0kGy	1,37 a D	1,58 ab CD	1,78 a BCD	2,11 a ABC	2,17 ab AB	2,06 a ABC	2,48 a A	10,23
CV (%)	13,20	9,35	8,97	12,25	11,09	11,66	11,12	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

É possível visualizar aumento gradual da relação polpa/casca durante os 21 dias de armazenamento em todos os tratamentos, sendo que os valores elevaram-se de 1,33 para 2,39, variação concordante com Palmer (1971) que encontrou valores entre 1,2 e 2,7 para a esta relação.

Com o amadurecimento dos frutos há tendência natural do aumento da relação polpa/casca, pois a polpa aumenta seu peso devido ao incremento no teor de umidade que é perdida pela casca (Lizada et al., 1990) e também pela concentração diferenciada de açúcares nos tecidos (Lustre et al., 1976).

4.2.11. Amido e Açúcares Redutores

Como já foi mencionado, os frutos climatéricos, durante o amadurecimento hidrolisam o amido (Konish et al., 1991) através da ação de várias enzimas e o converte em açúcares (Forsyth, 1980). Essa conversão do amido da polpa dá-se de maneira muito rápida no início do amadurecimento (Sales, 2002). Fato esse confirmado na Tabela 25,

Tabela 25. Variação média no teor de amido (%) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	11,11 b A	6,58 ab B	5,49 a B	2,19 b C	1,85 a C	2,31 a C	0,61 c C	23,90
0,2kGy	13,28 ab A	2,72 b BC	6,80 a B	5,02 ab BC	2,27 a BC	2,15 a BC	1,43 bc C	38,14
0,4kGy	20,04 a A	5,48 ab BCD	7,55 a BC	8,31 a B	4,68 a BCD	2,54 a CD	1,83 bc D	27,70
0,6kGy	11,65 b A	8,72 a AB	5,25 a AB	5,55 ab B	5,68 a AB	5,98 a AB	5,97 a AB	37,48
0,8kGy	13,11 ab A	4,48 ab B	6,29 a B	5,43 ab B	3,37 a BC	2,05 a C	1,75 bc C	37,31
1,0kGy	11,11 b A	6,96 ab B	5,86 a BC	5,20 ab BC	4,34 a BC	3,23 a BC	2,49 b C	27,42
CV (%)	18,69	29,82	25,44	44,60	48,76	67,60	27,96	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 26. Variação média no teor de açúcares redutores (%) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	6,23 ab C	8,75 a C	14,49 a AB	9,89 a BC	15,71 a A	14,01 a AB	15,13 a A	15,42
0,2kGy	5,47 b B	10,20 a AB	10,47 ab AB	11,76 a AB	14,25 a A	13,14 a A	14,39 a A	20,95
0,4kGy	5,60 ab B	7,90 a AB	8,29 b AB	7,07 a AB	12,12 a AB	12,94 a A	12,00 a AB	25,40
0,6kGy	4,23 b D	9,22 a BC	8,82 b BC	7,18 a CD	11,59 a AB	14,52 a A	12,23 a AB	13,72
0,8kGy	8,59 a BC	7,11 a C	8,53 b BC	11,84 a ABC	13,71 a AB	11,51 a ABC	14,12 a A	18,03
1,0kGy	5,83 ab D	7,70 a CD	8,24 b BCD	6,63 a D	12,62 a AB	11,78 a ABC	13,06 a A	16,99
CV (%)	17,73	26,38	19,53	23,10	12,91	16,35	16,85	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

pela rápida hidrólise do amido do 3º para o 6º dia de armazenamento e pela redução gradual no restante dos dias.

Os tratamentos não se diferenciaram apenas nos 9º, 15º e 18º dias do armazenamento. As bananas irradiadas com a dose 0,4 kGy iniciaram o armazenamento com o valor mais alto quando comparado com o restante das outras doses e testemunha, mas após o 6º dia assemelhou-se ao restante dos tratamentos.

Ao final do armazenamento observa-se que na dose 0,6 kGy os frutos tiveram tendência na diminuição da hidrólise do amido (5,97%) em relação à testemunha

(0,61%), que obteve valor semelhante ainda no 9º dia de armazenamento. Entretanto Vilas.Boas (1995) utilizando-se de doses de 0,0, 0,25 e 0,5 kGy concluiu que a irradiação não afetou a degradação do amido durante o amadurecimento.

Os teores iniciais (20,04-11,11%) de amido estão abaixo dos descritos por Mota et al., (1997) para a banana 'Nanica' (21,7%) provavelmente ao fato de os frutos já não estarem mais verdes quando iniciaram o armazenamento, pois apresentavam grau de coloração entre 3 e 5. Os teores finais para a maioria dos frutos, (5,97-0,61%) estão em parte de acordo com os valores definidos para a banana 'Nanica' (0,9%).

Concomitante à degradação do amido, observa-se o incremento na concentração de açúcares redutores da ordem de 4,33 para 15,13 % (Tabela 26), confirmando a afirmação de que com o avanço no amadurecimento o amido é hidrolisado enriquecendo os teores de açúcar na polpa (Lizada et al., 1990).

A diferença estatística foi observada apenas nos 3º e 9º dias do período de conservação, onde os valores mais baixos foram atingidos pela dose 0,6 kGy (4,23%) e pela dose 1,0 kGy (8,24%).

4.2.12. Potássio

A variação média do teor de potássio é apresentada na Tabela 27 e pode-se observar, como o que aconteceu no primeiro experimento, que a irradiação não causou efeito significativo nos valores.

Os valores encontrados (319,01 a 214,83mg 100g⁻¹) são inferiores aos descritos por Moreira (1987) de 880 mg 100g⁻¹, para bananas 'Nanica'. As doses 0,6 e 0,8

Tabela 27. Variação média do teor de potássio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Tratamentos	Dias de Armazenamento							CV (%)
	3	6	9	12	15	18	21	
Testemunha	319,01 a A	269,24 a A	242,96 a A	234,54 a A	249,55 a A	259,99 a A	240,39 a A	15,20
0,2kGy	288,75 a A	252,56 a A	245,74 a A	244,53 a A	224,81 a A	238,31 a A	221,95 a A	18,50
0,4kGy	271,25 a A	280,15 a A	267,91 a A	238,29 a A	250,80 a A	226,80 a A	234,87 a A	11,99
0,6kGy	272,24 a AB	240,07 a AB	215,27 a B	296,40 a A	209,01 a B	222,55 a AB	247,26aAB	11,02
0,8kGy	254,32 a A	291,26 a A	219,97 a A	241,19 a A	284,03 a A	260,79 a A	214,83 aA	12,54
1,0kGy	260,80 a AB	273,78 a A	243,73 a AB	270,33 a AB	217,61 a AB	200,04 a B	285,68 aA	10,13
CV (%)	11,29	12,37	14,41	12,60	14,74	15,95	13,40	-

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

apresentaram valores irregulares durante o armazenamento, com valores maiores para o início do período e terminando os 21 dias com valores menores, dados concordantes com Bleinroth (1990).

4.2.13. Análise Sensorial

A textura da polpa do fruto, juntamente com o aroma, sabor e aparência condicionam a aceitação de um determinado produto pelos consumidores (Santos, 2003).

Pelos dados da Tabela 28, verifica-se que ocorreu diferença significativa na textura dos frutos de todos os tratamentos ao longo do armazenamento, sendo que todas as doses aplicadas de irradiação apresentaram valores médios acima da testemunha. As doses 0,4 e 0,6 kGy mantiveram melhor a textura durante os 21 dias de conservação, dados discordantes de Domarco et al. (1996), que trabalhando com bananas ‘Nanica’ irradiadas, armazenadas a 17°C e sem embalagem, observaram que as maiores notas foram atribuídas à testemunha e que as bananas irradiadas ainda não se apresentavam boas para o consumo “in natura”, indicando retardo no amadurecimento, nas doses de 0,6 a 1,0 kGy.

Tabela 28. Variação média na textura, aroma e sabor das bananas ‘Nanicas’ submetidas a diferentes doses de irradiação, armazenadas a 14°C e 80 a 85% UR, por 21 dias.

Características Avaliadas	Tratamentos	Dias de Armazenamento				CV (%)
		3	9	15	21	
<u>Textura</u>	Testemunha	7,36 b A	7,00 c A	7,09 ab A	6,91 bc A	10,76
	0,2kGy	8,45 ab A	7,00 c B	6,81 b B	7,09 bc B	10,39
	0,4kGy	9,00 a A	9,18 a A	7,54 ab B	8,73 a A	7,91
	0,6kGy	8,55 a A	8,18 b AB	7,63 a AB	7,55 b B	10,04
	0,8 kGy	8,00 ab A	8,27 ab A	6,90 ab B	7,00 bc B	10,50
	1,0 kGy	8,73 a A	8,00 b AB	7,27 ab AB	6,73 c B	17,72
	CV (%)	11,17	9,41	8,57	7,66	-
<u>Aroma</u>	Testemunha	7,27 a B	7,73 a B	7,55 ab B	9,27 ab A	10,38
	0,2kGy	7,45 a B	7,27 a B	8,00 ab B	9,00 b A	10,72
	0,4kGy	7,27 a B	8,09 a B	8,00 ab B	9,00 b A	10,32
	0,6kGy	7,36 a B	7,73 a B	8,27 a B	9,36 ab A	10,49
	0,8 kGy	7,81 a B	7,64 a B	8,18 ab B	9,55 ab A	10,47
	1,0 kGy	7,27 a B	7,55 a B	8,27 a B	9,73 a A	11,45
	CV (%)	14,31	12,47	9,90	6,14	-
<u>Sabor</u>	Testemunha	8,18 a B	8,27 a B	8,63 a B	9,63 a A	7,98
	0,2kGy	8,00 a B	8,82 a AB	8,55 a AB	9,36 a A	10,45
	0,4kGy	8,00 a A	8,63 a A	8,46 a A	8,90 a A	9,52
	0,6kGy	8,54 a A	8,73 a A	8,55 a A	9,00 a A	7,63
	0,8 kGy	8,72 a A	8,73 a A	8,81 a A	9,09 a A	8,65
	1,0 kGy	8,36 a B	8,90 a AB	8,81 a AB	9,55 a A	7,90
	CV (%)	10,89	8,10	8,97	6,78	-

Médias seguidas por letras distintas nas colunas e linhas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Constata-se ainda queda gradual dos valores durante o período, que pode ser justificado pelo fato de o processo de amaciamento da polpa da banana estar intimamente relacionado com a degradação de polissacarídeos pécicos e hemicelulose, bem como o amido (Kojima et al., 1994).

O aroma dos frutos, segundo parâmetro, avaliado na análise sensorial, apresentou diferença estatística entre os tratamentos a partir do 15° dia de armazenamento, sendo que as doses 0,6 e 1,0 kGy exibiram aroma mais acentuado que os demais tratamentos. Como ocorreu no primeiro experimento e ao contrário da textura, ocorreu aumento gradual dos valores durante o armazenamento de acordo com Carvalho (1984) que afirma que a formação de compostos voláteis é responsável pelo aroma característico e agradável dos frutos.

Não se verificou diferença estatística entre os tratamentos para a característica de sabor, dado concordante com Domarco et al., (1996) pois, de acordo com os autores, a irradiação em todos os níveis de dose não afetou o sabor da banana 'Nanica'.

Ao longo do armazenamento nota-se valores crescentes de sabor para a testemunha e doses de 0,2 e 1,0 kGy, sendo que a dose de 1,0 kGy acentuou mais o sabor ao final do experimento o que, de acordo com Vieira (1995), pode estar relacionado com o aumento de sólidos solúveis (SS) e da variação da acidez titulável (AT) que ocorre com o amadurecimento das bananas acentuando o aumento da relação SS/AT, parâmetro diretamente relacionado com o sabor e aroma dos frutos.

4.3. Considerações Finais

Primeiro experimento

No que se refere aos efeitos da irradiação gama em banana 'Prata', pode-se afirmar que:

As diferentes doses de irradiação não causaram efeito significativo sobre o pH, enquanto que as doses 0,8 e 1,0 kGy foram responsáveis pelos menores valores de acidez e a dose 0,2 kGy prolongou em 4 dias o pico de sólidos solúveis. Os menores valores para a relação sólidos solúveis/acidez titulável ("Ratio") foi confirmada pela dose de 0,6 kGy.

Nos frutos com casca a irradiação evidenciou as maiores perdas de firmeza do que nos frutos não irradiados, com destaque para as doses 0,4 e 0,6 kGy que propiciaram os maiores valores. Na polpa da banana a radiação não causou efeito significativo que pudesse causar o amolecimento dos frutos.

As doses 0,4; 0,6 e 0,8 kGy demoraram mais para atingir o pico respiratório, mas não reduziram a taxa de respiração que ficou entre 93,95 e 116,95 ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

As bananas já iniciaram o período de armazenamento com grau de coloração 5, devido provavelmente ao uso da climatização, demonstrando que o cultivar Prata é provavelmente mais sensível às transformações resultantes do processo de climatização que o cultivar Nanica. Ainda assim a dose 0,4 kGy conseguiu retardar o desenvolvimento do grau de coloração, enquanto que a dose 0,8 kGy acelerou a coloração. As doses a partir de 0,6 kGy apresentaram manchas bronzeadas e rachaduras na casca.

Os frutos irradiados com doses a partir de 0,4 kGy apresentaram os menores valores de perda de massa fresca, destacando-se a dose 0,6 kGy como a mais eficiente, considerando-se os frutos aceitáveis para o consumo até o 6º dia de armazenamento.

Quando se considera a relação polpa/casca como um “coeficiente de desenvolvimento” pode-se através dos dados obtidos afirmar que as doses 0,4 e 1,0 kGy retardaram o amadurecimento dos frutos, enquanto que a dose 0,2 kGy acelerou o processo de amadurecimento.

As doses 0,6 e 0,8 kGy tiveram tendência na diminuição da hidrólise do amido, enquanto que a irradiação, nas diferentes doses aplicadas, não modificou significativamente os teores de açúcares redutores, mesmo as doses que apresentaram redução na hidrólise do amido.

As bananas irradiadas e não irradiadas apresentaram concentrações de potássio significativamente semelhantes durante todo o experimento, indicando que o potássio é um mineral pouco variável durante o amadurecimento.

Em relação à análise sensorial a irradiação não causou efeito na textura e no aroma dos frutos, para a característica sabor a dose 0,6 kGy apresentou os frutos mais saborosos.

A irradiação não aumentou o período de conservação em relação à testemunha para as bananas 'Prata'.

Segundo experimento

Comparando-se os diferentes tratamentos a dose 0,8 kGy manteve os menores valores de pH, durante todo o período de armazenamento. As diferentes doses não causaram efeito significativo na acidez titulável, perda de massa fresca e nos teores de potássio.

A dose de 1,0 kGy conseguiu prolongar o pico de sólidos solúveis em 6 dias quando comparado a testemunha. Os menores valores para a relação sólidos solúveis/acidez titulável ("Ratio") foram exibidos pelas doses 0,4 e 0,6 kGy.

Os frutos com e sem casca se mantiveram mais firmes quando foram aplicadas dose de 0,4 kGy, enquanto que a testemunha e a dose 0,8 kGy foram responsáveis pelas maiores perdas.

Pode-se dizer que a dose 0,2 kGy, juntamente com a testemunha estenderam a fase pré-climatérica, atingindo o pico respiratório aos 18 dias de armazenamento.

Nas bananas 'Nanica' também foram observadas rachaduras e escurecimento da casca a partir de 0,6 kGy, embora a dose de 0,6 kGy ter apresentado ligeira diminuição no desenvolvimento da cor.

A dose 0,8 kGy promoveu incremento na relação polpa/casca, enquanto que as doses 0,4 kGy obtiveram os menores valores.

O amido foi menos hidrolisado durante os 21 dias de armazenamento, nos frutos irradiados com a dose 0,4 kGy. As doses 0,6 e 1,0 kGy foram responsáveis pelos menores valores de açúcares redutores.

Na análise sensorial todas as doses apresentaram valores superiores à testemunha, com destaque para as doses 0,4 e 0,6 kGy que mantiveram os melhores valores de textura durante o armazenamento. O aroma foi mais acentuado pelas doses 0,6 e 1,0 kGy ao final do experimento. As diferentes doses não provocaram modificações no sabor das bananas 'Nanica'.

Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, a dose 0,8 kGy obteve o menor período de conservação, devido principalmente ao escurecimento da casca mesmo não tendo ocorrido modificação na polpa.

Em ambos os experimentos não foram constatados incidência de doenças em nenhum tratamento.

A irradiação foi eficiente como uma opção para o armazenamento da banana, mesmo sendo climatizadas. As doses 0,4 e 0,6 kGy apresentaram resultados semelhantes na manutenção da qualidade das bananas 'Prata' e 'Nanica'. Entretanto, o fato dos frutos de ambos os experimentos apresentarem escurecimento e rachaduras nas cascas a partir da dose 0,6 kGy, sugere-se que sejam realizadas novas pesquisas com a utilização da irradiação gama, mas antes do processo de climatização das bananas.

5- CONCLUSÕES

A dose 0,4 kGy foi tida como a mais eficiente na conservação pós-colheita das bananas 'Prata' e 'Nanica'.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, H., LIZADA, M.C.C, TAN, S.C. PANTASTICO, Er.B., TONGDEE, S.C. Storage of banana. In: HASSAN, A., PANTASTICO, Er.B. (Ed.) **Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN** .Boston, 1990. cap.4, p.45-64.

AGRIANUAL 2001. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2001. 429p.

ALMEIDA, C.O .DE; SOUZA, J. S.; COEDEIRO, Z.J.M. Aspectos econômicos. In: MATSURA, F.C. A .U.; FOLEGATTI, M.I.S. (ed.) **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.71p. (Frutas do Brasil, 16).

ANDRESKI, R. Irradiation: a post-harvest treatment process. **Agribusiness Technology**, Sept/Oct, p.6-10, 1984.

ARÊAS, J.A.G., LAJOLO, F.M. Starch transformation during banana ripening: I – the phosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acuminata*. **Journal Food Biochemistry**, Westport, v.5, p.19-37, 1981.

ARTÉS, R. Review: Innovaciones en los tratamientos físicos para preservar la calidad de los productos hortifrutícolas en la postrecolección. I. Pretratamientos térmicos. **Revista Española de Ciência y Tecnología de Alimentos**, v. 35, n.1, p.45-64, 1995.

BANANA: Melhor remuneração é privilégio de quem tem qualidade. **Agriannual 2003**: Anu. Agric. Bras., p.182-183, 2003.

BIRAL, A.R. **Radiações Ionizantes para Médicos, Físicos e Leigos**. Florianópolis: Insular, 2002. 232p.

BLEINROTH, E. W. Manuseio pós colheita, classificação, embalagem e transporte da banana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: Universidade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias de Jaboticabal, 1984. p.368-385.

BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. Campinas, 1985. cap.2, p. 133-196.

BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. rev. e ampl. Campinas, 1990. p. 163-96. (Série Frutas Tropicais, 3).

BLEINROTH, E. W., ZUCHINI, A. G., POMPEO, R.M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedade de abacate e sua conservação pelo frio. **Coletânea ITAL**, v.7, n.1, p.29-81, 1976.

BOLIN, H.R., HUXSSOL, C.C. Storage stability of minimally processed fruit. **Journal of Food Processing Preservation**. Westpor, v.13, n.4, p.281-289, 1989.

BOTREL, N., SILVA, O.F., BITTENCOURT, A.M. Procedimento pós-colheita. In: MATSURA, F.C.A.U., FOLEGATTI, M.I.S. (Ed.) **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 71p. (Frutas do Brasil, 16).

BRODY, A.L. **Envasado de alimentos em atmosferas controladas, modificadas y a vacio**. Zaragoza: Acribia, 1996. 220p.

CARVALHO, H.A. **Qualidade de banana 'Prata' previamente armazenada em saco de polietileno, amadurecida em ambiente com elevada umidade relativa**. 1984. 92p. Dissertação (Mestrado em ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG

CARVALHO, H.A., CHITARRA, M.F.I., CHITARRA, A.B., CARVALHO, A.D., CARVALHO, H.S. Qualidade de banana 'Prata' previamente armazenada em sacos de polietileno, amadurecida em ambiente com umidade relativa elevada. II carboidratos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n. 1, p.1-5, jan. 1988.

CASTRO, J.V., SIGRIST, J.M.M. Matéria-prima. In: MEDINA, J.C., CASTRO, J.V., SIGRIST, J.M.M., MARTIN, Z.J., KATO, K., MAIA, M.L., GARCIA, A.E.B., LEITE, R.S.S.F. **Goiaba: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2ed. rev. ampl. Campinas: ITAL, 1988. Cap.2, p.121-177. (Série Frutas Tropicais, 6).

CEREDA, E. Armazenamento e embalagens de frutas. In: CEREDA, M. P. (Coord.) **Manual de armazenamento e embalagem : produtos agropecuários**. Botucatu: FEPAF, 1983. Cap.4, p.68-80.

CHARLES, R.J., TUNG, M.A. Physical, rheological and chemical properties of banana during ripening. **Journal of Food Science**, Champaign, v.38, p.456-459, 1973

CHITARRA, A.B., **Contribuição ao Estudo da Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita da Banana 'Marmelo'**. 1979. 110p. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

CHITARRA, A. B., ALVES, R.E. Tecnologia de pós-colheita para frutos tropicais. In: **SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA E AGROINDUSTRIA**, 8., 2001, Fortaleza. 31p.

CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M.I.F. Manejo pós-colheita e amadurecimento comercial de banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.6, p.761-771, jun. 1984.

CHITARRA, A. B. & CHITARRA, M.I.F. **Pós Colheita de Banana**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.41-47, 1994.

CHITARRA, M. I. & CHITARRA, A. B. **Pós Colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

CHITARRA, A.B & LAJOLO, F.M. **Mudanças fisiológicas e químicas pós-colheita da banana-marmelo em diferentes temperaturas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 20, n. 5, p. 561-573, maio. 1985.

CLEMENTE, E.S. O mercado de vegetais pré – processados. In: **SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS**, 1999, Piracicaba-SP.

COELHO, A.H.R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, v.17, n.180, p.31-38, 1994.

CORDEIRO, Z.J.M. Introdução. In: **Banana. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.p.9. (Frutas do Brasil;1)

CORTEZ, L.A.B., HONÓRIO, S.L., MORETTI, C.L. (Ed. Téc.). **Resfriamento de Frutas e Hortalças**. Embrapa Hortaliça. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 428p.

DANTAS, J.L.L., FILHO, W.S.S. Classificação botânica, origem e evolução. In: SILVA, J.M.M. (org) **Banana. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 143p. (Frutas de Brasil, 1).

DE MARTIM, Z.J. et al. Processamento: produtos, características e utilização. In: **ITAL. Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. Campinas, 1990. Cap 3, p. 197-265.

DEL MASTRO, N. **Painel de Tecnologia: Irradiação de Alimentos Brasileiros**. São Paulo: Fiesp/Ciesp Notícias, nº 1357, s.d.

DEULIN, R. & MONNET, J. Observations sur la dureté de la pulpe de la banana, **Fruits**, Paris, v. 11, n. 8, p. 341-354. 1956.

DOMARCO, R.E., WALDER, J.M.M., SPOTO, M.H.F., BLUMER, L., MATRAIA, C. **Inibição do amadurecimento de bananas por radiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 16, n. 2, p. 137-142, jul/set. 1996

EHLERMANN, D.A.E. Food irradiation. In: SPIESS, W.E.L., SCHUBERT, H. **Engineering and food: Preservation processes and related techniques**. London: Elsevier Applied Science, v.2. p.760-773,1990.

FERNANDES, K.M., CARVALHO, V.D., CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of Silver bananas. **Journal of Food Science**, Chicago, v.44, n.4. p.1254-1255, July/aug. 1979.

FIORAVANÇO, J.C. Mercado Mundial da Banana: produção, comércio e participação brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n.10, p. 15-27, out.2003.

FOLEGATTI, M.I.S., MATSUURA, F.C.A.U. Produtos. In: MATSURA, F.C.A.U., FOLEGATTI, M.I.S. (Ed.) **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 71p. (Série Frutas do Brasil, 16).

FORSYTH, W.G.C. Banana and plantain. In: NAGY, S., SHAW, P.E. (Ed.). **Tropical and subtropical fruits**. Westport: Avi, 1980.570p.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 12ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.

GONÇALVES, J.S.; PEREZ, L.H.; SOUZA, S.A .M. Mercado internacional e produção de banana: a estrutura produtiva e comercial do complexo bananeiro mundial. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.41, t.3, p.161-188, 1994.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS. **A irradiação de alimentos: Ficção ou realidade**. GCI/AIEA, 1991. 38p.

HOBSON, G.E. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. **Journal HortScience**, v.62, p. 55-61, 1987.

HOBSON, G. E.; HARMAN, J. E. Tomato fruit development and the control of ripening. **Acta Horticult.**, Hague, v.190, p.167-173, 1986.

HONÓRIO, S.L., MORETTI, C.L. Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças. In: CORTEZ, L.A.B., HONÓRIO, S.L., MORETTI, C.L. (Ed. Téc.). **Resfriamento de Frutas e Hortaliças**. Embrapa Hortaliça. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap.4, p.60-81.

HUBBARD, N.L., PHARR, D.M., HUBER, S.C. Role of sucrose phosphate synthase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climateric. **Plant Physiology**, Washington, v.94, p.201-208, 1990.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 553p.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California, 2002. 519p.

KADER, A.A. Potential application of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**. v.40, n.6, p.117-121. 1986.

KOJIMA, K., SAKURAI, M., KURAIISHI, S. Fruit softening in banana: correlation among stress – relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.90, n.4, p.772-778, apr.1994.

KONISHI, Y., KITAZATO, S., ABANO, R. Polymorphism of acid and neutral γ -glucosidases in banana pulp: changes in apparent pIs and affinity to Com A of the enzymes during ripening. **Agricultural Biological Chemistry**, Tokyo, v.55, n.4, p.1089-1094, Apr. 1991.

LAHAV, E., TURNER, D. **Banana nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1983. 62p. (IPI-Bulletin, 7)

LIZADA, M.C.C., PANTASTICO, ER.B., SHUKOR, A.R.Abd., SABARI, S.D. Ripening of banana; changes during ripening in banana. In: HASSAN, A., PANTASTICO, Er. B. (Eds.) **Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing, in ASEAN**. Boston, 1990. cap.5, p.65-84.

LUSTRE, A.O., SORIANO, M.S., MORGA, N.S., BALAGER, A.H., TUNAC, M.M. Physicochemical changes in “Saba” bananas during normal and acetylene induced ripening. **Food Chemistry**, Essex, England, v.1, p.125, 1976.

MALAVOLTA, E., VITTI.G.C., OLIVEIRA, S.A de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação brasileira para a Pesquisa de Potassa e do Fósforo, 1997. 201p.

MANALO, J.A., SILVESTRE, T., BARRETO, T. **Effects of radiation on the chemical constituents of banana, Chico and mango fruits**. Vienna: IAEA, 1969. 14p. (IAEA contract # 440/RB).

MANICA, I. **Bananas: do plantio ao amadurecimento**. Porto Alegre, Ed. Cinco Continentes, 1998. 98p.

MANNING, K. Soft fruits. In: SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 347-77.

MARRIOT, J., PALMER, J.K. Bananas: physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **CRC Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.13, n.1, p.41, Jan. 1980.

MASCARENHAS, G.C.C. Banana: Comercialização e mercados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n. 196, p.97-108, jan/fev. 1999.

MATTHIESEN, M.L., BOTEON, M. **Análise dos principais pólos produtores de banana no Brasil**. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp/pdf/banana.pdf> >. Acesso em: 18 jul. 2004

MEDINA, J.C., GARCIA, J.L.M., KATO, K., MARTIM, Z.J., VEIRA, L.F., RENESTO, O. **V. Goiabas: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1978. 106p. (Série Frutas Tropicais, 6).

MORAES, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial de alimentos**. 5 ed. Campinas: Ed. da Unicamp, 1985. 85p.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: fundação cargill, 1987. 335p.

MOY, J.H. Low dose irradiation of food prospects and problems. In: MAGUER, M. le., JELEN, P. (eds). **Food engineering and process applications**. Vol.1. transport phenomena. Essex: **Elsevier Applied Science Publishers**, 1986. p.623-33.

MOTA, R.V., LAJOLO, F.M., CORDENUNSI, B.R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa spp.*) durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.2, p.94-97, mai-ago. 1997.

NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **Journal Biological Chemistry**, v.153, p.375-80, 1944.

O'BEIRNE, D. Irradiation of fruits and vegetables: applications and tissues. **Professional Horticulture**, v.3, p.12-19, 1989.

OLSON, D.G. Irradiation of food. **Food Technology**. v.52, n.1, p.56-62. 1998.

PALMER, J.K. The banana. In: HUME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, v.2, p.65-101. 1971.

PANTASTICO, E.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport, AVI. 1975. 560p.

PEACOCK, B.C. Banana ripening-Effect of temperature on fruit quality. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, Victoria, v.37, n.1, p.39-45. 1980.

PINTO, A.C.Q. **Influência do ácido giberélico, do permanganato de potássio e da embalagem de polietileno na conservação e embalagem de banana 'Prata'**. 1978. 80p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG.

ROCHA, J.L.V. Fisiologia pós colheita de banana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., 1984. Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: Universidade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias de Jaboticabal, 1984. p.353-367.

ROSSIGNOLI, P.A. **Atmosfera modificada por filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de banana 'Prata' em condições ambiente**. 1983. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

RYALL, A.L., LIPTON, W.J. **Handling, transportation and storage fruits and vegetables: vegetables and melons**. Westport: AVI, 1972. v.1, 473p.

RYALL, A.L., PENTZER, W.T. **Handling, transportation and storage fruits and vegetables: fruits and tree nuts.** Westport, the AVI Publishing, 1974. v.2, 545p.

SALES, A.N. **Aplicação de 1-metilciclopropeno em banana ‘Prata-Anã’ armazenada sob baixa temperatura seguida de climatização.** 2002. 69p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SAMS, C.E. Preharvest factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.3, p.249-254, mar. 1999.

SANTOS, M.A. **Influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade da banana ‘Prata-Anã’.** 2003. 56p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SARRUGE, J.R., HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas.** Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.

SATYAN, S., SCOTT, K.J., GRAHAM, C. Storage of banana bunches in sealed polyethylene tubes. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.67, n.2, p.283-287.1992.

SIGRIST, J.M.M. Distúrbios fisiológicos e pelo frio. In: INSTITUO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais.** Campinas, 1992. (ITAL. Manual Técnico; n.9).

SIGRIST, J.M.M. Transpiração. In: BLEINROTH, E.W., SIGRIST, J.M.M., ARDITO, E.F.G., CASTRO, J.V., SPAGNOL, W.A., NEVES FILHO, L.C. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais.** 2 ed. Campinas, 1992. :ITAL, 1992. p.27-32.

SILVA, S.O. Cultivares de banana para exportação. In: SILVA, J. M.M . (org) **Banana. Produção: aspectos técnicos.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 143p. (Frutas do Brasil, 1).

SILVA, S.O., ALVES, E.J., SHEPHERD, K., DANTAS, J.L.L. Cultivares. In: ALVES, E.J. (Org). **A Cultura da Banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais.** 2.ed. Brasília: Embrapa –CNPMF, 1999.cap.5, p.85-105.

SIMÃO, S. **Tratado de Fruticultura**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. 760 p.

SIMMONDS, N.W. **Los Plátanos**. Barcelona, Blume, 1973. 539p.

SMITH, N.J., SEYMOUR, G.B., JEGER, M.J., TAYLOR, G.A. Cell wall changes in banana and plantains. **Acta Horticultural**, Wageningen, v. 269, p.283-289, 1990.

SOUZA, A.T., PEIXOTO, A. da N.; WAACHHOLZ, D. **Banana**. Florianópolis: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 1995. 103p. (Estudo de economia e mercado de produtos agrícolas, 2).

SOUZA, J.S., FILHO, P.T. Aspectos Socioeconômicos. In: ALVES, E.J. (Org). **A Cultura da Banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. Brasília: Embrapa – CNPMF, 1999.cap.17, p.507-524.

STRYDOM, G.J., WHITEHEAD, C.S.. The effect of ionizing radiation on ethylene sensitivity and postharvest ripening banana fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.41, p.293-304, 1990.

STRYDOM, G.J., VAN STADEN, J., SMITH, M.T. The effect of gamma radiation on the ultrastructure of the peel of banana fruits. **Environmental and Experimental Botany**. New York, v.31, n.1, p.43-49, 1991

TAPE, N.W. Protegendo Nossas Colheitas. **Documento do ICGFI sobre Política de Segurança de Alimentos**. 1996.

THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III. Tropical fruits: bananas, mangoes and papayas. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Bombay, v. 23, n. 2, p.147-205, 1986.

THOMAS, P., DHARKAR, S.D., SREENIVASAN, A. Effect of gamma irradiation on the postharvest physiology of five banana varieties grown in India. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, p. 243-247, 1971.

TRESSLER, D.J., JOSLYN, M.A. **Fruits and vegetable juice processing**. Westport: Connecticut AVI, 1961. 1028p.

TURNER, D.W. Postharvest and Storage of tropical and subtropical fruits. Bananas and plantains. In: MITRA, S. **Postharvest storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB Internacional, 2001. p.47-77.

VIEIRA, J.O. **Efeitos da radiação gama em banana “Prata” (*Musa sp.*, Grupo AAB) irradiada em diferentes graus de maturidade e armazenada em condição ambiente e em câmara fria**. Piracicaba, 1995. 122p. (Mestrado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura Universidade de São Paulo).

VIEITES, R.L. **Conservação pós-colheita do tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente**. 1998. 131p. Tese (Livre Docência na Disciplina de Tecnologia de Alimentos de Origem Vegetal) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

VILAS BOAS, E.V.de.B. **Aspectos Fisiológicos do Desenvolvimento de Frutos**. Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 1999. 71p. (Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato sensu” Ensino à Distância: Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Manutenção e Qualidade).

VILAS BOAS, E.V.de.B. **Modificações pós-colheita de banana ‘Prata’ (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*, grupo AAB) γ -irradiada**. 1995. 75p. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

VILAS BOAS, E.V.de.B., ALVES, R.E., FILGUEIRAS, H.A.C., MENEZES, J.B. Características da fruta. In: MATSURA, F.C.A.U., FOLEGATTI, M.I.S. (Ed.) **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 71p. (Série Frutas do Brasil, 16).

WILEY, R.C. **Frutas y Hortalizas Mininamente Processadas y Refrigeradas**. Traduzido por José Fernández-Salguero Carretero. Zaragoza, Espanha: Ed Acríbia, 1997. 362p.

WILLS, R.B.,McGASSON, B.D., GRAHAM, D., JOYCE, D. **Postharvest an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. New York: CAB International, 1998. 262p.

7. APÉNDICE

Tabela 29. Modelo utilizado pelos degustadores durante a análise sensorial de banana ‘Prata’ e ‘Nanica’ irradiadas.

TABELA DE ANÁLISE SENSORIAL
Avaliação de Bananas

Nome: _____ Data ____/____/____.

Por favor, prove as amostras e marque a nota correspondente à sua percepção quanto ao sabor, textura e aroma:

Sabor:

Amostras	Ótimo 10-9	Bom 8-7	Indiferente 6-5	Ruim 4-3	Péssimo 2-1

Textura:

Amostras	Bem Firme 10-9	Firme 8-7	Média 6-5	Mole 4-3	Muito Mole 2-1

Aroma:

Amostras	Aroma Muito Forte 10-9	Aroma Forte 8-7	Aroma Moderado 6-5	Aroma Fraco 4-3	Sem Aroma 2-1