

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

**“QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE BANANA ‘NANICA’
IRRADIADA, CLIMATIZADA E REFRIGERADA ”**

LUCIANA MANOEL

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP- Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
(Dezembro - 2008)

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

**“QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE BANANA ‘NANICA’
IRRADIADA, CLIMATIZADA E REFRIGERADA ”**

LUCIANA MANOEL

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP- Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
(Dezembro - 2008)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M285q Manoel, Luciana, 1975-
Qualidade e conservação de banana nanica irradiada, climatizada e refrigerada / Luciana Manoel. - Botucatu : [s. n.] , 2008.
xviii, 102 f. : il., color gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Rogério Lopes Vieites
Inclui bibliografia

1. Banana. 2. Pós-colheita. 3. Temperatura. 4. Alimentos - Conservação por irradiação. 5. Etileno. I. Vieites, Rogério Lopes. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu) Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título

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

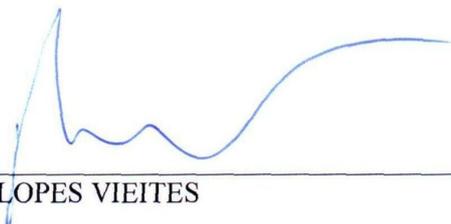
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE BANANA ‘NANICA’ IRRADIADA,
CLIMATIZADA E REFRIGERADA”**

ALUNA: LUCIANA MANOEL

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES



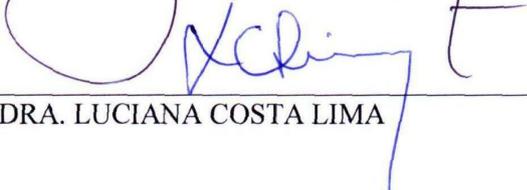
PROFA. DRA. REGINA MARTA EVANGELISTA



PROFA. DRA. MAGALI CONCEIÇÃO MONTEIRO DA SILVA



PROF. DR. JOSÉ MARIA MONTEIRO SIGRIS



PROFA. DRA. LUCIANA COSTA LIMA

Data da Realização: 15 de dezembro de 2008.

Não faças do amanhã o sinônimo de nunca, nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais. Teus passos ficaram. Olhes para trás ... mas vá em frente pois há muitos que precisam que chegues para poderem seguir-te."

Charles Chaplin

OFEREÇO

À minha mãe Dina, que com seu amor assistiu meus avanços, amparou-me nas pequenas derrotas e sorriu com minhas vitórias.

DEDICO

Ao meu noivo Wander, pelos anos de convivência que foram baseados em companheirismo, confiança, dedicação e amor. Por sua paciência, ajuda e compreensão nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar coragem e entusiasmo para recomeçar a cada dia e por preparar hoje o meu amanhã.

À Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP/SP-Câmpus de Botucatu pela aprendizagem e oportunidade concedidas.

Ao Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites por toda orientação, desde a iniciação científica até a conclusão desse trabalho de doutorado, por todos os ensinamentos transmitidos, pela amizade e compreensão.

À Coordenação do Curso de Pós-graduação, representada pelos professores Marco Antonio Biaggioni e Zacharias Xavier de Barros, por toda a oportunidade e ajuda recebida.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À Fazenda Taperão, em especial ao Hamilton, pelo fornecimento das frutas utilizadas no primeiro experimento. À Fazenda Sacramento Agropastoril, em especial aos agrônomos Carlos e José Antônio pela disponibilização e climatização das frutas do segundo experimento.

À CBE (Companhia Brasileira de Esterilização) por ter permitido a irradiação das frutas nos dois experimentos.

Às Professoras Dras. Regina Marta Evangelista e Sarita Leonel por todos os ensinamentos transmitidos e por se tornarem além de professoras, amigas que durante todo o período de convivência aprendi a respeitar e admirar.

À Professora Dra. Guiseppina Pace P. Lima por mais uma vez ceder a câmara fria do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, para o armazenamento das bananas do segundo experimento.

Aos novos e grandes amigos que conquistei: Sérgio Marques Costa, Maria Augusta Tremocoldi (K-xa) e Nágela; pois sem eles esse experimento não teria sido concluído, além é claro de todos os momentos bons e divertidos que passamos juntos. Ao velhos e também grandes amigos que mantive: Gláucia Cristina Moreira (que muito contribuiu nesse experimento), André José de Campos, Erval R. Damatto Junior, Douglas Seijum Kohatsu e Erika Fujita.

À técnica de laboratório Márcia Adriana, que muito me ajudou nas análises de amido, açúcares e as “terríveis” enzimas, além da grande amizade que construímos durante todos esses anos. Ao também técnico Edson Alves Rosa (“Negão”) que com seu vozeirão vai chegando de “mansinho” e conquistando a todos, sem nunca negar ajuda (até mesmo à toda velocidade), obrigada por todos esses anos de aprendizagem, broncas, risos e por nossa amizade sincera.

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

À toda a minha família, amigos fora da faculdade e colegas que de alguma maneira fizeram parte desse caminhar.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	XV
SUMMARY	XVII
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DA BANANA	3
2.1.1 Aspectos Botânicos e Climáticos.....	3
2.1.2 Colheita, Transporte e Preparação das Frutas	4
2.1.3 Aspectos Econômicos	7
2.1.4 Aspectos Fisiológicos.....	9
2.2 ARMAZENAMENTO REFRIGERADO.....	12
2.3. RADIAÇÃO	15
3 - MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. EXPERIMENTO 1-UTILIZAÇÃO DA IRRADIAÇÃO NA DIMINUIÇÃO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO DAS BANANAS ‘NANICA’	19
3.1.1. Origem, Colheita e Preparo dos Frutos.....	19
3.1.2. Tratamentos Pós-colheita e Condições de Armazenamento	20
3.2. EXPERIMENTO 2-QUALIDADE DA BANANA ‘NANICA’ IRRADIADA A 0,4 KGY E CLIMATIZADA EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA.....	21
3.2.1. Origem, Colheita e Preparo dos Frutos.....	21
3.2.2. Tratamentos Pós-colheita e Condições de Armazenamento	23
3.3. ANÁLISES FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS, QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS	25
3.3.1. Grupo Controle	25
3.3.1.1. Perda de Massa	25
3.3.1.2. Coloração da Casca.....	25
3.3.1.3. Respiração.....	27
3.3.1.4. Conservação Pós-colheita.....	27
3.3.1.5. Índice de Doenças	28
3.3.2. Grupo Parcela	28
3.3.2.1. Sólidos Solúveis (SS)	28
3.3.2.2. Acidez Titulável (AT).....	28
3.3.2.3. Índice de Maturação ‘Ratio’ (SS/AT).....	29
3.3.2.4. Relação Polpa/casca	29
3.3.2.5. Firmeza.....	29

3.3.2.6. Açúcares Totais, Redutores e Amido.....	29
3.3.2.7. Potássio	30
3.3.2.8. Extração e Determinação da Atividade da Pectinametilesterase (PME).....	30
3.3.2.9. Extração e Determinação da Atividade da Poligalacturonase (PG).....	30
3.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	31
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. EXPERIMENTO 1 – UTILIZAÇÃO DA IRRADIAÇÃO NA DIMINUIÇÃO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO DAS BANANAS ‘NANICA’	32
4.1.1. Perda de Massa	32
4.1.2. Coloração da Casca	34
4.1.3. Respiração.....	37
4.1.4. Conservação Pós-colheita.....	38
4.1.5. Sólidos Solúveis (SS)	39
4.1.6. Acidez Titulável (AT).....	41
4.1.7. Índice de Amadurecimento ‘Ratio’ (SS/AT)	42
4.1.8. Relação Polpa/casca	44
4.1.9. Firmeza.....	46
4.1.10. Amido, Açúcares Totais (AT) e Redutores (AR).....	48
4.1.11. Potássio	52
4.1.12. Pectinametilesterase (PME) e Poligalacturonase (PG).....	54
4.2. EXPERIMENTO 2 – QUALIDADE DA BANANA ‘NANICA’ IRRADIADA A 0,4 kGy, CLIMATIZADA EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E REFRIGERADA.....	58
4.2.1. Perda de Massa	58
4.2.2. Coloração da Casca	59
4.2.3. Respiração.....	63
4.2.4. Conservação Pós-colheita.....	65
4.2.5. Sólidos Solúveis (SS)	66
4.2.6. Acidez Titulável (AT).....	68
4.2.7. Índice de Amadurecimento ‘Ratio’ (SS/AT)	69
4.2.8. Relação Polpa/casca	70
4.2.9. Firmeza.....	72
4.2.10. Amido, Açúcares Totais (AT) e Redutores (AR).....	73
4.2.11. Potássio	76
4.2.12. Pectinametilesterase (PME) e Poligalacturonase (PG).....	77
4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
5 - CONCLUSÃO	84
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. VARIAÇÃO MÉDIA PERCENTUAL DE PERDA DE MASSA FRESCA, DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	33
TABELA 2. VARIAÇÃO MÉDIA PERCENTUAL DA PERDA DE MASSA FRESCA, DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	33
TABELA 3. VARIAÇÃO MÉDIA PERCENTUAL DA PERDA DE MASSA FRESCA, DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	34
TABELA 4. VARIAÇÃO MÉDIA NA COLORAÇÃO DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	35
TABELA 5. VARIAÇÃO MÉDIA NA COLORAÇÃO DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	36
TABELA 6. VARIAÇÃO MÉDIA NA COLORAÇÃO DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	36
TABELA 7. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEMPO (DIAS) DE CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DAS BANANAS 'NANICAS', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR.	39
TABELA 8. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX) DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	40
TABELA 9. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX) DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	40
TABELA 10. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX) DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	41
TABELA 11. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE ACIDEZ TITULÁVEL (G.AC.MÁLICO X 100G DE POLPA ¹) DAS BANANAS 'NANICA', ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	41

TABELA 12. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE ACIDEZ TITULÁVEL (G.AC.MÁLICO X 100G DE POLPA ¹) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	42
TABELA 13. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE ACIDEZ TITULÁVEL (G.AC.MÁLICO X 100G DE POLPA ¹) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	42
TABELA 14. VARIAÇÃO MÉDIA DA RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL (“RATIO”) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	43
TABELA 15. VARIAÇÃO MÉDIA DA RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL (“RATIO”) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	44
TABELA 16. VARIAÇÃO MÉDIA DA RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL (“RATIO”) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	44
TABELA 17. VARIAÇÃO MÉDIA DA RELAÇÃO POLPA/CASCA DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	45
TABELA 18. VARIAÇÃO MÉDIA DA RELAÇÃO POLPA/CASCA DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	45
TABELA 19. VARIAÇÃO MÉDIA DA RELAÇÃO POLPA/CASCA DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	45
TABELA 20. VARIAÇÃO MÉDIA NA FIRMEZA (GF CM ⁻²), DAS BANANAS ‘NANICA’, COM CASCA E SEM CASCA, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	46
TABELA 21. VARIAÇÃO MÉDIA NA FIRMEZA (GF CM ⁻²), DAS BANANAS ‘NANICA’, COM CASCA E SEM CASCA, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	47
TABELA 22. VARIAÇÃO MÉDIA NA FIRMEZA (GF CM ⁻²), DAS BANANAS ‘NANICA’, COM CASCA E SEM CASCA, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À 80±5% UR, POR 25 DIAS.	48
TABELA 23. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE AMIDO (%) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À 80±5% UR, POR 25 DIAS.....	48

TABELA 24. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE AMIDO (%) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	49
TABELA 25. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE AMIDO (%) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	50
TABELA 26. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS (%) E AÇÚCARES REDUTORES (%), DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	50
TABELA 27. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS (%) E AÇÚCARES REDUTORES (%) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	51
TABELA 28. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS (%) E AÇÚCARES REDUTORES (%), DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	52
TABELA 29. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE POTÁSSIO ($\text{MG } 100\text{G}^{-1}$ DE MATÉRIA SECA) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	53
TABELA 30. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE POTÁSSIO ($\text{MG } 100\text{G}^{-1}$ DE MATÉRIA SECA) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	53
TABELA 31. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE POTÁSSIO ($\text{MG } 100\text{G}^{-1}$ DE MATÉRIA SECA) DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	54
TABELA 32. VARIAÇÃO MÉDIA DA ATIVIDADE DA PECTINAMETILESTERASE ($\text{U.E. MIN}^{-1} \text{G}^{-1}$ DE TECIDO) E POLIGALACTURONASE ($\text{U.E. MIN}^{-1} \text{G}^{-1}$ DE TECIDO), DAS BANANAS ‘NANICAS’ ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS, SEM E COM IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY, À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	55
TABELA 33. VARIAÇÃO MÉDIA DA ATIVIDADE DA PECTINAMETILESTERASE ($\text{U.E. MIN}^{-1} \text{G}^{-1}$ DE TECIDO) E POLIGALACTURONASE ($\text{U.E. MIN}^{-1} \text{G}^{-1}$ DE TECIDO), DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS EM TRÊS DIFERENTES TEMPERATURAS À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	56
TABELA 34. VARIAÇÃO MÉDIA DA ATIVIDADE DA PECTINAMETILESTERASE ($\text{U.E. MIN}^{-1} \text{G}^{-1}$ DE TECIDO) E POLIGALACTURONASE ($\text{U.E. MIN}^{-1} \text{G}^{-1}$ DE TECIDO), DAS BANANAS ‘NANICA’, ARMAZENADAS SEM OU COM O USO DA IRRADIAÇÃO A 0,4 KGY À $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	57
TABELA 35. VARIAÇÃO MÉDIA PERCENTUAL DE PERDA DE MASSA FRESCA, DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^\circ\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS.	58

- TABELA 36. VARIAÇÃO MÉDIA NA COLORAÇÃO (REFERENTES AO HUE) DAS PARTES SUPERIOR, MÉDIA E INFERIOR NAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 60
- TABELA 37. VARIAÇÃO MÉDIA NA COLORAÇÃO (REFERENTES A CHROMA) DAS PARTES SUPERIOR, MÉDIA E INFERIOR NAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 62
- TABELA 38. VARIAÇÃO MÉDIA DOS DIAS DE CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR. 65
- TABELA 39. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS ($^{\circ}\text{Brix}$) DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 67
- TABELA 40. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE ACIDEZ TITULÁVEL (G.AC.MÁLICO 100G DE POLPA⁻¹) DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS A 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 68
- TABELA 41. VARIAÇÃO MÉDIA DA RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL (“RATIO”) DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS A 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 69
- TABELA 42. VARIAÇÃO MÉDIA NA RELAÇÃO POLPA/CASCA DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 71
- TABELA 43. VARIAÇÃO MÉDIA NA FIRMEZA (GF CM^{-2}), DAS BANANAS ‘NANICA’, COM CASCA E SEM CASCA NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 72
- TABELA 44. VARIAÇÃO MÉDIA NO TEOR DE AMIDO (%) DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 74
- TABELA 45. VARIAÇÃO MÉDIA NO TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS E AÇÚCARES REDUTORES (%) DAS BANANAS ‘NANICA’, NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS. 75

- TABELA 46. VARIAÇÃO MÉDIA DO TEOR DE POTÁSSIO ($\text{MG } 100\text{G}^{-1}$ DE MATÉRIA SECA), DAS BANANAS 'NANICA', NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^\circ\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS.....77
- TABELA 47. VARIAÇÃO MÉDIA DA ATIVIDADE DA PECTINAMETILESTERASE E POLIGALACTURONASE ($\text{U.E. MIN}^{-1} \text{G}^{-1}$ DE TECIDO), DAS BANANAS 'NANICA', NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^\circ\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS.....78

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. COLHEITA	21
FIGURA 2. TRANSPORTE EM “CEGONHEIRA”	21
FIGURA 3. TRANSPORTE DOS CACHOS EM GANCHOS	22
FIGURA 4. DESPISTILAGEM.....	22
FIGURA 5. CONSTITUIÇÃO DOS BUQUÊS	22
FIGURA 6. IMERSÃO NOS TANQUES DE LIMPEZA	22
FIGURA 7. FORMAÇÃO DOS LOTES	23
FIGURA 8. IRRADIAÇÃO	23
FIGURA 9. PARTE DO DIAGRAMA DE CROMATICIDADE A^* , B^*	26
FIGURA 10. TAXA RESPIRATÓRIA ($\text{ML CO}_2 \text{ KG}^{-1} \text{ HORA}^{-1}$) DAS BANANAS ‘NANICA’ NÃO IRRADIADAS E IRRADIADAS A 0,4 KGY E ARMAZENADAS A $16\pm 1^\circ\text{C}$, $14\pm 1^\circ\text{C}$ E $12\pm 1^\circ\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 25 DIAS.	38
FIGURA 11. TAXA RESPIRATÓRIA ($\text{ML CO}_2 \text{ KG}^{-1} \text{ HORA}^{-1}$) DAS BANANAS ‘NANICA’ NÃO IRRADIADAS, IRRADIADAS À 0,4 KGY, CLIMATIZADAS EM DIFERENTES HORAS APÓS A COLHEITA E ARMAZENADAS A $14\pm 1^\circ\text{C}$ E $80\pm 5\%$ UR, POR 15 DIAS.	64

RESUMO

Objetivou-se no *primeiro experimento* avaliar o uso da radiação gama, na dose de 0,4 kGy, na redução da temperatura de armazenamento da banana 'Nanica', enquanto que no *segundo experimento* avaliou-se a qualidade da banana 'Nanica' irradiada a 0,4 kGy e climatizada em diferentes horas após a colheita. No *primeiro experimento* as bananas 'Nanica' foram adquiridas na Fazenda Taperão, cidade de Brotas (SP), enviadas a CBE (Companhia Brasileira de Esterilização-Cotia-SP) para irradiação e contituição dos seguintes tratamentos: T1 (frutas irradiadas a 0,4 kGy e armazenadas a $16\pm 1^{\circ}\text{C}$); T2 (frutas irradiadas a 0,4 kGy e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$); T3 (frutas irradiadas a 0,4 kGy e armazenadas a $12\pm 1^{\circ}\text{C}$); T4 (frutas não irradiadas e armazenadas a $16\pm 1^{\circ}\text{C}$); T5 (frutas não irradiadas e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$) e T6 (frutas não irradiadas e armazenadas a $12\pm 1^{\circ}\text{C}$). No *segundo experimento* as bananas 'Nanica' adquiridas na Fazenda Sacramento, cidade de Avaré (SP), também foram separadas em lotes de acordo com a definição dos tratamentos: BNINC (frutas não irradiadas e não climatizadas); BINC (frutas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas); BNIC-0 (frutas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita); BIC-24 (frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 24 horas após a colheita); BIC-48 (frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 48 horas após a colheita); BIC-72 (frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 72 horas após a colheita) e BIC-96 (frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 96 horas após a colheita), levadas a CBE (Jarinu-SP) para irradiação e posteriormente a climatização em Bauru (SP). Os frutos do *primeiro experimento* foram armazenados em B.O.D do Departamento de

Gestão e Tecnologia Agronômica (FCA), enquanto que os frutos do *segundo experimento* foram armazenados em câmara fria a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ do Departamento de Química e Bioquímica, em ambos estabeleceu-se a umidade relativa de $80\pm 5\%$. Os experimentos foram divididos em dois grupos: *grupo controle* (perda de massa, coloração da casca, respiração, conservação pós-colheita e índice de doenças) e *grupo parcela* (sólidos solúveis; acidez titulável; 'Ratio'; relação polpa/casca; firmeza; açúcares totais, redutores e amido; potássio; pectinametilesterase e poligalacturonase). As análises foram realizadas a cada 5 dias, por um período de 25 dias, para o *primeiro experimento* e a cada 3 dias, por um período de 15 dias, para o *segundo experimento*. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado (DIC), aplicando-se um fatorial $2 \times 3 \times 6$ (irradiação x temperatura x tempo), ao *primeiro experimento* e fatorial 7×6 (tratamentos x tempo), para o *segundo experimento*. Para comparação entre as médias, foi utilizado o teste de Tukey a de 5% de probabilidade. A irradiação não reduziu a temperatura de armazenamento para as bananas 'Nanica' do *primeiro experimento*. No *segundo experimento*, o melhor período para aplicação de etileno nas bananas 'Nanica' irradiadas, sem o comprometimento da qualidade, foi entre 24 e 48 horas após a colheita.

Palavras chaves: temperatura, radiação gama, amadurecimento controlado, pós-colheita, *Musa sp*

QUALITY AND CONSERVATION OF BANANA ‘NANICA’ IRRADIATED, CLIMATIZED AND REFRIGERATED. Botucatu, 2008. 99p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Luciana Manoel

Adviser: Rogério Lopes Vieites

SUMMARY

The aim of the *first experiment* was to evaluate the use of gamma radiation, in a dose of 0,4kGy, on the storage temperature reduction of the banana ‘Nanica’, while in the *second experiment* the aim was to evaluate the quality of the banana ‘Nanica’ irradiated with 0,4kGy, and climatized in different hours after its harvest. In the *first experiment* the bananas ‘Nanica’ were harvested in the Fazenda Taperão, Brotas (SP) town, and sent to CBE (Companhia Brasileira de Esterilização-Cotia-SP) for irradiation and constitution of the following treatments: T1 (fruits irradiated at 0,4 kGy and stored at $16\pm 1^{\circ}\text{C}$); T2 (fruits irradiated at 0,4 kGy and stored at $14\pm 1^{\circ}\text{C}$); T3 (fruit irradiated at 0,4 kGy and stored at $12\pm 1^{\circ}\text{C}$); T4 (fruits non-irradiated and stored at $16\pm 1^{\circ}\text{C}$); T5 (fruits non-irradiated and stored at $14\pm 1^{\circ}\text{C}$) and T6 (fruits non-irradiated and stored at $12\pm 1^{\circ}\text{C}$). In the *second experiment* the bananas ‘Nanica’ were acquired from Fazenda Sacramento, Avaré (SP) town, and divided in portions according to the definitions of the following treatments: BNINC (fruits non-irradiated and non-climatized); BINC (fruits irradiated at 0,4 kGy and non-climatized); BNIC-0 (fruits non-irradiated and climatized in the next day after harvest); BIC-24 (fruits irradiated at 0,4 kGy and climatized 24 hours after harvest); BIC-48 (fruits irradiated at 0,4 kGy and climatized 48 hours after harvest); BIC-72 (fruits irradiated at 0,4 kGy and climatized 72 hours after harvest) and BIC-96 (fruits irradiated at 0,4 kGy and climatized 96 hours after harvest), sent to CBE (Jarinu-SP) for irradiation and posterior climatization in Bauru (SP). The fruits of the *first experiment* were stored in B.O.Ds. of the department of Gestão and Tecnologia Agroindustrial (FCA), while the fruits of *second experiment* were stored in a cold chamber at $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ in the department of Química and Bioquímica, both with a

relative humidity of $80\pm 5\%$. The experiments were divided in two groups: *control group* (loss of weight; peel color; respiration; postharvest conservation and disease incidence) and *parcel group* (soluble solids; titrable acidity; "Ratio"; pulp/peel rate; firmness; total sugars; reducing sugar; starch; potassium; pectinmethylesterase; polygalacturonase). For the *first experiment* the analyses were performed in intervals of five days during a period of 25 days, and interval of three days during a period of 15 days for the *second experiment*. The experimental design employed was completely randomized (DIC) by applying a factor of 2 x 3 x 6 (irradiation x temperature x time) for the *first experiment*, and by a factor of 7 x 6 (treatment x time) for the *second experiment*. The Tukey test with 5% of probability was used for comparison between means. In the *first experiment*, the storage temperature of the bananas 'Nanica' was not reduced by irradiation. In the *second experiment*, the best period for ethylene application in the bananas 'Nanica' irradiated, without compromising quality, was between 24 and 48 hours after harvest.

Keywords: temperature, gamma radiation, controlled ripening, postharvest, *Musa sp*

1 - INTRODUÇÃO

A alta perecibilidade dos frutos, devido à continuidade dos processos metabólicos na fase pós-colheita, juntamente com procedimentos inadequados aplicados à colheita, assim como ao transporte e armazenamento são os principais fatores responsáveis pelo comprometimento da qualidade (Carvalho et al., 2001).

O desenvolvimento e adoção de técnicas na pós-colheita têm sido de fundamental importância para adequar os diferentes frutos às exigências do mercado interno e externo, assim como facilitar a logística do envio de frutos a localidades mais distantes no próprio país e abastecer regularmente o mercado interno (Perosa e Pierre, 2002).

Por outro lado, qualquer que seja a técnica utilizada no período pós-colheita não acarretará em melhora na qualidade inicial do produto, mas sim e no máximo a manterá. O potencial de conservação de um fruto está diretamente relacionado, não só como o manejo adequado após a colheita, mas também, com as condições climáticas durante a produção e as práticas culturais (Chitarra e Chitarra, 2005).

Especial cuidado deve ser tomado na conservação das bananas, por serem classificadas como climatéricas, além de serem muito sensíveis aos efeitos da temperatura. Por esta razão, o valor das perdas pode ser alto, se as frutas não forem submetidas a um adequado tratamento após a colheita (Kader, 1992).

A temperatura recebe destacada importância no controle da vida útil de frutas e hortaliças por exercer influência direta sobre o processo respiratório. Além da

influência sobre a respiração, o controle da temperatura também reduz todas as reações metabólicas uma vez que através do processo respiratório é gerada a energia necessária para a síntese de enzimas, constituintes da membrana celular dentre outros produtos sintetizados durante o amadurecimento (Chitarra e Chitarra, 2005; Salunkhe et al., 1991, Seymour et al, 1993).

O amadurecimento da banana é desuniforme em vista da formação dos frutos em pencas, com diferentes idades. A climatização é uma técnica que, além de proporcionar um amadurecimento mais uniforme, tem a finalidade de desencadear e acelerar o processo de amadurecimento. Nesse sistema, temperatura, umidade do ar e concentração de gases são controlados, ocorrendo aplicações pré-determinadas de gás indutor do amadurecimento (Rocha, 1984).

A irradiação de frutas e hortaliças pós-colheita tem como principal interesse a redução ou atraso nos danos causados por doenças ou por insetos, atuando como fungicida ou inseticida. Contudo, é também utilizada como método de conservação, prolongando o armazenamento pelo atraso do amadurecimento e do brotamento de alguns produtos. Dependendo da dose aplicada, pode provocar escurecimento, amaciamento, desenvolvimento de depressões superficiais e amadurecimento anormal (Chitarra e Chitarra, 2005).

O objetivo do primeiro experimento foi avaliar o uso da radiação gama, na dose de 0,4 kGy, na redução da temperatura de armazenamento da banana 'Nanica'. O segundo experimento avaliou a qualidade da banana 'Nanica' irradiada a 0,4 kGy e climatizada em diferentes horas após a colheita, simulando a produção distante do centro de comercialização e dessa forma observar os efeitos gerados.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características da banana

2.1.1 Aspectos Botânicos e Climáticos

Segundo Alves et al. (1999), os registros mais antigos indicam que a banana é originária da Ásia Meridional (regiões tropicais da Índia e Malásia) e que se disseminou, posteriormente, para várias partes do mundo. Assim os diversos continentes cultivam-na, mas foi nas Américas e no continente de origem que a cultura encontrou melhores condições de crescimento.

Embora exista um número expressivo de variedades de banana no Brasil, quando se consideram aspectos como preferência dos consumidores, produtividade, tolerância a pragas e doenças, resistência à seca, porte e resistência ao frio, restam poucas cultivares com potencial agrônomo para serem usadas comercialmente. As cultivares mais difundidas no Brasil são: Prata, Prata Anã, Pacovan (responsáveis por aproximadamente 60% da área cultivada com banana no Brasil), do grupo AAB, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, utilizadas principalmente para exportação (Oliveira et al. 1999).

As condições ambientais podem causar variações nas características físicas dos produtos, com redução da aparência. Bananas de uma mesma cultivar, desenvolvidas em duas localidades geográficas com condições climáticas diferentes apresentam diferenças no tamanho e na forma (Chitarra e Chitarra, 2005).

Segundo Aubert (1971) e Ganry (1973) a temperatura ótima para o desenvolvimento das bananeiras comerciais está em torno de 28°C, com mínimas não inferiores a 18°C e máximas não superiores a 34°C. Desde que haja suprimento de água e nutrientes, esta faixa de temperatura proporciona o máximo crescimento da planta.

As baixas temperaturas aumentam o ciclo de produção das bananeiras, prejudicam os seus tecidos e provocam danos fisiológicos nos frutos; temperaturas superiores a 35°C provocam a desidratação dos tecidos, causando prejuízos ao desenvolvimento da planta e à qualidade dos frutos (Soto Balestero, 1992).

O consumo de água pela planta é elevado e constante, em função de sua morfologia e da necessidade de hidratação dos seus tecidos. As maiores produções estão associadas a uma precipitação total anual de 1.900 mm, bem distribuída no decorrer do ano (Alves et al., 1999).

O vento é outro fator climático que influencia no cultivo da banana, podendo causar desde pequenos danos até a destruição do bananal. Segundo Moreira (1987), os prejuízos são proporcionais à sua intensidade e podem provocar: *chilling* ou “friagem”, no caso dos ventos frios; desidratação da planta devido a grande evaporação; fendilhamento das nervuras secundárias; redução da área foliar e tombamento de plantas.

As bananeiras podem ser plantadas em todos os estados brasileiros porque se adaptam, facilmente, a áreas com altitudes variando entre 0 e 1.000 metros. Outros fatores de influência são a altitude e a latitude, que quanto maiores, aumentam os ciclos de produção, principalmente para as cultivares Nanica e Nanicão (Rangel et al., 2002).

2.1.2 Colheita, Transporte e Preparação das Frutas

Para se ter frutos com melhor qualidade deve-se envolver os cachos com sacos de polietileno, quando estes estiverem emitindo as primeiras brácteas. Esta prática

evita os danos provocados pelo atrito das folhas com os frutos, reduz o ataque de insetos, protege os frutos contra temperaturas extremas, melhora a aparência e protege contra danos durante o transporte (Manica, 1997).

A colheita da banana no Brasil, para qualquer cultivar, é feita manualmente e pode ser realizada por um ou dois operadores, dependendo da altura das plantas e do peso dos cachos, onde um apóia o cacho em seu ombro, forrado com espuma, e o outro corta o engaço, destacando-o da planta. Uma vez cortado da planta-mãe, o cacho é transportado no ombro até o carreador mais próximo, onde aguarda pelo transporte até o galpão de embalagem (Manica, 1997; Alves et al., 1999).

Os cachos devem ser colhidos com os frutos ainda "verdes". Os cachos amadurecidos na própria planta, desenvolvem frutos com rachaduras na casca e apresentam a polpa com aspecto farináceo (Sommer e Arpaia, 1992). O transporte do cacho está correlacionado com o tipo de organização do bananal, com a mão-de-obra disponível, com o meio de transporte existente e o destino do produto (Alves et al., 1999).

Existem vários sistemas de transporte dos cachos do pomar até o galpão de embalagem. Souza (2000), cita o transporte em carrocerias, seja em carreta de trator, em caminhão ou em carrocerias do tipo "cegonheiras" e recentemente o transporte efetuado por cabo aéreo. O mesmo autor afirma que no caso do transporte em carretas de trator, caminhão ou outros veículos, deve-se conduzir os cachos diretamente da planta até o veículo transportador. Os cachos devem ser acomodados suavemente, evitando-se choques. O fundo da carroceria, assim como também entre os cachos e as camadas, deve ser forrado com materiais de proteção, tais como colchão de espuma ou folhas de bananeira.

Segundo Lichtemberg et al., (2001) o transporte é, talvez, a etapa mais importante para a aparência do produto, pois a maioria das pequenas batidas, pressões e atritos nas frutas ocorrem durante essa etapa e no empilhamento dos cachos. Isso resulta na presença de manchas escuras na casca da banana após o amadurecimento.

Antes, os cachos eram despencados e embalados no campo e transportados para o mercado. Atualmente, o despencamento e o empacotamento das pencas e buquês são feitos no galpão de beneficiamento ou embalagem (*packing house*), que inclui, além dessas, as operações de limpeza, despistilagem, lavagem, sanitização e seleção dos frutos (Magalhães, 2002).

No galpão de embalagem o processo se inicia com a recepção dos cachos, que são pendurados em trilhos (Souza, 2000). Inicia-se então a eliminação de cachos e pencas com defeitos comuns que poderão influenciar negativamente na qualidade das frutas (Coelho, 2007). São eliminadas bananas deformadas, muito “magras”, muito “gordas”, queimadas pelo sol, atacadas por pragas e com sintomas de doenças (Botrel et al., 2001). Posteriormente realiza-se a despistilagem, que é a operação para retirada dos restos florais existentes nas pontas das frutas, deve ser realizada com cuidado para não provocar ferimentos e juntamente ocorre o despencamento com ajuda de ferramenta adequada (Lichtemberg, 1999)

Na operação de despencamento, as pencas são cortadas o mais próximo possível da ráquis, deixando-se o máximo de almofada. O corte pode ser feito com espátula, faca curva afiada ou despencador giratório, no caso de locais frios, em que a almofada das pencas é mais dura. Depois do despencamento, as pencas são colocadas em tanques com água de boa qualidade, detergente neutro (200 a 400mL 1000L⁻¹) e sulfato de alumínio (200 a 400g 1000L⁻¹), durante aproximadamente 20 minutos, para cicatrização dos cortes nas almofadas, precipitação de resíduos orgânicos e redução do calor de campo da fruta, contribuindo para sua maior vida útil (Botrel et al., 2001).

O deslocamento das pencas da entrada até a saída do tanque é feito por meio de esguichos de água dirigidos para cima, obtidos por meio da colocação de canos perfurados acima do nível da água (Lichtemberg, 2001). As bananas são então classificadas, sendo que a maioria dos produtores utilizam o comprimento e o diâmetro (Botrel et al., 2001) apesar da existência do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas (Ceagesp, 2006).

A etapa de embalagem é uma das mais importantes em todo o longo e complexo caminho percorrido entre o produtor e o consumidor final (Coelho, 2007). A embalagem é um dispositivo destinado a conter, proteger e vender um determinado produto. A função de proteção está relacionada à capacidade da embalagem em suportar e proteger seu conteúdo das adversidades encontradas nos meios de distribuição. A função de marketing da embalagem, muito pouco utilizada no Brasil, visa a associar um determinado produto agrícola à sua marca. Sabe-se, porém, que a maior parte da produção brasileira de frutas ainda é vendida em embalagens inadequadas, que prejudicam a manutenção da qualidade, são causa

de perdas e veículo de doenças para as plantas e até mesmo para o ser humano (Ivancko, 2002).

Atualmente, existe uma grande diversidade de embalagens para banana no Brasil, tanto em relação ao material, quanto à capacidade. São encontradas no mercado, embalagens confeccionadas em madeira ou aglomerados de madeira, em plástico e papelão, com capacidade variando de 10 a 25 kg. As dimensões das embalagens usadas variam ainda mais, pois, praticamente cada local ou fabricante, usa formatos diferentes (Lichtemberg et al., 2001).

As embalagens utilizadas na comercialização da banana devem ser marcadas, rotuladas ou etiquetadas com caracteres legíveis, em lugar de destaque ou de fácil visualização e localização, devendo constar, obrigatoriamente, na identificação: grupo ou variedade, tipo, peso bruto e ou líquido, origem do produto e nome ou número do produtor ou embalador (Chitarra e Chitarra, 1984.)

2.1.3 Aspectos Econômicos

Dentre as frutas de clima tropical a banana é a mais cultivada e consumida no Brasil e uma das mais importantes do mundo, sendo base da economia de alguns países. Seu cultivo é realizado em todos os Estados da Federação, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior (Alves, 1999).

Segundo dados estatísticos do IBGE(2006), a Índia é o maior produtor mundial de banana, enquanto o Brasil ocupa o 2º lugar, com cerca de 9% do que é produzido mundialmente. O volume total de produção de 6.959,389 ton ano⁻¹ é praticamente consumido dentro do país.

O Equador é o país com a maior quantidade exportada de banana. De acordo com dados do Ministério da Agricultura daquele país, a fruta representa seu segundo principal bem de exportação, atrás apenas do petróleo. São 752 milhões de dólares, metade do valor gerado pelo petróleo, porém sete vezes maior que o terceiro colocado, o camarão (com US\$ 176 milhões). Aproximadamente 80% da banana produzida no Equador destina-se à

venda no mercado externo. Outros exportadores importantes são Costa Rica, Filipinas, Colômbia e Guatemala (Sebrae, 2008).

As três maiores produtoras mundiais de banana são Chiquita Brands International, Dole e Del Monte, todas multinacionais norte-americanas com forte presença em países da América Central e do Sul (inclusive o Brasil). Os produtos destas empresas (que respondem por 80% do volume transacionado internacionalmente) foram apelidados de “*dollar-bananas*”, indicando tanto a nacionalidade das corporações como sua destinação exclusivamente para exportação (Sebrae, 2008).

Os Estados Unidos são o maior importador mundial de banana, por meio da compra dos produtos que suas próprias organizações plantam, colhem e transportam de outras nações. Em 2005, foram quase 4 milhões de toneladas, volume que transforma o país no quinto maior mercado consumidor, sua produção local limita-se apenas a 9mil toneladas ano⁻¹. Outras nações desenvolvidas que representam valores significativos de importação são Alemanha, Japão, Bélgica, Reino Unido, Itália e Canadá. Juntam-se a esse grupo Irã, Rússia e China, países asiáticos que contam com grandes contingentes populacionais e que estão localizados próximos aos maiores pólos produtores mundiais da fruta (Sebrae, 2008).

Ao longo dos anos noventa, várias regiões brasileiras criaram e expandiram pólos bananicultores, tendo destaque para os Estados de Santa Catarina, Minas Gerais e Rio Grande do Norte. O estado sulista apresenta a grande vantagem de estar mais próximo dos compradores uruguaios e argentinos, enquanto o estado nordestino está mais próximo do mercado europeu e conta com maior apoio logístico para a remessa marítima da fruta (Perez, 2001)

Quanto a distribuição regional da produção, registram-se os seguintes índices: Nordeste (38,88%), Sudeste (29,79%), Norte (14,48%), Sul (13,64%) e Centro-Oeste (3,19%). Com relação aos três maiores Estados produtores, tem-se a seguinte ordem: Bahia com 1.182,941 ton ano⁻¹ (devido a maior área colhida); São Paulo com 1.175,768 ton ano⁻¹ e Santa Catarina com 596,636 ton ano⁻¹. A produção restante é originário dos demais estados (IBGE, 2006).

O município de maior produção do País, com 164.000 toneladas colhidas em 2004, foi Wenceslau Guimarães, na Bahia, responsável por 18,80% da produção de seu estado. Em segundo e terceiro lugares ficaram Corupá e Luiz Alves, ambos em Santa

Catarina, que juntos respondem por 42,45% da produção estadual. Cajati, Sete Barras, Jujuiá, Miracatu, Eldorado, Itariri e Jacupiranga (quarto a décimo produtores) são municípios de São Paulo, e juntos correspondem a 57,93% da produção paulista. Os dez municípios concentram 16,05% da produção nacional (IBGE, 2004).

2.1.4 Aspectos Fisiológicos

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 europeu e norte-americano, pois não atende às exigências dos mesmos, principalmente em relação às qualidades organolépticas da fruta (Matthiesen e Boteon, 2004).

Entre as principais perdas pós-colheita estão: falta de transporte adequado, uso de embalagens impróprias, falta de amadurecimento controlado e a não utilização da cadeia do frio para a armazenagem. Segundo Camargo (2002), as perdas pós-colheita ocorrem em qualquer etapa do processo, iniciando-se na colheita e depois dela, durante a distribuição e, finalmente, quando o consumidor compra e utiliza o produto.

No manuseio dos frutos, que são práticas que vão desde o processo de colheita e armazenamento, até a distribuição e venda, atingem-se valores significativos de perdas quantitativas e qualitativas. Do total de bananas colhidas, somente cerca de 40% a 50% chegam efetivamente às mãos dos consumidores (Sanches et al., 2004).

A avaliação da qualidade do fruto deve ser acompanhada em cada fase do processo, desde sua colheita até sua comercialização. Para isso, faz-se necessária a adoção de padrões preestabelecidos, de forma a proporcionar uma classificação adequada ao produto (Chitarra e Chitarra, 2005).

A banana colhida próximo ao seu completo desenvolvimento fisiológico amadurece, muitas vezes, de forma desuniforme. Para homogeneizar o lote e proporcionar um amadurecimento mais rápido dos frutos pode-se utilizar o processo de climatização ou amadurecimento controlado (Botrel et al., 2001). Com isso o processo de

climatização tornou-se uma operação de rotina, possibilitando obtenção de bananas em estágio de cor específico de acordo com o esquema pré-estabelecido (Will et al., 1981)

As bananas que serão submetidas à climatização devem ter atingido o estágio de maturação fisiológica, ou seja, devem estar plenamente desenvolvidas, mas ainda com coloração verde intensa. Cachos que iniciaram o amadurecimento ainda ligados à planta, mesmo sendo submetidos a climatização, não apresentam amadurecimento uniforme (Chitarra e Chitarra, 2005).

O etileno é um hormônio vegetal volátil, que desempenha um papel crucial no estímulo do amadurecimento dos frutos climatéricos. A emissão de etileno representa um gatilho que dispara rapidamente as modificações que resultam na transformação da banana em um fruto apto para o consumo. Tais transformações envolvem mudanças na aparência, no sabor, no aroma e na textura (Vilas Boas et al., 2001).

Através da aplicação do etileno pode-se induzir a floração em abacaxizeiros e promover a alteração da expressão sexual em pepino. O desenvolvimento da coloração é realçado com a estimulação de pigmentos em maçãs e tomates ou pela degradação da clorofila em bananas e citrus (Saltveit, 1999).

Dentre os parâmetros químicos mais utilizados para avaliar a qualidade pós-colheita da banana estão o pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação entre sólidos solúveis e acidez ou índice de maturação (IM) ou “Ratio”, açúcares redutores, açúcares não redutores e totais, substâncias pécnicas e teor de amido (Chitarra e Chitarra, 2005).

A banana é uma fruta climatérica que sofre profundas transformações bioquímicas após a colheita, ressaltando-se, como fenômeno metabólico de maior importância, a respiração (Rocha, 1984). Segundo Palmer (1971), durante o amadurecimento, a respiração aumenta de $20 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para cerca de $125 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Nessa fase, tem-se aumento no teor de açúcares simples e ácidos orgânicos (predominando o ácido málico).

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

O aumento da concentração de açúcares solúveis na polpa em relação à casca causa um gradiente de potencial osmótico entre polpa e casca, resultando no movimento

(migração) de água da casca para polpa. Além disso, a casca perde água para atmosfera por transpiração através dos estômatos. Assim, a perda de água pelo fruto por transpiração resulta em significativa perda de peso do fruto durante seu amadurecimento (Hulme, 1970).

A coloração da casca é um importante fator na determinação da qualidade da banana a ser comercializada (Palmer, 1971; Ryall e Pentzer, 1974). Durante o amadurecimento a mais notável 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)

O estágio de amadurecimento em frutos pode ser visto como aquele que dá condições de consumo ao produto, estando fisiologicamente desenvolvido. Durante o amadurecimento de frutos algumas modificações ocorrem nas células vegetais e essas modificações interferem diretamente na qualidade pós-colheita dos mesmos (Ludford, 1987).

Tais mudanças de forma geral, incluem o amolecimento dos frutos, devido à quebra enzimática das paredes celulares, à hidrólise do amido, ao acúmulo de açúcares e ao declínio de ácidos orgânicos e de compostos fenólicos, incluindo os taninos. Ao mesmo tempo, são produzidos os componentes do aroma e sabor. Dependendo da variedade do fruto, os conteúdos de ácidos cítrico e málico podem ou não diminuir durante o processo de amadurecimento (Kieber, 2004).

Existem evidências de que o amaciamento do fruto durante o amadurecimento é acompanhado pelo aumento na solubilização de substâncias pécticas na parede celular e lamela média e que um incremento no teor de pectina solúvel em água é observado com o decorrer do amaciamento. Grandes mudanças na estrutura péctica acompanham o amadurecimento de muitos frutos. Essas mudanças na estrutura têm sido atribuídas à ação da pectinametilesterases (PME), responsável pelo rompimento das ligações metil-éster e poligalacturonases (PG), que transforma os polímeros de ácido galacturônico em ácidos pécticos, solúveis em água (Seymour et al., 1993; Chitarra e Chitarra, 2005).

A hidrólise de grupos metil-éster, catalisada pela PME, produz uma pectina com menor grau de metilação, que sofre clivagem pela PG. Assim, o efeito sinérgico dessas duas enzimas tem um importante papel no processo de amolecimento do fruto durante o estágio de amadurecimento. A desmetilação da pectina resulta em um maior

número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da poligalacturonase, que degrada substâncias pécticas, preferivelmente desesterificadas (Fry, 1986).

Entre os polissacarídeos, o amido, composto por cadeias lineares e ramificadas de glicose, representa o principal carboidrato de reserva na maioria dos produtos vegetais. Em alguns frutos climatéricos imaturos, ele encontra-se em proporção elevada, sendo hidrolisado à glicose com a evolução do amadurecimento. Em decorrência do aumento do teor de glicose, há aumento no grau de doçura. Em poucos frutos, como a banana, o teor de amido permanece elevado (20-25%) com a evolução do amadurecimento, sendo degradado rapidamente apenas no climatério, decaindo para cerca de 1% a 2%. (Chitarra e Chitarra, 2005).

De acordo com Borges e Oliveira (2000), o potássio é o macronutriente extraído em maior quantidade pela planta. 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 amadurecimento (Lahav e Turner, 1983).

2.2 Armazenamento refrigerado

Apesar da grande quantidade de frutas produzida no País, destaca-se que uma parcela considerável é descartada, podendo chegar até 15 milhões de toneladas por ano. Dentre as diversas causas que provocam essas perdas, destacam-se o uso de embalagens inadequadas e a não utilização da cadeia do frio durante as etapas de transporte, armazenamento e comercialização (Agrianual, 2004).

A manutenção da temperatura, a um nível mínimo seguro, durante todo o manuseio, é imprescindível. Baixas temperaturas durante o transporte, armazenamento e exposição no varejo, ou seja, manutenção da cadeia do frio, tornam mais lenta a senescência e outros processos metabólicos, reduzem a deterioração e podem diminuir os efeitos do etileno (Brecht, 1995).

A temperatura de armazenamento do produto é o maior determinante da taxa respiratória, observando-se redução de 2 a 4 vezes nessa taxa, a cada decréscimo de 10°C na temperatura. Assim, o bom gerenciamento da temperatura na pós-colheita é essencial para uma lenta deterioração fisiológica dos produtos frescos (Honório et al., 2001).

O conhecimento da tolerância ao frio da espécie a ser trabalhada é indispensável e estratégico para o planejamento das etapas e obtenção de melhores resultados durante o período de armazenamento. Todo fruto possui uma temperatura mínima limite a partir da qual podem surgir alterações sensoriais irreversíveis, amadurecimento deficiente e alterações fisiológicas, com conseqüências na sua qualidade. Essa temperatura é denominada “temperatura crítica” ou “temperatura mínima de segurança (TMS)” (Wang, 1994; Kluge et al., 2002).

Como resposta primária à exposição abaixo da sua TMS, estudos demonstram a ocorrência de alterações na membrana celular dos frutos, que, posteriormente, pode se refletir em maiores conseqüências à sua estrutura e permeabilidade, predispondo a ocorrência de diversas alterações metabólicas (Wang, 1994, Nishiba e Murata, 1996), numa dependência do grau da exposição

Ketsa et al., (1999), armazenando mangas ‘Nam Dokmai’ por 21 dias a 4°C, observaram que os frutos com danos pelo frio apresentaram-se mais firmes do que aqueles que não sofreram esse dano, após sua remoção para o ambiente.

Frutos de carambola apresentaram sintomas de injúria pelo frio quando armazenados a 2 e 10°C e 85-90% UR, sendo que nos frutos armazenados a 2°C os sintomas foram mais intensos. Após 30 dias de armazenamento a 2°C aproximadamente 70% dos frutos apresentaram escurecimento das nervuras, depressões na superfície e dessecação da casca (Pérez-Tello et al., 2001).

Yang et al., (2003) avaliando melões da cultivar Kalakusai armazenados durante 10 semanas a 1°C, seguidos de 1 semana a 16°C, observaram alto índice de injúria pelo frio, porém quando armazenados a 3°C por 10 semanas, os melões apresentaram menor desenvolvimento de podridões e mantiveram melhores características para comercialização

A temperatura ideal de refrigeração varia para as diferentes cultivares de banana, e a exposição dos frutos a temperaturas abaixo das indicadas causa injúria pelo frio

(*chilling injury*) (Bleinroth, 1995). A sensibilidade ao frio depende do binômio tempo x temperatura, bem como da cultivar e fatores pré-colheita, sendo que a temperatura limite para a ocorrência de *chilling* em diferentes cultivares de banana varia, normalmente, de 10 a 14°C, podendo, entretanto bananas da 'Terra' serem armazenadas a 7,0°C por 7 dias, sem sintomas visíveis da desordem fisiológica (Wills, 1990; Morrelli et al., 2003).

Este distúrbio fisiológico leva ao surgimento de uma série de sintomas, como: depressões superficiais de coloração escura, descoloração da casca e/ou polpa, alterações metabólicas no amadurecimento, murchamento e perda de firmeza, perda de sabor e apodrecimento (Nguyen et al., 2003; Pérez-Tello et al., 2001)

Nguyen et al. (2003) observaram sintomas severos de danos pelo frio em bananas de dois cultivares armazenadas a 6°C e 85% UR. Os frutos apresentaram início de descoloração da casca a partir do 3º dia, sendo que no 9º dia a casca apresentava-se totalmente escura, e após a transferência dos frutos para a temperatura ambiente esses apresentaram amadurecimento anormal. Os mesmos frutos armazenados a 10°C não apresentaram danos no tecido até o 6º dia de armazenamento, com leves sintomas no 12º dia, que se intensificaram vagarosamente.

Quando o armazenamento refrigerado é utilizado na conservação de frutos o controle da umidade relativa do ar (UR) é indispensável. A UR no ambiente de armazenamento do fruto regula sua intensidade de transpiração, no entanto, deve ser mantida alta para a manutenção da turgescência do fruto (Carvalho, 2002). O ideal é que a UR se mantenha em torno de 85 a 95%, de acordo com o fruto a ser armazenado, e que durante o período de armazenamento seja mantida constante, bem como a manutenção da temperatura, sendo que, a circulação e renovação do ar no interior da câmara também são de extrema importância (Kader, 1992).

Os benefícios da refrigeração foram comprovados em cultivares de banana tipo exportação, como 'Nanica' e 'Nanicão', sendo recomendado 12°C a 15°C para conservação de frutos de banana durante duas a quatro semanas (Jankovic, 1988; Hewage et al., 1994; Hochaus, 1994).

2.3. Radiação

A capacidade da irradiação para inativar microrganismos tem sido a principal razão do uso da radiação em alimentos. A irradiação tem-se mostrado efetiva na destruição tanto de bactérias patogênicas e não patogênicas; na eliminação de parasitas e em menor grau de vírus (Dickson, 2001). O mesmo autor afirma que a sensibilidade do microrganismos à irradiação é baseada na eficiência de seu mecanismo de reparação de DNA, sendo que os microrganismos que tem o mecanismo de reparação mais eficiente tornam-se mais resistente à irradiação.

As fontes de irradiação permitidas para utilização em alimentos são os raios gama, produzidos a partir de radioisótopos de cobalto-60 (1,17 a 1,33 MeV), céσιο-137 (0,662 MeV), elétrons acelerados (energia máxima de 10 MeV) e raios-X (energia máxima de 5 MeV) (Codex Alimentarius Commission, 1984).

O cobalto-60 é produzido em um reator nuclear mediante bombardeamento de nêutrons de cobalto-59, enquanto que o céσιο-137 é resultado da fissão do urânio. Ambos emitem raios gama com alto poder de penetração que podem ser utilizados para tratar alimentos a granel ou embalados. O cobalto-60 é o radioisótopo escolhido para irradiar alimentos, pois a fonte é facilmente disponível; de fabricação e encapsulamento altamente desenvolvidos (Stewart, 2001) e é necessária uma atividade 4 vezes menor que a do céσιο-137 para conseguir irradiar o mesmo produto (Ehlermann, 2001).

Durante a II Guerra Mundial, os Estados Unidos estavam buscando novos métodos de conservação de alimentos que pudessem melhorar a dieta das tropas em guerra, então o exército firmou contrato com a equipe B.E Proctor do Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), para demonstrar a viabilidade da conservação de carne moída mediante o uso da irradiação com raios-X. Com o fim da II Guerra Mundial começou nos Estados Unidos a época de desenvolvimento da radiação de alimentos pelo governo, indústria, universidades e instituições privadas (Molins, 2001).

Em 1983 a FAO (Organização para Alimentação e Agricultura), IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica) e OMS (Organização Mundial da Saúde) patrocinaram conjuntamente a criação do ICGFI (Grupo Consultivo Internacional sobre a

Irradiação de Alimentos), que tornou-se o instrumento para regulamentar a aplicação da irradiação em alimentos (Molins, 2001).

No Brasil a irradiação foi estabelecida, através do Decreto nº 72.718 de 29 de agosto de 1973, mas só foi reconhecida e aprovada pela regulamentação da Portaria nº 9 de 08 de março de 1985, da Divisão Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (DINAL/MS). Essa portaria estabeleceu as doses de irradiação que os alimentos deveriam receber. A Portaria nº 9 foi alterada pela Portaria nº 30 de 25 de setembro de 1989, que estendeu a outros alimentos a autorização de uso do tratamento por irradiação.

Através da Resolução RDC nº 21 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a lei foi revista, ampliada e aprovou-se o “Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos”, que é aplicado a todos os alimentos tratados por irradiação. De acordo com esse regulamento, certas condições devem ser observadas, como: instalações e controle do processo; fontes de radiação; doses absorvidas; embalagem e rotulagem.

O uso da radiação ionizante tem sido aplicado a uma grande variedade de alimentos incluindo peixes, mariscos, aves, frutos do mar, grãos, frutas e hortaliças, nozes e especiarias (Glidewell et al., 1993).

A utilização da radiação gama tem-se apresentado de forma promissora com relação ao controle do amadurecimento e manutenção de sanidade dos frutos de banana, sendo que para doses de até 1,0 kGy, não têm sido observados sintomas de alterações negativas na qualidade dos frutos (Bleinroth e Cooper, 1974).

O primeiro pesquisador a estudar os efeitos das radiações 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 (1 rep = 93ergs/g, 1 rad = 100 ergs/g, 1 Gy = 1 J/kg) 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 em bananas da cultivar Lacatan, não irradiadas e irradiadas com doses 15, 25 e 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.

O principal objetivo da radiação de frutos é inibir o amadurecimento sem prejudicar o fruto e “esterilizá-lo”, mantendo seu estado fresco e assegurando sua conservação (Thomas et al., 1971). Segundo os mesmos autores, as doses de 0,2 kGy e 0,4 kGy inibem o amadurecimento sem prejudicar alguns atributos de qualidade dos frutos, podendo no entanto, afetar a textura através da degradação dos carboidratos e substâncias pécicas (Urbain, 1986).

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.

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), avaliando banana ‘Prata’ não irradiada e irradiada com doses de 0,25 kGy, 0,50 kGy a uma taxa de dose de 1kGy h⁻¹, concluiu que a coloração e as características visuais dos frutos não foram, aparentemente, afetadas pela radiação gama.

Os frutos de banana ‘Prata’ em único grau de maturação, 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 da cultivar Nanica não irradiados e irradiados a 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 da cultivar Nanica foi a irradiação com 0,2 kGy a 17°C, com a utilização de embalagem, conservando os frutos por até 42 dias.

Silva et al., (2003) avaliando bananas 'Nanicão' não irradiadas e irradiadas com 0,25 kGy; 0,50 kGy; 1,0 kGy e 2,0 kGy e expostas ao carbureto de cálcio para induzir o amadurecimento, observaram comportamento irregular no amadurecimento para os parâmetros sólidos solúveis, firmeza da polpa e coloração da casca.

Manoel (2005), estudando o comportamento da cultivar Nanica, não irradiada e irradiada com doses 0,2kGy; 0,4kGy; 0,6kGy; 0,8kGy,1,0kGy, observou que a dose de 0,4kGy manteve as frutas mais firmes, o amido foi menos hidrolisado e apresentou menor relação polpa/casca, durante os 21 dias de armazenamento a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$, indicando que essa dose foi eficiente no atraso do amadurecimento.

Martineli et al., (2008), irradiando bananas 'Prata' com doses de 0,25kGy, 0,50kGy e 0,75kGy, observaram que a irradiação foi efetiva na manutenção da firmeza e redução da perda de massa, porém não foi eficiente na conservação da aparência.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no laboratório do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP-Câmpus de Botucatu (SP) e divididos em duas etapas.

3.1. Experimento 1-Utilização da Irradiação na Diminuição da Temperatura de Armazenamento das Bananas ‘Nanica’.

3.1.1. Origem, Colheita e Preparo dos Frutos

Foram utilizadas bananas da cultivar Nanica, adquiridas na Fazenda Taperão, cidade de Brotas (SP), localizada à latitude 22°17'03"S, longitude 48°07'36"W e altitude de 647 metros, com precipitação anual de 1699mm ano⁻¹, temperatura anual entre 17° a 30°C e solo classificado como vermelho amarelo.

Os cachos foram colhidos manualmente, quando os frutos estavam com 32 mm de diâmetro e com a coloração verde. Após a colheita os cachos foram transportados para o barracão de embalagem da própria fazenda e pendurados em ganchos, iniciando imediatamente a operação de retirada dos restos florais, despencamento e

constituição dos buquês (5 dedos) da segunda e terceira pencas, que foram imersos em tanque com água e detergente neutro, para eliminação do látex. A seguir os frutos foram acondicionados em caixas plásticas, perfazendo 130 buquês e transportados para o laboratório do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP-Campus de Botucatu (SP) para separação em lotes, que permaneceram até o dia seguinte em temperatura ambiente.

3.1.2. Tratamentos Pós-colheita e Condições de Armazenamento

Após a separação dos lotes, as bananas foram transportadas para a CBE (Companhia Brasileira de Esterilização - Cotia –SP), onde foram submetidas a dose de 0,4 kGy, melhor dose constatada por Manoel (2005), que trabalhando com duas variedades de bananas ‘Prata’ e ‘Nanica’ e diferentes doses de irradiação, verificou que a dose 0,4 kGy foi mais eficiente na conservação pós-colheita das mesmas. As bananas foram irradiadas com ^{60}Co no irradiador JS-7500, com taxa de dose de $0,092 \text{ kGy min}^{-1}$ e tempo de exposição à fonte de 4 minutos e 20 segundos.

O armazenamento dos frutos tratados ou não com irradiação, ocorreu em três diferentes B.O.D, onde cada uma representou diferentes temperaturas, conforme descrição.

- *Tratamento 1* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e armazenadas a $16\pm 1^\circ\text{C}$;
- *Tratamento 2* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e armazenadas a $14\pm 1^\circ\text{C}$
- *Tratamento 3* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e armazenadas a $12\pm 1^\circ\text{C}$;
- *Tratamento 4* – frutas não irradiadas e armazenadas a $16\pm 1^\circ\text{C}$;
- *Tratamento 5* – frutas não irradiadas e armazenadas a $14\pm 1^\circ\text{C}$;
- *Tratamento 6* – frutas não irradiadas e armazenadas a $12\pm 1^\circ\text{C}$.

Todos os frutos permaneceram sob umidade relativa de $80\pm 5\%$. A evolução do armazenamento foi acompanhada através das análises físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas, a cada 5 dias por um período de 25 dias.

3.2. Experimento 2-Qualidade da Banana ‘Nanica’ Irrradiada a 0,4 kGy e Climatizada em Diferentes Horas Após a Colheita.

3.2.1. Origem, Colheita e Preparo dos Frutos

Foram utilizadas bananas da cultivar Nanica, adquiridas na Fazenda Sacramento Agropastoril Ltda, pertencente ao grupo Sanhaço, cidade de Avaré (SP), localizada à latitude 23°05'56"S, longitude 48°55'33"W e altitude de 780 metros, com precipitação anual de 1500 a 1700mm ano⁻¹, temperatura anual entre 20° a 24°C e solo classificado como latossolo roxo (terra roxa estruturada, terra roxa latossólica).

Os cachos foram colhidos manualmente, quando os frutos estavam com 32 mm de diâmetro e com a coloração verde (*Figura 1*). Após a colheita os cachos foram transportados (*Figura 2*) para o barracão de embalagem da própria fazenda e pendurados em ganchos (*Figura 3*), iniciando imediatamente a operação de despistilagem e despencamento (*Figuras 4*) e constituição dos buquês (5 dedos) da segunda e terceira pencas (*Figura 5*), que foram imersos em tanque com água e detergente neutro, para eliminação do látex (*Figura 6*).



Figura 1. Colheita



Figura 2. Transporte em “cegonheira”



Figura 3. Transporte dos cachos em ganchos



Figura 4. Despistilagem



Figura 5. Constituição dos buquês



Figura 6. Imersão nos tanques de limpeza

Ainda no barracão de embalagem foram separados os diferentes lotes, de acordo com a definição dos tratamentos e cada caixa plástica foi formada com 24 buquês (*Figura 7*). O tratamento BNIC-0 (frutas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita) seguiu para o processo de climatização na câmara instalada na cidade de Bauru (SP), de mesma propriedade do Grupo Sanhaço, o tratamento BNINC (frutas não irradiadas e não climatizadas) foi transportado para o laboratório do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP-Câmpus de Botucatu (SP), para armazenamento, enquanto o restante dos tratamentos foi enviado para a Companhia Brasileira de Esterilização (CBE), localizada em Jarinu (SP) para realização do processo de irradiação(*Figura8*).



Figura 7. Formação dos lotes



Figura 8. Irradiação

Os tratamentos foram constituídos da seguinte forma:

- *Tratamento BNINC* – frutas não irradiadas e não climatizadas;
- *Tratamento BINC* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas;
- *Tratamento BNIC-0* – frutas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita;
- *Tratamento BIC-24* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 24 horas após a colheita;
- *Tratamento BIC-48* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 48 horas após a colheita;
- *Tratamento BIC-72* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 72 horas após a colheita;
- *Tratamento BIC-96* – frutas irradiadas a 0,4 kGy e climatizadas 96 horas após a colheita;

3.2.2. Tratamentos Pós-colheita e Condições de Armazenamento

As bananas enviadas a CBE (Jarinu –SP), foram submetidas a dose de 0,4 kGy, melhor dose constatada por Manoel (2005), que trabalhando com duas variedades de bananas ‘Prata’ e ‘Nanica’ e diferentes doses de irradiação, verificou que a dose 0,4 kGy foi

mais eficiente na conservação pós-colheita das mesmas. As bananas foram irradiadas com ^{60}Co no irradiador CBE 001, com taxa de dose de $0,05 \text{ kGy min}^{-1}$ e tempo de exposição à fonte de 8 minutos.

No mesmo dia as bananas foram transportadas para a câmara de climatização em Bauru (SP) para os procedimentos de climatização, seguindo cronograma abaixo.

Trat	CRONOGRAMA DE CLIMATIZAÇÃO							
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8
BNIC-0	1° e 2° gás	3° e 4° gás	5° e 6° gás	Saída				
BIC-24		1° e 2° gás	3° e 4° gás	5° e 6° gás	Saída			
BIC-48			1° e 2° gás	3° e 4° gás	5° e 6° gás	Saída		
BIC-72				1° e 2° gás	3° e 4° gás	5° e 6° gás	Saída	
BIC-96					1° e 2° gás	3° e 4° gás	5° e 6° gás	Saída

BNIC-0 (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

As bananas dos tratamentos (BNIC-0, BIC-24, BIC-48, BIC-72 e BIC-96) permaneceram de 2 a 3 horas antes do início da climatização, em câmaras frias, para estabilizar a temperatura dos frutos em torno de $17,5^{\circ}\text{C}$. O processo de climatização de cada tratamento se estendeu por um período de 72 horas com os seguintes parâmetros: Temperatura: $17\pm 1^{\circ}\text{C}$, Umidade Relativa: 90%; Exaustão: por um período de 30 minutos antes da aplicação de cada gás; Gás ativador do amadurecimento: Etil-5, gás comprimido N.E (mistura gasosa não inflamável sob alta pressão), composto de 95% nitrogênio e 5% etileno, com carga de 40L min^{-1} , durante 1 min e 30 seg, a cada 12 horas; Câmara de climatização com volume de 45m^3 e capacidade de carga de 10 ton, quando as caixas são colocadas diretamente no chão e de 8 ton quando empilhadas em pallets. Ao final da climatização, cada tratamento foi levado ao laboratório de Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, para a retirada das amostras do dia e o restante foi armazenado na câmara fria do Departamento de Química, Instituto de Biociências- UNESP, à temperatura de $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ e sob umidade relativa de $80\pm 5\%$. A evolução do armazenamento foi acompanhada através das análises físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas, a cada 3 dias por um período de 15 dias.

3.3. Análises Físicas, Físico-químicas, Químicas e Bioquímicas

Os experimentos foram divididos em dois grupos:

3.3.1. Grupo Controle

Foram utilizados 30 e 35 buquês para o grupo controle (análises não destrutivas), respectivamente para o *primeiro* e *segundo* experimentos. As avaliações foram realizadas a cada 5 dias, por um período de 25 dias, para o *primeiro experimento* e a cada 3 dias, por um período e 15 dias para o *segundo experimento*. Para a conservação pós-colheita as bananas foram deixadas por um período maior em função de sua qualidade.

3.3.1.1. Perda de Massa

Para análise de perda de massa foi utilizada uma balança Owlabor-carga máxima de 2000g e divisão de 10mg.

A porcentagem de perda de massa foi estudada a partir da equação:

$$PM(\%) = \left[\frac{P_i - P_j}{P_i} \right] \times 100$$

Onde:

PM = perda de massa (%);

P_i = peso inicial do fruto (g);

P_j = peso do fruto no período subsequente a P_i (g);

3.3.1.2. Coloração da Casca

A avaliação de coloração no *primeiro experimento* foi realizada visualmente, utilizando-se a Tabela de Classificação de Banana Cavendish, do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas (Ceagesp, 2006). que varia de 1 a 7. (1= totalmente verde; 2= verde, traços amarelos; 3= mais verde que

amarelo; 4= mais amarelo que verde; 5= amarelo com pontas verdes; 6= totalmente amarelo; 7= amarelo com leves manchas marrons).

No *segundo experimento* a medida de cor da casca foi realizada em três pontos: (região equatorial e nas duas extremidades distantes a 7 ± 1 cm da região média), em três dedos de cada penca. A medição feita pelo método instrumental, utilizou-se o colorímetro marca Minolta, modelo CR-400, com determinação dos valores (L^* , a^* e b^*). Onde L^* , indica a luminosidade, a^* indica a variação de cor do verde (-) até o vermelho (+) e b^* indica a variação de cor do azul (-) até o amarelo (+) (Konica Minolta, 1998).

O ângulo Hue é o valor em graus correspondente ao diagrama tridimensional de cores 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul). C^* é representado pelo chroma que define a intensidade da cor. Os valores numéricos de a^* e b^* foram convertidos no ângulo Hue e no Chroma (que são as variáveis que melhor representam a evolução da cor da casca da banana, durante o processo de amadurecimento), conforme equações :

$$H_{ab} = \tan^{-1}(b/a)$$

$$C^* = \text{Raiz } ((a^*)^2 + (b^*)^2)$$

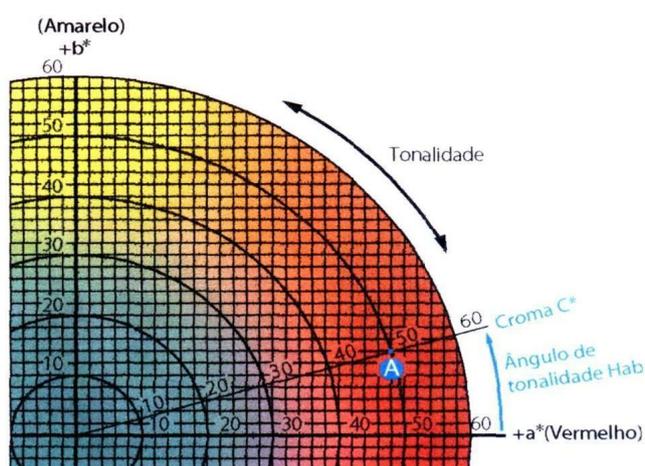


Figura 9. Parte do diagrama de cromaticidade a^* , b^* .

3.3.1.3. Respiração

A curva de respiração foi obtida pela avaliação dos frutos a cada 5 dias para banana 'Nanica' do *primeiro experimento* e a cada 3 dias para o *segundo experimento*. 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 da banana 'Nanica', medida em respirômetro, foi calculada pela seguinte fórmula:

$$TCO_2 = \frac{2.2 \times (B-A) \times V_1}{P \times T \times V_2} \text{ onde:}$$

TCO₂= 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 de 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;

V₁= Volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO₂ (mL);

P= Peso dos frutos (kg);

T= Tempo das reações metabólicas (1 hora);

V₂ = 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 (considerando escurecimento da casca, firmeza e despencamento), o 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 produto era descartado.

3.3.2. Grupo Parcela

Foram utilizados 3 buquês para o grupo parcela (análises destrutivas), sendo que as avaliações foram realizadas para o *primeiro experimento* a cada 5 dias, no período de 25 dias de armazenamento. Enquanto que, para o *segundo experimento* o intervalo entre as análises foram de 3 dias, por um período de 15 dias de armazenamento.

3.3.2.1. Sólidos Solúveis (SS)

A análise de sólidos solúveis foi realizada através de leitura refratométrica direta em graus Brix (°Brix), em três amostras, com o refratômetro tipo Abbe, marca ATAGO – N1, de acordo com os procedimentos descritos por Tressler e Joslyn (1961).

3.3.2.2. Acidez Titulável (AT)

Determinada de acordo com metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (2005) utilizando-se 5 gramas de polpa homogeneizada e diluída em 95 mL de água destilada, seguida de titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1N, tendo como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína. Os resultados foram expressos em g de ácido málico 100g^{-1} da amostra.

3.3.2.3. Índice de Maturação ‘Ratio’ (SS/AT)

Foi calculado através da relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável.

3.3.2.4. 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.

3.3.2.5. Firmeza

Para avaliação da firmeza utilizou-se texturômetro (Stevens-LFRA Texture Analyser), com profundidade de penetração de 2,0 mm, velocidade de 2,0 mm s⁻¹ e ponteiro TA 9/1000. A leitura foi realizada nos frutos inteiros com e sem casca, na região mediana dos cinco dedos de cada buquê. Os resultados obtidos foram expressos em grama força (gf cm⁻²) e referem-se a máxima força requerida para que uma parte do ponteiro penetre na banana.

3.3.2.6. Açúcares Totais, Redutores e Amido

Para a determinação dos teores de açúcares e amido, a metodologia utilizada foi a descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Micronal B382, sendo a leitura realizada a 535 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.3.2.7. Potássio

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

3.3.2.8. Extração e Determinação da Atividade da Pectinametilsterase (PME)

A atividade de pectinametilsterase (PME) foi determinada segundo Hultin et al., (1966). Para preparação do extrato enzimático pesaram-se 5g da amostra que foram trituradas em polytron com 20mL de NaCl a 0,2N, gelado. O mesmo foi filtrado e 5 mililitros do extrato enzimático foram adicionados sobre 30 mL de pectina cítrica 1% em NaCl 0,2N. O pH da solução foi mantido em torno de 7,0, por dez minutos, através da titulação com NaOH 0,01N. Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μmol de NaOH $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de massa fresca, nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$.

3.3.2.9. Extração e Determinação da Atividade da Poligalacturonase (PG)

A extração enzimática foi realizada segundo técnica de Buescher e Furmanshi (1978), com modificações, utilizando-se 5g de polpa do fruto congelado, homogeneizado em polytron, com água destilada gelada. O homogenato foi filtrado em tecido fino (organza) e o resíduo ressuspendido em NaCl 1N resfriado. O pH foi ajustado para 6,0 com auxílio de NaOH 0,01N e o extrato foi incubado a 4°C por uma hora. O extrato foi novamente filtrado em papel filtro e utilizado para determinação da atividade enzimática.

O extrato foi incubado em solução de 0,25% de pectina cítrica a 30°C por 3 horas. A reação foi interrompida com banho fervente e os grupos redutores liberados,

determinados pela técnica de Somogy, modificada por Nelson (1944). Uma unidade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 μ mol de grupos redutores por minuto, nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em U.E. min⁻¹ g⁻¹.

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado (DIC), aplicando um fatorial 2 x 3 x 6 (irradiação x temperatura x tempo), no primeiro experimento e fatorial 7 x 6 (tratamentos x tempo), no segundo experimento. Para comparação entre as médias, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, de acordo com as recomendações de Gomes (1987).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1 – Utilização da irradiação na diminuição da temperatura de armazenamento das bananas ‘Nanica’.

4.1.1. Perda de Massa

Nas Tabelas 1, 2 e 3 referentes a porcentagem de perda de massa, observou-se a ocorrência de interação tripla significativa entre os fatores irradiação x temperatura x tempo.

Na Tabela 1, onde é descrita a interação da irradiação x temperatura, as maiores porcentagens de perda de massa foram constatadas a 14°C, seguida por 12°C, enquanto que o tratamento a 16°C induziu as menores perdas. Notou-se que independente da temperatura de armazenamento, os frutos não irradiados apresentaram as menores perdas, exceto na temperatura de 12°C onde não se constatou diferenças significativas entre os frutos irradiados ou não.

Para a interação temperatura x tempo, na Tabela 2 nota-se que, para todas as temperaturas, houve aumento de perda de massa com o período de armazenamento, como consequência da perda de água por transpiração, concordando com Chitarra

Tabela 1. Variação média percentual de perda de massa fresca, das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	9,20 c A	8,36 c B
14°C	15,28 a A	13,28 a B
12°C	12,08 b A	11,36 b A
CV (%)	12,13	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 2. Variação média percentual da perda de massa fresca, das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise				
	5	10	15	20	25
16°C	3,00 b E	5,60 b D	8,80 c C	11,60 c B	14,90 c A
14°C	5,90 a E	10,00 a D	14,10 a C	18,00 a B	23,40 a A
12°C	5,60 a E	9,30 a D	11,90 b C	14,50 b B	17,30 b A
CV (%)	12,13				

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

e Chitarra (2005), que relatam perda de massa fresca dos frutos logo após a colheita. O fator temperatura influenciou na perda de massa, ocorrendo diferenças estatísticas entre todos os tratamentos a partir do 15° dia de armazenamento, pois até então o comportamento dos tratamentos 14°C e 12°C eram significativamente semelhantes. As bananas armazenadas a 16°C apresentaram nitidamente valores inferiores de perda de massa, variando de 3,00%, início do experimento, à 14,90% já no período final; enquanto que as frutas à 14°C e 12°C apresentaram variação de 5,90% a 23,40% e de 5,60% a 17,30%, respectivamente.

Poderia se esperar que a maior temperatura fosse responsável pela maior porcentagem de perda de massa, mas o que se observou nesse experimento foi que à 14°C perdeu-se mais massa, isso pode estar relacionado com uma possível diminuição na umidade relativa da B.O.D onde as frutas foram armazenadas e como consequência perda de água por transpiração para o meio. Considerando-se a perda de água através da respiração, o armazenamento a 16°C apresentaria maior perda de massa, pois observando a Figura 10 (relativa a produção de CO₂), a partir do 15° dia de análise as bananas conservadas na referida temperatura apresentaram altos valores de produção de CO₂, o que não foi constatado durante os 25 dias de análise. Segundo Cantillano (1991), as frutas contêm entre 70 e 85% de água,

parte dessa água é perdida no processo de transpiração, que implica a perda de água dos tecidos dos frutos na forma de vapor d'água, proveniente dos espaços intercelulares; em menor grau, a perda d'água ocorre na respiração, durante a formação de CO₂ e água, o que justificaria esse comportamento.

O mesmo comportamento observou-se na interação irradiação x tempo, na Tabela 3, onde no decorrer do armazenamento tanto as bananas irradiadas, como as não irradiadas perderam significativa porcentagem média de massa fresca, as frutas irradiadas apresentaram variação de valores de (5,20% a 19,47 %) e as frutas não irradiadas (4,46% a 17,60%).

Tabela 3. Variação média percentual da perda de massa fresca, das bananas 'Nanica', armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise				
	5	10	15	20	25
Irradiada	5,20 a E	8,80 a D	12,13 a C	15,33 a B	19,47 a A
Não Irradiada	4,46 a E	7,80 a D	11,07 b C	14,07 b B	17,60 b A
CV (%)	12,13				

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

A partir do 15° dia, as bananas irradiadas perderam maiores valores de massa e se diferiu significativamente até o 25° dia de análise, dados discordantes de Vieira (1995), que trabalhando com bananas não irradiadas e irradiadas a 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 kGy em condições ambientes e refrigerada não constatou o efeito das irradiações sobre a perda de massa e de Manoel (2005), que utilizando bananas não irradiadas e irradiadas a 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0kGy não encontrou diferenças na perda de massa entre as bananas irradiadas e não irradiadas.

4.1.2. Coloração da Casca

Nas Tabelas 4, 5 e 6 referentes a coloração da casca das bananas 'Nanica', observou-se a ocorrência de interação dupla significativa entre os fatores radiação x temperatura e temperatura x tempo.

Pelos dados apresentados na Tabela 4, na interação entre radiação x temperatura constatou-se o efeito das diferentes temperaturas sobre a alteração da coloração da casca nas bananas irradiadas ou não. Na condição de irradiação as bananas armazenadas a 16°C apresentaram maior desenvolvimento da cor, obtendo nota 3,60; na escala de Tabela de Classificação de Banana Cavendish, do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas (Ceagesp, 2006) que vai de 1 a 7, quando comparada com as outras duas temperaturas de armazenamento.

Tabela 4. Variação média na coloração das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	3,60 a A	3,10 b B
14°C	2,97 b B	3,67 a A
12°C	1,83 c A	1,93 c A
CV (%)	23,29	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

(1 = totalmente verde; 2 = verde com traços amarelos; 3 = mais verde que amarelo; 4 = mais amarelo que verde; 5 = amarelo com pontas verdes; 6 = totalmente amarelo; 7 = amarelo com leves manchas marrons)

Quando as bananas ‘Nanica’ não foram submetidas ao tratamento com radiação gama, as armazenadas a 14°C ocorreu aceleração na coloração da casca, obtendo nota de 3,67. Em ambas as condições, as frutas armazenadas a 12°C atrasaram o estágio de desenvolvimento da cor. Portanto a radiação gama teve interferência positiva apenas na temperatura de 14°C, quando considera-se o parâmetro de coloração da casca.

Os dados referentes aos graus de coloração na interação temperatura x tempo, da Tabela 5, indicam que a partir do 15° dia de análise as bananas armazenadas a 16°C e 14°C se diferiram de 12°C, propiciando maior desenvolvimento da cor característica da fruta e atingindo o ponto de consumo (grau 6,90). Enquanto que as bananas refrigeradas a 12°C permaneceram no estágio 2,3 durante todo o período de 25 dias de análise, caracterizando possível ocorrência de chilling. A transformação na cor da casca de verde para amarelo começou a surgir, nas frutas armazenadas nas maiores temperaturas, no 15° dia de armazenamento no pico respiratório (como evidencia a Figura 10), devido ao “desmascaramento” dos carotenóides pré-existentes em função da degradação da clorofila a

Tabela 5. Variação média na coloração das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
16°C	1,00 a E	2,00 a D	2,10 a D	3,10 a C	5,00 a B	6,90 a A
14°C	1,00 a D	2,10 a C	2,20 a C	2,90 a C	4,80 a B	6,90 a A
12°C	1,00 a B	2,00 a A	2,00 a A	2,00 b A	2,00 b A	2,30 b A
CV (%)	23,29					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

(1 = totalmente verde; 2 = verde com traços amarelos; 3 = mais verde que amarelo; 4 = mais amarelo que verde; 5 = amarelo com pontas verdes; 6 = totalmente amarelo; 7 = amarelo com leves manchas marrons)

partir da atividade enzimática da clorofilase e essa atividade evoluiu com o aumento da respiração, conforme afirma Awad (1993).

A Tabela 6, demonstra que não houve interação entre irradiação x tempo, pois durante o tempo de observação das frutas as bananas irradiadas não diferiram das não irradiadas, houve apenas o desenvolvimento gradual de cor devido ao amadurecimento das mesmas. Dados discordantes de Silva et al (2003), que utilizando bananas da cultivar Nanicão não irradiadas e irradiadas com doses de 0,25; 0,50; 1,0 e 2,0kGy, observaram que a irradiação retardou a degradação da clorofila, sendo maior esse efeito quanto maior a dose aplicada e de Vieira (1995), que trabalhando com bananas ‘Prata’ não irradiadas e irradiadas com doses de 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0kGy em condições ambientes e refrigerada, observou que bananas irradiadas apresentaram ligeira diminuição no desenvolvimento da cor, quando comparadas com as frutas não irradiadas.

Tabela 6. Variação média na coloração das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	1,00 a E	2,00 a D	2,07 a CD	2,73 a C	3,87 a B	5,13 a A
Não Irradiada	1,00 a D	2,07 a C	2,13 a C	2,60 a C	4,00 a B	5,60 a A
CV (%)	23,29					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

(1 = totalmente verde; 2 = verde com traços amarelos; 3 = mais verde que amarelo; 4 = mais amarelo que verde; 5 = amarelo com pontas verdes; 6 = totalmente amarelo; 7 = amarelo com leves manchas marrons)

4.1.3. Respiração

Quanto mais elevada a temperatura, menor o tempo de armazenamento, porque a maioria dos fatores que levam às perdas, quantitativas e qualitativas, são acelerados com o aumento da temperatura. Um dos fatores mais importantes influenciado diretamente pela temperatura, é a respiração (Luengo, 2001). De acordo com a Figura 10, no dia de instalação do experimento a produção de CO₂ foi igual para todos os tratamentos (16,04 mL de CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹). No decorrer dos dias os tratamentos foram se diferenciando, apresentando variação na taxa respiratória, exibindo o padrão climatérico, característico da banana (Abdullah et al., 1990). Frutas tratadas apenas com a frigoconservação tiveram suas taxas respiratórias mais reduzidas do que quando ao ser associadas com a irradiação. Nos dias 5, 10 e 15 de análises as bananas submetidas a 14°C e não irradiadas apresentaram a menor taxa respiratória, 10,31; 1,20 e 4,41 mL de CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente, no 20° dia o armazenamento a 12°C a banana irradiada foi responsável pela menor produção de CO₂ (6,01 mL de CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹) e no final do experimento as bananas não irradiadas e submetidas a 16°C apresentaram o menor valor (19,66 mL de CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹).

A 16°C as frutas irradiadas ou não diferenciaram à partir do 15° dia, com as frutas irradiadas apresentando declínio de CO₂ aos 20 dias e aumentando de valor até os 25 dias. Quando não irradiadas, essa queda aos 20 dias não foi observada e o aumento foi constante até o final do experimento, mas com valores menores. O comportamento das bananas armazenadas a 14°C irradiadas ou não foi semelhante, com queda na taxa respiratória até o 10° dia de análise, com o primeiro pico climatérico respiratório aos 15 dias e a partir desse momento ocorreu aumento acelerado nos valores, até culminar com o maior pico respiratório aos 25 dias, porém os valores nos períodos de evidência dos picos foram menores quando as frutas não foram irradiadas. Considerando o armazenamento a 12°C, observou-se semelhança no padrão respiratório das bananas irradiadas ou não, com queda nos valores até o 10° dia, posterior aumento com o primeiro pico aos 15 dias, novamente queda de valores no 20° dia e aumento na produção de CO₂ até atingir o maior pico no 25° dia.

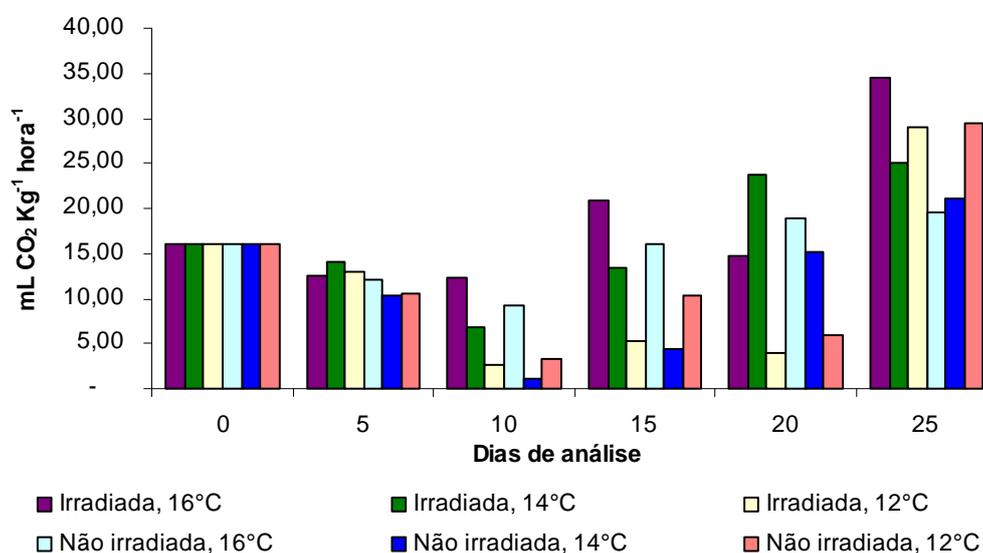


Figura 10. Taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ hora}^{-1}$) das bananas ‘Nanica’ não irradiadas e irradiadas a $0,4 \text{ kGy}$ e armazenadas a $16 \pm 1^\circ\text{C}$, $14 \pm 1^\circ\text{C}$ e $12 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\% \text{ UR}$, por 25 dias.

A irradiação não estendeu o pico climatérico respiratório, quando comparada às frutas não irradiadas, visto que os picos ocorreram na mesma época, resultados semelhantes foram encontrados por Vilas Boas (1995) com bananas ‘Prata’ não irradiadas e irradiadas a $0,25$ e $0,50 \text{ kGy}$. Segundo Palmer (1971), a taxa de respiração pré-climatérica pode variar de 8 a $50 \text{ mL de CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e a taxa climatérica de 60 a $250 \text{ mL de CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, os valores obtidos neste experimento para as bananas ‘Nanica’, discordam dos mencionados acima, pois para a taxa de respiração pré-climatérica foi encontrado valores entre $1,20$ a $18,82 \text{ mL de CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e para taxa climatérica os resultados ficaram entre $4,41$ e $34,55 \text{ mL de CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

4.1.4. Conservação Pós-colheita

O efeito do amadurecimento na conservação pós-colheita, observado na Tabela 7, foi mais evidente, nas frutas armazenadas nas temperaturas de 16°C e 14°C e irradiadas, pois apresentaram estádios de amadurecimento mais avançado que à 12°C . Nas frutas não irradiadas e armazenadas a 16°C , o tempo necessário para as frutas amadurecerem foi de $26,60$ dias. As frutas refrigeradas a 12°C amadureceram de forma anormal, devido a

Tabela 7. Variação média do tempo (dias) de conservação pós-colheita das bananas ‘Nanicas’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	25,00 b A	26,60 b A
14°C	25,40 b A	28,80 b A
12°C	29,80 a A	31,40 a A
CV (%)	11,25	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

ocorrência de chilling, o que ocasionou endurecimento das bananas e permanência das mesmas no estágio de coloração 2,30. Enquanto que as bananas armazenadas a 16°C e 14°C amadureceram normalmente.

Observou-se que considerando os valores médios de cada temperatura não houve efeito significativo do fator radiação sobre o aumento no tempo de conservação. Comportamento discordante de Strydom e Whitehead (1990) e Aina et al., (1999) que observaram atraso considerável no amadurecimento e conseqüente incremento da vida comercial em bananas, quando irradiadas com doses de 0,2 a 0,4 kGy, na fase pré-climatérica. Não foi observado durante o período de conservação a incidência de doenças.

4.1.5. Sólidos Solúveis (SS)

Analisando as Tabelas 8, 9 e 10 referente aos sólidos solúveis, observou-se que não houve interação tripla entre os fatores radiação x temperatura x tempo, ocorrendo interação estatística significativa entre radiação x temperatura e temperatura x tempo.

Pelos dados médios da Tabela 8, verificou-se que as bananas armazenadas a 16°C e 14°C nas condições de irradiação e não irradiação apresentaram os maiores valores de SS, diferenciando significativamente da temperatura de 12°C. O fator irradiação não apresentou influência sobre os SS, uma vez que não foram observadas diferenças entre as temperaturas de refrigeração.

Para a Tabela 9, foi verificada a interação temperatura x tempo. Considerando os valores médios de SS nas frutas armazenadas em diferentes temperaturas, observou-se que a partir do 15° dia de análise os tratamentos se diferenciaram estatisticamente

Tabela 8. Variação média do teor de sólidos solúveis (°Brix) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	13,95 a A	12,18 a A
14°C	11,81 a A	10,88 a A
12°C	8,59 b A	7,28 b A
CV (%)	28,05	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

apresentando as bananas a 16°C e 14°C os maiores teores de SS, indicando o amadurecimento das frutas nessas condições. Os valores finais para as frutas a 16°C e 14°C foram de 21,65 e 20,88 °Brix respectivamente, enquanto que para as bananas a 12°C o valor máximo atingido foi de 11,05 °Brix. A variação nos teores encontrados foi de 4,03 a 21,65 °Brix e está dentro da faixa de 1,5 °Brix no fruto verde para 21°Brix no fruto amadurecido, encontrado por Pinto (1978) e Manoel (2005), que irradiando bananas ‘Nanica’ obteve valores de 9,40 a 20,53°Brix.

Tabela 9. Variação média do teor de sólidos solúveis (°Brix) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
16°C	4,03 aC	4,90 aC	7,93 aC	14,60 aB	20,33 aA	21,65 aA
14°C	4,03 aD	4,58 aD	6,87 aCD	11,42 abBC	16,40 aAB	20,88 aA
12°C	4,03 aB	4,33 aB	6,53 aAB	9,37 bAB	10,02 bA	11,05 bA
CV (%)	28,05					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

O teor de SS usualmente aumenta no transcorrer do processo de amadurecimento das frutas, seja por biossíntese ou por degradação de polissacarídeos (Kluge et al., 2002) e esse fato foi observado durante os 25 dias de armazenamento, de acordo com as Tabelas 9 e 10. Ainda na Tabela 10, pode-se verificar que não houve interação de radiação x tempo, pois durante todo o período as bananas ‘Nanica’ irradiadas não se diferiram das não irradiadas, dados discordantes de Silva et al., (2003), que irradiando banana ‘Nanicão’ observaram diferenças nos valores de SS entre a testemunha (não irradiada) e as diferentes doses de irradiação aplicada.

Tabela 10. Variação média do teor de sólidos solúveis (°Brix) das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	4,03 aD	5,03 aD	8,45 aCD	11,50 aBC	15,30 aAB	16,97 aA
Não Irradiada	4,03 aC	4,17 aC	5,77 aC	12,09 aB	15,87 aAB	18,76 aA
CV (%)	28,05					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.1.6. Acidez Titulável (AT)

Na avaliação da acidez titulável, Tabelas 11, 12 e 13, não se observou interação tripla significativa entre os fatores radiação x temperatura x tempo. A interação foi observada em radiação x temperatura e temperatura x tempo.

Conforme a Tabela 11, os valores médios das frutas mantidas em temperaturas de 16°C e 14°C para o parâmetro da acidez, foram estatisticamente iguais tanto para as bananas irradiadas como não irradiada, porém diferiram das frutas a 12°C irradiada ou não que apresentaram os menores valores. De maneira geral a irradiação não causou efeitos significativos nos valores de AT nas temperaturas individualmente, dados concordantes com Viera (1995), que não constatou efeito da radiação com diferentes doses na avaliação da acidez de bananas ‘Prata’ mantidas em refrigeração.

Tabela 11. Variação média do teor de acidez titulável (g.ac.málico x 100g de polpa⁻¹) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	0,31 a A	0,29 a A
14°C	0,30 a A	0,28 a A
12°C	0,25 b A	0,23 b A
CV (%)	19,17	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Até o 10° dia de análise, observado na Tabela 12, não houve diferenciação nos valores de AT nas bananas conservadas em diferentes temperaturas, a partir do 15° dia as frutas a 16°C e 14°C se diferenciaram das frutas a 12°C, apresentando os maiores teores. Para todas as frutas nas diferentes temperaturas, os frutos iniciaram o armazenamento com baixos valores de AT, os quais aumentaram até o amadurecimento (16°C

Tabela 12. Variação média do teor de acidez titulável (g.ac.málico x 100g de polpa⁻¹) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
16°C	0,18 a B	0,20 a B	0,26 a B	0,36 a A	0,37 a A	0,38 a A
14°C	0,18 a C	0,20 a C	0,24 a BC	0,31 ab AB	0,38 a A	0,38 a A
12°C	0,18 a A	0,19 a A	0,23 a A	0,26 b A	0,28 b A	0,27 b A
CV (%)	19,17					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

e 14°C) ou permaneceram constantes por todo o período na temperatura de 12°C, o valores encontrados para esse experimento (0,18 a 0,28 g.ac.málico 100g de polpa⁻¹) estão dentro da faixa de elevação da acidez de 0,18 para 0,30 g.ac.málico 100g de polpa⁻¹, encontrado por Castro (2002), armazenando bananas a 12°C.

Os dados da Tabela 13, mostram que não houve interação significativa entre as bananas irradiadas e não irradiadas, esse efeito concorda com Manoel (2005), que irradiando bananas ‘Nanica’ em diferentes doses não observou sua interferência sobre a acidez, quando comparado com a testemunha. Houve apenas variação nos dias de armazenamento com o aumento característico nos valores o que vem a confirmar que a banana apresenta baixa acidez quando verde, que aumenta com o amadurecimento (Bleinroth, 1995).

Tabela 13. Variação média do teor de acidez titulável (g.ac.málico x 100g de polpa⁻¹) das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	0,18 a C	0,20 a C	0,25 a BC	0,32 a AB	0,34 a A	0,34 a A
Não Irradiada	0,18 a C	0,19 a C	0,23 a BC	0,30 a AB	0,35 a A	0,35 a A
CV (%)	19,17					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.1.7. Índice de Amadurecimento ‘Ratio’ (SS/AT)

Para a relação SS/AT (“Ratio”), houve interação tripla observada nas Tabelas 14, 15 e 16 entre radiação x temperatura x tempo.

Com o resultado da interação entre radiação x temperatura, Tabela 14, pode-se afirmar que as bananas a 16°C apresentaram o maior valor para a relação SS/AT (42,62) e a 12°C o menor valor (33,15), as bananas na temperatura de 14°C assemelharam-se a ambas as temperaturas, tanto nas bananas irradiadas como nas não irradiadas. A irradiação produziu efeito significativo nas bananas ‘Nanica’ armazenadas a 16°C, promovendo o aumento da relação SS/AT, como consequência das maiores temperaturas acelerarem o amadurecimento. Dados discordantes de Vieira (1995), que irradiando bananas ‘Prata’ e armazenando-as entre 13°C e 14°C, observou que os valores mais elevados da relação SS/AT estavam relacionadas com o efeito da baixa temperatura, o que poderia ter contribuído para melhoria na qualidade das bananas de seu experimento.

Tabela 14. Variação média da relação sólidos solúveis/acidez titulável (“Ratio”) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	42,62 a A	37,44 a B
14°C	37,58 ab A	34,33 ab A
12°C	33,15 b A	30,41 b A
CV (%)	19,77	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

A interação temperatura x tempo, Tabela 15, mostrou que a diferença estatística entre as bananas conservadas em diferentes temperaturas, se estabeleceu a partir do 20° dia de armazenamento, sendo que as frutas a 16°C apresentaram o maior valor quando comparadas as frutas à 14°C e 12°C. Devido ao aumento no teor de sólidos solúveis e da variação da acidez titulável, ocorreu aumento acentuado na relação SS/AT em todo o período de armazenamento e os teores variaram de 22,08 a 57,01 para frutas verdes e amadurecidas, respectivamente. O valor mínimo e máximo encontrado por Manoel (2005), para este índice em banana ‘Nanica’ foi de 28,83 e 76,26, respectivamente, estando portanto a relação SS/AT para frutas amadurecidas, nesse experimento abaixo do citado na referida literatura, em decorrência da alta acidez das frutas.

Tabela 15. Variação média da relação sólidos solúveis/acidez titulável (“Ratio”) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à $80\pm 5\%$ UR, por 25 dias.

Tratamentos (Temperatura)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
16°C	22,08 a C	24,50 a C	30,40 a BC	40,14 a B	55,79 a A	57,01 aA
14°C	22,08 a D	23,34 a CD	29,25 a CD	35,54 a BC	42,33 b B	55,43 aA
12°C	22,08 a C	23,20 a BC	29,06 a ABC	35,09 a AB	35,35 b AB	40,37 bA
CV (%)	19,77					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os dados na Tabela 16, da interação radiação x tempo, indicam a diferença de comportamento entre as duas condições (irradiada ou não) apenas no 10º dia de análise com o menor valor representado pelas bananas não irradiadas, no restante dos dias os valores não diferenciaram estatisticamente. Durante o armazenamento ocorreu apenas a tendência natural do amadurecimento, ou seja, o aumento gradual nos valores da relação SS/AT, o que foi observado também para a interação temperatura x tempo. Domarco et al., (1996), observaram o efeito da radiação sobre a referida relação, contrário ao constatado nesse experimento, pois quando avaliando bananas ‘Nanica’ não irradiadas e irradiadas com doses de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 kGy verificaram que a irradiação promoveu aumento da relação SS/AT.

Tabela 16. Variação média da relação sólidos solúveis/acidez titulável (“Ratio”) das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à $80\pm 5\%$ UR, por 25 dias.

Tratamentos (Irradiação)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	22,08 a D	24,77 a D	33,84 a CD	35,89 a BC	44,95 a AB	49,45 a A
Não Irradiada	22,08 a C	22,59 a C	25,30 b C	37,96 a B	44,02 a AB	52,42 a A
CV (%)	19,77					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.1.8. Relação Polpa/casca

Considerando as Tabelas 17, 18 e 19 verificou-se que não houve interação tripla entre os fatores radiação x temperatura x tempo. As diferentes temperaturas de armazenamento e o uso ou não da radiação gama não provocaram modificações na relação polpa/casca. Houve apenas variação no decorrer dos dias de análise, observadas tanto na

Tabela 18, como na 19, evidenciando aumento dos valores, indicando que 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). Vilas Boas (1995) analisando bananas ‘Prata’ não irradiadas e irradiadas com doses de 0,0; 0,25 e 0,5 kGy observou que com a irradiação houve aumento na relação polpa/casca, sugerindo um possível efeito estressante da radiação, o que não foi verificado nesse experimento.

Tabela 17. Variação média da relação polpa/casca das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	1,43 a A	1,31 a A
14°C	1,37 a A	1,38 a A
12°C	1,33 a A	1,30 a A
CV (%)	15,27	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 18. Variação média da relação polpa/casca das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
16°C	1,20 a BC	1,11 a C	1,21 a BC	1,46 a ABC	1,52 a AB	1,60 a A
14°C	1,20 a B	1,11 a B	1,39 a AB	1,40 a AB	1,60 a A	1,48 a AB
12°C	1,20 a A	1,15 a A	1,24 a A	1,42 a A	1,43 a A	1,41 a A
CV (%)	15,27					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 19. Variação média da relação polpa/casca das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	1,20 a BC	1,11 a C	1,25 a BC	1,46 a AB	1,57 a A	1,53 a A
Não Irradiada	1,20 a AB	1,14 a B	1,32 a AB	1,39 a AB	1,46 a A	1,47 a A
CV (%)	15,27					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.1.9. Firmeza

Na análise das Tabelas 20, 21 e 22, referentes a firmeza das bananas ‘Nanica’ com e sem casca, observou-se interação tripla entre os fatores radiação x temperatura x tempo. Os valores para a firmeza das bananas sem casca não evidenciaram a interação tripla, ocorrendo somente interação dupla entre os fatores radiação x temperatura e temperatura x tempo.

Pela Tabela 20, referentes a variação média da firmeza das bananas com e sem casca, verificou-se que as bananas irradiadas e armazenadas a 12°C apresentaram os maiores valores de firmeza, diferenciando-se das armazenadas a 16°C e 14°C, que assemelharam-se estatisticamente. O mesmo comportamento ocorreu com as bananas ‘Nanica’ não irradiadas. Considerando os valores médios de cada temperatura não houve efeito significativo do fator irradiação, dados concordantes com Vieira (1995), avaliando bananas ‘Prata’ não irradiadas e irradiadas com 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 kGy e armazenadas entre 13°C e 14°C observou que as radiações não produziram efeito significativo no amolecimento das bananas. Porém a radiação atuou de modo positivo na manutenção da firmeza das bananas ‘Prata’ em experimento conduzido por Martinelli et al., (2008). Enquanto que Denninson e Ahmed (1975), comprovaram a eficiência da dose 0,4kGy em manter a maior firmeza de nectarinas frigoconservadas.

Tabela 20. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}), das bananas ‘Nanica’, com casca e sem casca, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à $80 \pm 5\%$ UR, por 25 dias.

Temperatura	Firmeza com casca		Firmeza sem casca	
	Irradiadas	Não Irradiadas	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	668,33 b A	688,00 b A	369,80 b A	400,22 b A
14°C	771,20 b A	737,00 b A	439,00 b A	441,22 b A
12°C	945,07 a A	879,83 a A	697,40 a A	606,33 a A
CV (%)	20,95		39,35	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

O tempo de armazenamento e as temperaturas de refrigeração afetaram significativamente a firmeza dos frutos, pois ocorreu redução gradual nos valores. Na Tabela 21, observou-se que até o 10º dia de análise não houve modificação na firmeza nas três

Tabela 21. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}), das bananas ‘Nanica’, com casca e sem casca, armazenadas em três diferentes temperaturas à $80 \pm 5\%$ UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise						
	Firmeza com casca						
	0	5	10	15	20	25	
16°C	961,67 a A	986,17 a A	962,00 a A	569,33 b B	401,00 b B	335,50 bB	
14°C	961,67 a A	1008,00 aA	993,17 a A	748,33abAB	576,67bBC	332,00 bC	
12°C	961,67 a A	1002,83 aA	1016,17 aA	873,67 a A	877,33 a A	751,33 aA	
CV (%)	20,95						
Tratamento	Firmeza sem casca						
	16°C	671,67aA	724,00aA	680,83aA	272,67bB	63,83 bB	48,00bB
	14°C	671,67aA	725,83aA	677,17aA	384,33abAB	245,50bB	52,50 bB
12°C	671,67aA	778,33aA	807,50aA	622,67aA	556,00aA	462,17aA	
CV (%)	39,35						

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

temperaturas, a partir do 15° dia houve um declínio nos valores, mas as bananas na temperatura de 12°C mantiveram-se firmes até o final dos 25 dias. Dados discordantes de Coelho (2007), que armazenando bananas tratadas com diferentes produtos químicos, armazenadas em diferentes embalagens e a 12°C observou queda brusca na firmeza de todos os tratamentos entre os dias 6 e 9 de análise.

As bananas mantidas a 12°C permaneceram firmes durante todo o período de armazenamento, diferindo das bananas a 16°C e 14°C que a partir do 15° dia apresentaram diminuição nos valores médios, como indicativo de amadurecimento e solubilização das substâncias pécticas, que segundo Chitarra (1994) garantem a integridade da parede celular. Esses dados são concordantes com experimento realizado por Castro (2002), na temperatura de 12°C, onde a banana ‘Prata Anã’ não apresentou perda significativa da firmeza no armazenamento.

Na Tabela 22, não houve interação significativa entre radiação x tempo, indicando que durante todo o período de armazenamento, os valores de firmeza das frutas com casca assemelharam-se com o uso ou não da irradiação. Da mesma forma as frutas sem a casca apresentaram dados de firmeza sem diferenciação estatística, porém após o 15° dia de análise houve nítida retenção de firmeza nas bananas irradiadas.

Tabela 22. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}), das bananas ‘Nanica’, com casca e sem casca, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à $80\pm 5\%$ UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise						
	Firmeza com casca						
	0	5	10	15	20	25	
Irradiada	961,67 a A	995,33 a A	976,56 a A	810,33 a AB	688,56 a BC	503,56 a C	
Não Irradiada	961,67 a A	1002,67 a A	1004,33 a A	650,55 b B	548,11 a B	442,33 a B	
CV (%)	20,95						
Tratamento	Firmeza sem casca						
	Irradiada	671,67 a A	704,44 a A	693,78 a A	501,78 a AB	368,22 a BC	242,11 a C
	Não Irradiada	671,67 a A	781,00 a A	749,89 a A	351,33 a B	208,67 a B	133,00 a B
CV (%)	39,35						

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.1.10. Amido, Açúcares Totais (AT) e Redutores (AR)

A interação radiação x temperatura, na Tabela 23, mostrou que as temperaturas produziram efeitos significativos nas bananas irradiadas, quanto à hidrólise de amido, pois com o aumento das temperatura de armazenamento a quantidade de amido presente nas frutas diminuiu. Nas frutas não irradiadas observou-se os efeitos equivalentes das temperaturas de 16°C e 14°C e o destaque para as frutas a 12°C que mantiveram os teores de amido elevado. Considerando os tratamentos individualmente, a irradiação produziu efeito nas bananas acondicionadas a 16°C aumentando a taxa de hidrólise de amido. Contrariamente Kao (1971), observou que irradiando bananas a 0,2; 0,3 e 0,5 kGy e armazenando-as entre 12°C e 20°C ocorreu decréscimo na taxa de degradação do amido e consequente formação de açúcares.

Tabela 23. Variação média do teor de amido (%) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à $80\pm 5\%$ UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	4,87 c B	6,00 b A
14°C	6,40 b A	6,50 b A
12°C	8,87 a A	8,37 a A
CV (%)	23,55	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Pela Tabela 24, nota-se que as bananas iniciaram o armazenamento com teores de amido muito próximos em todos os tratamentos e só ocorreu diferenciação entre os teores a partir do 15º dia, com as bananas a 12°C apresentando teores nitidamente superiores aos demais tratamentos. No final do experimento as frutas mantidas a 16°C e 14°C apresentaram comportamento semelhantes, com valores de 0,33 e 0,50%, enquanto que nas frutas a 12°C o teor ficou em 6,67%, indicando que no armazenamento em temperaturas maiores a hidrólise de amido foi maior, pois as frutas já encontravam-se em estádios de amadurecimento avançado. Os dados obtidos nesse experimento estão em torno de 10% (quando totalmente verdes) e 0,33% (quando totalmente maduras) sendo inferiores aos encontrados por outros autores como Fernandes et al., (1979), Rossignoli (1983), Carvalho (1984), Lizada et al., (1990), Vilas Boas (1995), e Santos e Chitarra (1998) os quais encontraram valores entre 15 e 25% na polpa de banana verde.

Tabela 24. Variação média do teor de amido (%) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
16°C	10,00 a A	9,50 a A	8,83 a A	5,83 b B	0,67 c C	0,33 b C
14°C	10,00 a A	10,17 a A	9,33 a A	7,33 ab A	3,17 b B	0,50 b B
12°C	10,00 a A	10,67 a A	10,00 a A	8,33 a AB	6,17 a B	6,67 a B
CV (%)	23,55					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação a Tabela 25, as bananas irradiadas ou não apresentaram valores semelhantes até o 15º dia de análise, a partir de então houve queda brusca nos teores de amido, sendo que as bananas irradiadas mantiveram diminuição constantes até o 25º dia, em comparação com as frutas não irradiadas, as quais no 20º dia apresentaram valor estatisticamente inferior as não irradiadas. Contrariamente Vilas Boas (1995), não observou efeito significativo do fator radiação e suas diferentes doses aplicadas, na hidrólise do amido em bananas ‘Prata’. Manoel (2005), constatou irradiando bananas ‘Nanica’ climatizadas que a conversão do amido ocorreu mais rapidamente (entre o 3º e 6º dias de armazenamento) do que a observada nesse experimento aos 15º dia de análise.

Tabela 25. Variação média do teor de amido (%) das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80±5 UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	10,00 a A	9,55 a A	8,78 a A	7,78 a A	4,67 a B	2,78 a B
Não Irradiada	10,00 a A	10,67 a A	10,00 a A	6,89 a B	2,00 b C	2,22 a C
CV (%)	23,55					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com as interações radiação x temperatura, Tabela 26, os efeitos das diferentes temperaturas foram estatisticamente significativos para as bananas tratadas com a irradiação gama e para as não irradiadas, evidenciando que o armazenamento em baixas temperaturas alterou o metabolismo dos açúcares totais (AT), pois a 12°C as frutas exibiram os menores valores. Ainda observa-se que quando irradiadas e armazenadas a 16°C as bananas ‘Nanica’ apresentaram os maiores valores para o parâmetro AT, enquanto que as bananas não irradiadas e a 16°C não se diferenciou das bananas armazenadas a 14°C.

O comportamento dos açúcares redutores foram semelhantes com os dados obtidos para os açúcares totais, ou seja, quando as frutas irradiadas ou não foram armazenadas a 12°C os valores de açúcares redutores (AR) foram os menores em relação as frutas a 16°C e 14°C. No entanto quando considera-se o uso ou não da irradiação as bananas armazenadas a 16°C se diferenciaram das não irradiadas, apresentando maiores valores, indicando que a irradiação influenciou mais no parâmetro AR do que no AT. No entanto, Vilas Boas (1995) avaliando bananas ‘Prata’ não irradiadas e irradiadas com doses de 0,25 e 0,50kGy observou que quando irradiadas as bananas acumularam mais açúcares totais.

Tabela 26. Variação média do teor de Açúcares Totais (%) e Açúcares Redutores (%), das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Açúcares Totais		Açúcares Redutores	
	Irradiadas	Não Irradiadas	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	4,18 a A	3,56 a A	3,11 a A	2,18 a B
14°C	3,06 b A	3,28 a A	2,32 b A	2,01 a A
12°C	1,52 c A	1,81 b A	0,90 c A	0,73 b A
CV (%)	42,98		43,26	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Conforme a Tabela 27, as bananas iniciaram o armazenamento com teores de AT semelhantes em todas as temperaturas de armazenamento e esse comportamento se estendeu até o 15° dia, quando tornou-se evidente a influência das maiores temperaturas na conversão dos AT. Durante o período de observação das bananas constatou-se que o aumento dos valores de açúcares foi mais lento no início do armazenamento e mais acentuado no final do amadurecimento para as frutas a 16°C e 14°C, enquanto que as frutas a 12°C não atingiram valores elevados. Com o avanço do armazenamento até o completo amadurecimento, o amido foi hidrolisado, resultando em enriquecimento no teor de açúcares na polpa, o que pode ser observado ainda na Tabela 27. Na interação temperatura x tempo constatou-se que, os tratamentos se diferenciaram aos 15 dias de análise e as bananas submetidas às maiores temperaturas foram responsáveis pelos teores mais altos de AR, notadamente as bananas a 12°C não amadureceram, pois os valores de açúcares redutores permaneceram baixos com consequência de não ter ocorrido hidrólise do amido.

Tabela 27. Variação média do teor de Açúcares Totais (%) e Açúcares Redutores (%) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise						
	Açúcares Totais						
	0	5	10	15	20	25	
16°C	0,08 a C	0,55 a C	1,41 a C	3,83 a B	7,50 a A	7,83 a A	
14°C	0,08 a D	0,48 a CD	1,17 a CD	2,67 ab C	5,33 b B	7,83 a A	
12°C	0,08 a B	0,39 a B	0,67 a B	1,67 b AB	3,50 c A	3,00 b A	
CV (%)	42,98						
Tratamento	Açúcares Redutores						
	16°C	0,07 a C	0,38 a C	1,27 a BC	2,65 a AB	3,68 a B	6,29 a A
	14°C	0,07 a C	0,32 a C	0,97 a BC	2,04 ab B	2,21 b B	6,27 a A
12°C	0,07 a B	0,32 a AB	0,65 a AB	0,96 b AB	0,73 c AB	1,75 b A	
CV (%)	43,26						

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observando a Tabela 28, embora não tenha ocorrido diferenciação estatística entre as condições até o 20° dia, quando as bananas não irradiadas converteram mais AT que as irradiadas, houve tendência maior de conversão em AT pelas bananas irradiadas até o 10° dia, quando a partir daí o comportamento se inverte e as bananas não irradiadas tenderam a converter mais amido em AT. Durante os dias de análise houve crescimento linear dos teores de AT, como consequência do amadurecimento. Os valores

médios para AR expostos na mesma tabela, indicam que a interação radiação x tempo foi significativa apenas no 10º dia de análise, com as bananas irradiadas convertendo mais açúcares que as não irradiadas. De modo semelhante aos AT houve tendência maior de conversão em AR pelas bananas irradiadas até o 10º dia, porém a partir desse período o comportamento de ambas tornou-se semelhante. Contrariamente Vieira (1995), utilizando bananas ‘Prata’ não irradiadas e irradiadas a 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 kGy observou que as doses de 0,50; 0,75 e 1,0kGy diminuíram o acúmulo de açúcares totais atrasando o amadurecimento.

Tabela 28. Variação média do teor de Açúcares Totais (%) e Açúcares Redutores (%), das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	Açúcares Totais					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	0,08 a C	0,56 a C	1,60 a AB	2,44 a B	4,33 b A	5,67 a A
Não Irradiada	0,08 a C	0,38 a C	0,55 a C	3,00 a B	6,56 a A	6,78 a A
CV (%)	42,98					
Tratamento	Açúcares Redutores					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	0,07 a C	0,57 a C	1,37 a B	1,65 a B	2,19 a B	4,76 a A
Não Irradiada	0,07 a C	0,11 a C	0,55 b C	2,11 a B	2,22 a B	4,78 a A
CV (%)	43,26					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

A variação dos teores de AT, para esse experimento, ficou em torno de 0,08 a 7,83%, concentrações nitidamente inferiores aos de Vieira (1995), que irradiando bananas ‘Prata’ em diferentes doses e armazenando-as entre 13 e 14°C encontrou valores de 5,42 a 20,28% e de Manoel (2005) que observou incremento nos AR da ordem de 4,33 para 15,13%.

4.1.11. Potássio

Nas Tabelas 29, 30 e 31 referentes a quantidade de potássio das bananas ‘Nanica’, observou-se interação tripla entre os fatores radiação x temperatura x tempo.

A análise dos resultados obtidos pela interação radiação x temperatura, Tabela 29, evidenciou maiores teores de potássio nas bananas armazenadas nas menores temperaturas, tanto para as bananas irradiadas como não irradiadas. O efeito da radiação foi observado armazenando-se as frutas a 12°C, pois apresentaram concentrações de potássio significativamente inferior às bananas armazenadas nas mesmas condições porém não irradiadas.

Tabela 29. Variação média do teor de potássio (mg 100g⁻¹ de matéria seca) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à 80±5% UR, por 25 dias.

Temperatura	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	358,76 b A	365,27 b A
14°C	371,50 a A	378,10 ab A
12°C	371,20 b A	397,20 a A
CV (%)	7,43	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores médios da interação temperatura x tempo, apresentados na Tabela 30, indicam que houve variação estatística apenas no 20° dia de análise, com as bananas armazenadas a 14°C e 12°C apresentando os maiores valores de potássio, 380,38 mg 100g⁻¹ e 410,88 mg 100g⁻¹, respectivamente. Durante o período de armazenamento os teores de potássio das bananas refrigeradas a 14°C mantiveram-se constantes, enquanto que as bananas nas outras duas temperaturas apresentaram variação irregular, com os menores teores no 10° dia de análise. Os valores encontrados nesse experimento estão de acordo com Bleinroth (1990), que observou para banana amadurecida, concentrações entre 350 a 400 mg 100g⁻¹ de matéria seca, porém Morgano et al., (1998) avaliando a quantidade de minerais em sete cultivares diferentes de bananas determinaram valores médios para o potássio de 258,93 mg 100g⁻¹, abaixo dos verificados nesse trabalho

Tabela 30. Variação média do teor de potássio (mg 100g⁻¹ de matéria seca) das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
16°C	390,57 a A	364,74 a AB	334,15 a B	385,69 a A	366,87 b AB	345,98 a AB
14°C	390,57 a A	365,75 a A	370,66 a A	380,23 a A	380,38 ab A	370,74 a A
12°C	390,57 a ABC	362,61 a BC	353,31 a C	413,60 a A	410,88 a AB	383,92 a ABC
CV (%)	7,43					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

No que se refere aos efeitos da radiação x tempo, Tabela 31, houve diferença significativa no 15º dia de análise, quando as bananas não irradiadas apresentaram os maiores teores de potássio, no restante dos dias a irradiação não alterou o conteúdo do mesmo, resultado parcialmente concordando com as informações de Thomas (1986), que observou que as doses ideais para inibir o amadurecimento, não alteram significativamente os teores dos minerais.

Tabela 31. Variação média do teor de potássio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a $0,4 \text{ kGy}$ à $80 \pm 5\% \text{ UR}$, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	390,56aB	374,17aA	356,86aA	373,09bA	373,41aA	358,23aA
Não Irradiada	390,56aAB	354,56aBC	348,55aC	413,25aA	398,68aA	375,53aABC
CV (%)	7,43					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.1.12. Pectinametilsterase (PME) e Poligalacturonase (PG)

Na Tabela 32, pode-se observar a atividade da PME e PG na interação radiação x temperatura. Nota-se maior atividade de PME nas bananas ‘Nanica’ não irradiadas e armazenadas a 12°C , enquanto que a 14°C e 16°C a atividade foi menor e decrescente, $3425,75 \text{ U.E. min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ e $3158,81 \text{ U.E. min}^{-1} \text{ g}^{-1}$, respectivamente. Ao mesmo tempo em que se constatou menor atividade da PG nas bananas ‘Nanica’ não irradiadas e refrigeradas a 12°C ($202,63 \text{ U.E. min}^{-1} \text{ g}^{-1}$) e maior atividade a 14°C ($275,14 \text{ U.E. min}^{-1} \text{ g}^{-1}$) e 16°C ($228,10 \text{ U.E. min}^{-1} \text{ g}^{-1}$) indicando que o armazenamento em temperaturas mais elevadas aceleraram o processo de desmetilação das pectinas pela PME (Chitarra e Chitarra, 2005), facilitando com isso a ação da PG que aumenta sua atividade pois tem maior afinidade pelo substrato linear (Anthon et al., 2002). Porém essa diferenciação na atividade da PME e PG não ocorreu entre as diferentes temperaturas de armazenamento quando as bananas foram irradiadas.

Tabela 32. Variação média da atividade da pectinametilesterase (U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de tecido) e poligalacturonase (U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de tecido), das bananas ‘Nanicas’ armazenadas em três diferentes temperaturas, sem e com irradiação a 0,4 kGy, à $80 \pm 5\%$ UR, por 25 dias.

Temperatura	PME		PG	
	Irradiadas	Não Irradiadas	Irradiadas	Não Irradiadas
16°C	3152,26 a A	3158,81 b A	208,38 a A	228,10 ab A
14°C	3361,28 a A	3425,75 ab A	239,61 a A	275,14 a A
12°C	3596,25 a A	4280,71 a A	251,09 a A	202,63 b A
CV (%)	34,54		29,89	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 33 a análise de variância mostrou que só ocorreu diferença significativa na atividade da PME, aos 20 dias de análise, e nas bananas armazenadas a 12°C, apresentando valor de 4314,16 U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$, enquanto que as bananas à 16°C e 14°C apresentaram valores semelhantes, 2632,91 e 2612,55 U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$, respectivamente. Durante o período de análise houve diminuição na atividade da PME nas bananas refrigeradas a 16°C e 14°C e em 12°C a atividade se manteve constante. Esses resultados estão de acordo com Lima et al., (2006), que constataram que a atividade total da PME pode diminuir, permanecer constante ou aumentar durante o amadurecimento, dependendo do fruto e do método de extração para análise.

Ainda analisando a Tabela 33, observou-se que a atividade da PG apresentou o mesmo comportamento nas bananas nas três temperaturas de armazenamento até o 20° dia de análise, vindo a diferenciar-se no final do experimento com a temperatura de 14°C apresentando a maior atividade 406,80 U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$. Durante os 25 dias de observação houve incremento na atividade da PG das bananas a 16°C e 14°C, enquanto que a atividade das bananas armazenadas à 12°C manteve-se constante.

Tabela 33. Variação média da atividade da pectinametilesterase (U.E. min⁻¹ g⁻¹ de tecido) e poligalacturonase (U.E. min⁻¹ g⁻¹ de tecido), das bananas ‘Nanica’, armazenadas em três diferentes temperaturas à 80±5% UR, por 25 dias.

Tratamento (Temperatura)	Dias de análise						
	PME						
	0	5	10	15	20	25	
16°C	4525,53aA	3468,83aA	3768,83aA	2849,64aA	2632,91bA	2384,25aA	
14°C	4525,53aAB	4969,13aA	2717,11aB	3306,57aAB	2612,55bB	2812,37aAB	
12°C	4525,53aA	4335,22aA	4015,43aA	3360,00aA	4314,16aA	4314,16aA	
CV (%)	34,54						
Tratamento	PG						
	16°C	192,76aAB	134,48aB	204,88aAB	229,77aAB	280,81aA	258,94aAB
	14°C	192,76aB	146,38aB	252,11aB	253,20aB	269,56aB	406,80bA
12°C	192,76aA	168,27aA	244,02aA	196,75aA	274,15aA	256,03aA	
CV (%)	29,89						

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os dados representados na Tabela 34, mostram que não houve interação entre radiação x tempo para as atividades de PME e PG, pois não ocorreu diferenciação entre as bananas ‘Nanica’ irradiadas e não irradiadas, dados discordantes de Vilas Boas (1995), que sugere efeito estimulante da radiação na atividade da PME de banana ‘Prata’, e supressivo na atividade da PG, mas que não foi suficiente para inibir a despolimerização de pectinas. Os efeitos estimulantes da irradiação gama sobre a atividade da PME também foram observadas por Somogy e Romani (1964) citados por Vilas Boas (1995), para pêras e pêsegos, e por Thomas (1986) para mangas.

Ali et al., (2004) constataram que o início da perda de firmeza dos frutos de carambola, goiaba, banana e mamão foi acompanhada pelo aumento da atividade de PME. Fontes et al, (2008) avaliando a relação entre a firmeza e a atividade da PME da polpa de mamão cv. Sunrise Solo, também constaram que à medida que a firmeza da polpa decresceu a atividade da PME aumentou. Fazendo-se uma correlação, nesse experimento entre a firmeza da polpa e a atividade da PME, não se observou esse aumento de atividade quando a polpa perdia a firmeza, ao contrário dos dados encontrados pelos autores acima mencionados.

A firmeza da polpa diminuiu consideravelmente nos tratamentos a 16°C e 14°C, a partir do 15° dia e nesse mesmo período os valores da atividade da PME diminuía, enquanto os da PG aumentava. Alguns autores têm mencionado que a PME tem pouca influência no amolecimento do fruto, servindo apenas como precursora da PG, pois

Tabela 34. Variação média da atividade da pectinametilesterase (U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de tecido) e poligalacturonase (U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de tecido), das bananas ‘Nanica’, armazenadas sem ou com o uso da irradiação a 0,4 kGy à 80 ± 5 UR, por 25 dias.

Tratamento (Irradiação)	Dias de análise					
	PME					
	0	5	10	15	20	25
Irradiada	4525,53aA	4135,93aA	3297,29aA	3161,82aA	3492,48aA	2762,14aA
Não Irradiada	4525,53aA	4379,52aA	3696,88aA	3182,31aA	2880,59aA	3065,7 aA
CV (%)	34,54					
Tratamento	PG					
Irradiada	192,76 aAB	151,92 aB	236,17 aAB	200,47 aAB	292,52 aA	284,06 aA
Não Irradiada	192,76 aBC	147351 aC	231,17 aBC	252,67 aAB	257,16 aAB	330,46 aA
CV (%)	29,89					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

facilita a atividade desta última, pela desmetilação das pectinas (Bicalho et al., 2000).

4.2. Experimento 2 – Qualidade da Banana ‘Nanica’ Irradiada a 0,4 kGy, Climatizada em Diferentes Horas Após a Colheita e Refrigerada.

4.2.1. Perda de Massa

Comparando as bananas tratadas com e sem etileno, Tabela 35, constatou-se que houve diferença significativa nos valores de porcentagem de perda de massa fresca apenas no período final do armazenamento, com as frutas do tratamento BIC-48 apresentando, em média, maior perda (10,62%). As bananas submetidas aos tratamentos BNINC e BINC foram responsáveis pelos menores valores (9,11 e 9,02%), respectivamente, diferindo dos demais tratamentos. Botrel et al., (2004), utilizando 0,75 e 1,5% de etil-5 em bananas ‘Grand Naine’ observaram valores percentuais de perda de massa de 10,25%, valor esse semelhante aos observados nesse experimento, quando os frutos foram submetidos a aplicação de etileno. Porém Silva et al., (2006) avaliando bananas ‘Prata’, por período de 5 dias de armazenamento, climatizadas no 1º, 2º e 3º dias após a colheita, observaram perdas significativas já no 1º dia de avaliação, com as frutas climatizadas tardiamente apresentando as maiores perdas, nos dias seguintes os valores entre os tratamentos foram estatisticamente semelhantes, atingindo 14,7%, sendo maior que as verificadas nas condições desse experimento.

Tabela 35. Variação média percentual de perda de massa fresca, das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Tratamentos	Dias de análise				
	3	6	9	12	15
BNINC	2,62 a E	4,64 a D	6,22 a C	7,66 a B	9,11 c A
BINC	1,99 a E	4,20 a D	5,92 a C	7,40 a B	9,02 c A
BNIC-0	2,00 a E	4,17 a D	6,15 a C	8,18 a B	10,26 ab A
BIC-24	1,93 a E	3,84 a D	5,68 a C	7,51 a B	9,48 bc A
BIC-48	2,16 a E	4,34 a D	6,47 a C	8,47 a B	10,62 a A
BIC-72	2,12 a E	4,12 a D	6,28 a C	8,35 a B	10,46 ab A
BIC-96	2,27 a E	4,31 a D	6,38 a C	8,32 a B	10,28 ab A
CV (%)	9,78				

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

Campos et al., (2003), climatizando bananas 'Nanicão' 48 horas após a colheita encontraram valores máximos de 7,07% de perda de massa em 3 dias após a climatização, enquanto os valores para esse experimento climatizando 48 horas após a colheita nos 3 primeiros dias de armazenamento, foram de 2,16%, o uso da irradiação pode ter sido o fator supressivo dessa perda, pois Silva et al., (2003) observaram que a irradiação na maior dose induziu a menor perda de massa fresca aos 12 dias após o tratamento.

Tanto os frutos não climatizados, como aqueles submetidos à climatização em diferentes horas após a colheita, apresentaram aumento significativo na perda de massa durante os 15 dias de armazenamento, ficando os frutos dos tratamentos BNIC-0; BIC-48; BIC-72 e BIC-96 acima dos 10% que, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), seria o máximo aceitável para frutas e hortaliças a fim de não comprometer a aparência. Silva et al., (2003) irradiando bananas 'Nanicão' com diferentes doses e depois submetendo-as à climatização com acetileno também observaram que quanto maior o período de avaliação maior foi a perda de massa fresca das frutas, como consequência da perda de água por transpiração, porém as porcentagens de perda foram maiores que as verificadas nesse experimento, atingindo 24%.

4.2.2. Coloração da Casca

O ângulo hue ($^{\circ}$ h) indicativo da tonalidade, representado na Tabela 36, apresentou durante o período de avaliação, decréscimos nos valores em todos os tratamentos e em todos os pontos de medição, ou seja, desenvolvimento da cor amarela. Geralmente, o desenvolvimento da cor ($^{\circ}$ h) da epiderme dos frutos diminui à medida que se prolonga o armazenamento. Esta mudança na coloração é atribuída no caso das bananas, a degradação da clorofila, enquanto a síntese de outros pigmentos é realizada em níveis relativamente baixos (Lizada et al., 1990).

Os maiores valores do $^{\circ}$ h foram expressos pelas bananas dos tratamentos BNINC e BINC, indicando que as cascas permaneceram verdes até o final dos 15 dias de análise. Nesses mesmos tratamentos observou-se que a parte superior dos dedos das

Tabela 36. Variação média na coloração (referentes ao Hue) das partes superior, média e inferior nas bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

HUE SUPERIOR						
Tratamentos	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	117,24aA	116,99 aA	117,09 aA	116,09 aA	115,33 aA	110,15 aB
BINC	115,51 aA	115,51 aA	114,68 aAB	112,38 bBC	110,28 bC	101,11 bD
BNIC-0	102,26 eA	95,92 dB	93,33 bB	90,06 cC	87,89 dC	81,49 dD
BIC-24	112,44 bA	102,15 bdB	94,94 bC	92,41 cCD	90,80 cDE	88,51 cE
BIC-48	110,47 bcA	99,69 bcB	94,27 bC	92,46 cCD	90,91 cD	88,09 cE
BIC-72	108,87 cdA	97,94 cdB	92,81 bC	91,42 cCD	88,96 cdDE	87,33 cE
BIC-96	106,51 dA	95,91 dB	92,98 bC	90,96 cCD	88,94 cdD	83,81 dE
CV (%)	2,51					
HUE MEIO						
Tratamentos	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	119,12 aA	118,52 aA	118,90 aA	118,39 aA	117,34 aA	113,98 aB
BINC	118,51 aA	118,27 aA	118,59 aA	116,93 aAB	115,27 aB	109,40 bC
BNIC-0	105,33 dA	96,65 dB	91,87 cC	88,48 bD	85,77 cE	73,35 eF
BIC-24	115,49 bA	105,07 bB	94,98 bC	90,63 bD	88,22 bE	85,75 cF
BIC-48	112,69 cA	100,67 cB	93,23 bcC	90,51 bD	88,31 bD	84,36 cdE
BIC-72	112,60 cA	100,04 cB	92,50 cC	89,55 bD	87,62 bcDE	85,43 cdE
BIC-96	110,67 cA	97,03 dB	91,01 cC	88,56 bD	86,80 bcD	83,16 dE
CV (%)	2,24					
HUE INFERIOR						
Tratamentos	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	121,07 aA	120,65 aA	121,06 aA	120,64 aA	119,91 aA	119,44 aA
BINC	119,85 aA	119,85 aA	119,81 aA	119,11 aAB	117,65 aAB	115,93 bB
BNIC-0	106,67 dA	95,96 dB	89,09 bC	86,61 bCD	85,15 bcD	79,28 dE
BIC-24	115,23 bA	105,13 bB	92,07 bC	89,88 bC	85,42 bcD	83,54 cD
BIC-48	113,65 bcA	100,19 cB	91,93 bC	88,89 bCD	86,73 bDE	85,26 cE
BIC-72	113,10 bcA	98,83 cdB	91,17 bC	88,19 bCD	86,35 bcDE	84,72 cE
BIC-96	111,45 cA	96,34 dB	90,33 bC	86,66 bD	83,27 cE	74,98 eF
CV (%)	3,08					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, nas diferentes partes medidas da fruta, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

bananas (região próxima a almofada) se diferenciaram a partir do 9º dia, com as frutas do tratameto BINC apresentando menores valores de °h, indicando o efeito estimulante da radiação no desenvolvimento da cor, quando não foram climatizadas. Dados discordantes de Silva et al., (2003), que observaram que as diferentes doses de irradiação retardaram a degradação da clorofila, sendo maior esse efeito quanto maior a dose de irradiação em comparação com as frutas não tratadas. O desenvolvimento da coloração ocorreu da parte

próxima a almofada (hue superior), passando pela região média (hue meio) e atingindo o final dos dedos (hue inferior), a diferenciação da parte mediana e inferior nesses tratamentos ocorreu só no final do experimento, com as bananas submetidas ao BNINC evidenciando os maiores valores, nota-se que partes centrais e inferiores se diferenciaram 6 dias após a parte superior já ter atingido menores valores para °h.

As bananas submetidas ao processo de climatização diminuíram os valores de °h mais rapidamente do que o restante dos tratamentos, porém houve diferenciação em relação ao tempo decorrido entre a colheita e o procedimento de amadurecimento controlado, sendo que as frutas dos tratamentos BIC-24 e BIC-48 indicaram maiores valores para essa característica avaliada, enquanto que os tratamentos BNIC-0, BIC-96 e BIC-72 foram responsáveis pelos menores valores, respectivamente. Dados parcialmente semelhantes foram observados por Silva et al., (2006) climatizando bananas 'Prata' em três diferentes períodos após a colheita, pois verificaram que nos três primeiros dias de armazenamento as frutas climatizadas 48 e 72 horas após a colheita aceleraram o processo de degradação da clorofila, mas no final dos 5 dias de avaliação as frutas de todos os tratamentos encontravam-se totalmente maduras. Em Ke e Tsai (1988), o tratamento com etileno exógeno acelerou a degradação da clorofila da casca das bananas do subgrupo Cavendish.

Nogueira et al., (2007), tratando bananas 'Nanica' com doses elevadas de carbureto de cálcio (CaC_2) para liberação de acetileno, verificaram que as frutas ficaram totalmente amarelas entre os 8 e 10 dias de armazenamento, resultado semelhante foi encontrado nesse experimento, pois as bananas tratadas com etil-5 encontravam-se totalmente amarelas a partir do 9º dia de análise. Esse amarelecimento da casca segundo Wills et al., (1981) é decorrente da ação das clorofilases que aumentam sua atividade na presença de etileno.

O desenvolvimento da cor amarela aumentou no tratamento BNIC-0, possivelmente porque as frutas não foram irradiadas, já que por ser o tratamento que menos foi exposto às condições anterior a climatização, deveria apresentar a menor transformação de cor. Enquanto que os outros tratamentos climatizados em diferentes horas, mas irradiados diminuíram o desenvolvimento da cor. O efeito da radiação gama foi semelhante ao encontrado por Vieira (1995) e contrário aos observados por Thomas et al., (1971), Broderick e Strydom (1984), Vilas Boas et al., (1996).

Para Chroma (C^*), que define a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para cores neutras (cinza) e ao redor de 60 para as cores vívidas, nota-se na Tabela 37, irregularidade de valores, sem apresentar tendência em aumentar ou diminuir no decorrer dos 15 dias de análise, o que aconteceu foi aumento nos valores dos tratamentos climatizados em cada dia de análise, indicando que a coloração amarela foi mais intensa do que a coloração verde dos tratamentos BNINC e BINC. Jacomino et al., (2003) avaliando o

Tabela 37. Variação média na coloração (referentes a Chroma) das partes superior, média e inferior nas bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^\circ\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Tratamentos	CHROMA SUPERIOR					
	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	35,47cB	39,33bA	38,50cAB	39,94aA	39,66abA	40,37aA
BINC	38,90bcA	38,90bA	38,30cAB	39,90aA	39,17bcA	34,71cdB
BNIC-0	43,15aA	43,59aA	44,47aA	42,04aA	42,39abA	35,59bcdB
BIC-24	37,12cC	42,46abAB	43,43abA	41,66aAB	42,25abAB	38,76abBC
BIC-48	37,23cB	43,29aA	43,93aA	43,55aA	43,03aA	40,54aAB
BIC-72	36,82cBC	42,24abA	39,99bcAB	39,95aAB	35,59cC	37,63abcBC
BIC-96	41,67abAB	43,60aA	42,12bcAB	41,97aAB	39,50abB	33,59dC
CV (%)	8,27					
Tratamentos	CHROMA MEIO					
	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	33,89cB	40,99cA	39,66bA	40,08bA	40,72bA	42,20cA
BINC	39,78bA	39,78cA	40,50bA	41,97bA	42,40bA	40,71cA
BNIC-0	44,40aC	49,78bAB	51,66aA	49,38aAB	47,71aBC	33,53dD
BIC-24	38,16bC	48,03bB	52,99aA	52,10aA	49,88 AB	47,83aB
BIC-48	38,96bC	50,99bA	53,10aA	51,44aA	50,98aA	45,80abB
BIC-72	40,34bB	51,11bA	51,43aA	50,42aA	50,49aA	47,94aA
BIC-96	46,43aCD	54,97aA	54,19aA	52,16aAB	50,08aBC	43,31bcd
CV (%)	7,78					
Tratamentos	CHROMA INFERIOR					
	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	34,43cA	37,32cA	37,10bA	37,92cA	37,06cA	38,83bcA
BINC	39,56bcA	39,56cA	39,25bA	40,41cA	40,06cA	42,64bA
BNIC-0	43,8 abB	52,91abA	56,69aA	54,06bA	53,91abA	41,51bB
BIC-24	38,73bcd	50,44bC	59,57aA	58,86abAB	54,22abABC	53,18aBC
BIC-48	42,68aC	55,96abAB	60,14aA	60,05aA	57,54aAB	53,84aB
BIC-72	41,99ab B	54,99ab A	54,77aA	56,97abA	55,27abA	53,01aA
BIC-96	45,72aB	56,53aAB	58,26aA	56,56 bAB	50,97bBC	34,50cC
CV (%)	11,46					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, nas diferentes partes medidas da fruta, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), BINC (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), BNIC-0 (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), BIC-24 (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), BIC-48 (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), BIC-72 (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e BIC-96 (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

efeito do tratamento com etileno na conservação refrigerada de limão ‘Siciliano’ observaram que os frutos tratados com etileno apresentaram coloração mais intensa do que os não tratados, efeito semelhante aos avaliados para este experimento.

4.2.3. Respiração

Na Figura 11 observou-se a evolução da concentração de CO₂, nos diferentes tratamentos durante o período de 15 dias. As frutas submetidas ao tratamento BNINC apresentaram aumento da taxa respiratória a partir do 3º dia de armazenamento, com valor máximo aos 15 dias (19,36 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). O tratamento BINC proporcionou pico ao 12 dias de análise (13,17 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). A aplicação de etileno no dia da colheita (BNIC-0), 24 (BIC-24) e 96 horas (BIC-96) após a colheita resultaram em maior taxa taxa respiratória, logo após a saída das frutas da câmara com valores de 19,36; 16,34 e 15,35 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente.

O tratamento BIC-48 apresentou variação de valores da taxa respiratória, com o máximo valor climatérico aos 9 dias de armazenamento, com taxas de CO₂ 11,77 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. As bananas submetidas ao tratamento BIC-72 evidenciaram o maior pico climatérico respiratório ao 3º dia com valor de 18,32 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. O pico respiratório nas bananas ‘Prata’ irradiadas por Vilas Boas et al., (1996) foi atingido entre os 17 e 18 dias de análise, enquanto que para no presente experimento houve grande variação de dias para a ocorrência dos picos, durante todo o armazenamento.

A climatização das bananas ‘Nanica’ após transcorrida 24 horas da colheita (BIC-24), assemelharam-se ao observado nas bananas ‘Prata’ climatizadas no mesmo período por Silva et al., (2006), pois em ambos os casos a taxa respiratória foi alta no início do experimento, logo após a constituição dos tratamentos, porém os valores foram discrepantes; nesse experimento o valor foi de 16,34 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, enquanto que os autores

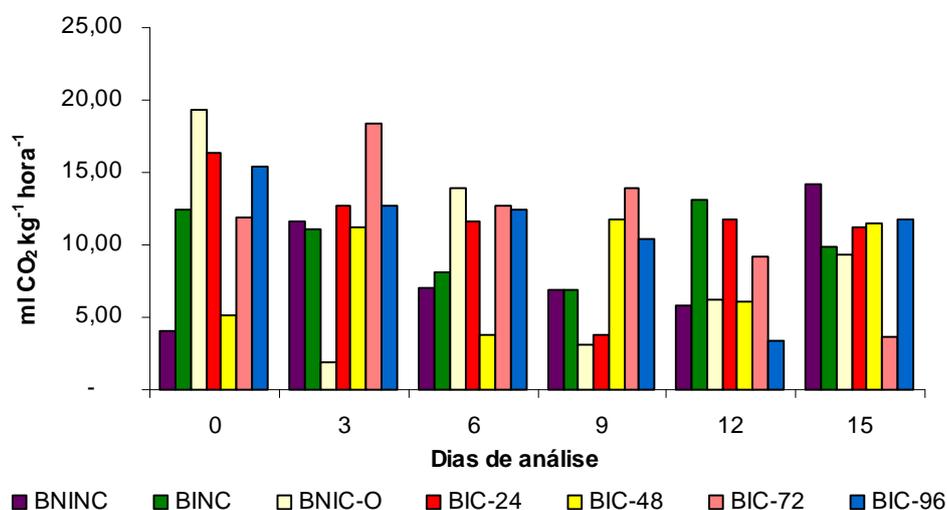


Figura 11. Taxa respiratória ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hora}^{-1}$) das bananas ‘Nanica’ não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80 ± 5 UR, por 15 dias.

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

citados acima obtiveram $313,3 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Essa diferença nos valores pode estar associada ao fato de que nesse experimento, a climatização das frutas ocorreu por um período de 72 horas, enquanto em Silva et al., (2006) o período de exposição ao etileno foi de 48 horas e segundo Álvares et al., (2004) o aumento do tempo de exposição ao etileno promove efeito inibitório sobre a respiração das frutas, pelo fato das mesmas estarem mais sensíveis ao etileno e com estágio de amadurecimento mais avançado.

O fator radiação não contribuiu para estender a fase pré-climatérica, tanto nas frutas climatizadas ou não, dados concordantes com Vilas Boas et al., (1996) que utilizando diferentes doses na irradiação da banana ‘Prata’ observaram que as mesmas não estenderam a fase pré-climatérica. Porém Aina et al., (1999) testando três diferentes doses de irradiação em cultivares característicos da Nigéria, observaram extensão da fase pré-climatérica e diminuição do valor do pico em comparação às frutas não irradiadas.

Os valores de 1,87 a $10,46 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e 11,25 a $19,36 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ observados na fase pré-climatérica e pico climatérico, não se encaixam na amplitude de das bananas ‘Prata’ e ‘Nanica’ irradiadas por Vilas Boas et al., (1996) e Manoel (2005),

respectivamente. Palmer (1971), descreve valores para bananas que podem atingir até 250mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e também discordam dos valores encontrados para esse experimento.

4.2.4. Conservação Pós-colheita

Entende-se que o completo amadurecimento de um fruto ocorre quando o mesmo atinge a máxima qualidade comestível (Watada et al., 1984), como base nesse conceito e observando a Tabela 38, as bananas do tratamento BNIC-0 não apresentavam condições de serem consumidas após os 16,50 dias, indicando que foi o tratamento mais suscetível ao efeito do etileno, quando comparado ao restante dos tratamentos climatizados, pois foi o tratamento que saiu da câmara de climatização em processo acelerado de amadurecimento, com relação SS/AT mais alta, com frutos menos firmes, com desenvolvimento maior da cor amarela e com intensificação de lesões decorrentes de danos físicos.

Tabela 38. Variação média dos dias de conservação pós-colheita das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a 14±1°C e 80±5% UR.

Tratamentos	Dias de Conservação
BNINC	26,20 a
BINC	25,40 ab
BNIC-0	16,50 c
BIC-24	20,80 bc
BIC-48	20,40 bc
BIC-72	17,20 c
BIC-96	17,00 c
CV(%)	10,88

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

Os tratamentos BIC-72 e BIC-96 duraram 17,20 e 17,00 dias, respectivamente, o que em termos de aumento de vida útil não foi significativo, sendo semelhantes ao tratamento BNIC-0. Efeitos desejáveis foram conseguidos com os tratamentos BIC-24 e BIC-48 com aumento de 5 dias no período de conservação dos frutos, estando de acordo com Simão (1998), que recomenda intervalo máximo de 72 horas entre a colheita,

climatização e o armazenamento frigorificado das frutas, garantindo que quanto menor for esse intervalo, maior será a qualidade das frutas.

Embora as frutas submetidas aos tratamentos BNINC e BINC tenham apresentado aumento significativo na vida útil, com 26,20 e 25,40 dias respectivamente, o desenvolvimento da coloração não foi uniforme, prejudicando a aparência e qualidade das frutas. Vieira (1995) obteve aumento no período de conservação de 6 dias para a dose de 0,4kGy aplicada nas bananas 'Prata', enquanto que nesse experimento foi de 10 dias, mas esse aumento não significou frutas de qualidade. Durante o período de observação não foi observada incidência de doenças.

4.2.5. Sólidos Solúveis (SS)

Os sólidos solúveis (SS) foram afetados pelos diferentes tratamentos em todos os dias de análise, como demonstrado na Tabela 39. Observou-se aumento do teor de SS no decorrer do armazenamento nos frutos de todos os tratamentos, concordando com Chitarra e Chitarra (2005), que afirmam que os sólidos solúveis apresentam tendência de aumento com o amadurecimento, devido ao aumento do teor de açúcares simples. Salomão e Maia (2004), utilizando ácido 2-cloroetilfosfônico no amadurecimento das bananas 'Nanicão' observaram redução nos teores de sólidos solúveis durante o armazenamento, efeito contrário ao deste experimento. Porém o uso de etil-5, em banana 'Prata' nas diferentes concentrações, por Lucena et al., (2004) promoveu o aumento dos SS durante o período de armazenamento.

As bananas tratadas com etil-5 apresentaram maiores valores de SS em relação as frutas submetidas aos tratamentos BNINC e BINC, indicando que o etileno promoveu desenvolvimento no amadurecimento independente do tempo decorrido entre a colheita e a climatização. As bananas do tratamento BIC- 48 saíram da câmara de climatização com teor de SS de (9,67 °Brix), embora seja semelhante estatisticamente as frutas do tratamento BIC-24 (11,00 °Brix), o menor valor indica que as mesmas estavam em estágio menos avançado de amadurecimento, enquanto que as frutas do tratamento BIC-96 com valor

Tabela 39. Variação média do teor de sólidos solúveis (°Brix) das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	3,13 d AB	3,03 c B	3,63 c AB	3,93 c AB	4,17 c AB	4,87 d A
BINC	4,13 d B	4,37 c AB	5,70 b AB	5,53 b AB	6,10 b A	5,80 d AB
BNIC-0	13,71 b C	18,90 a B	20,30 a AB	20,50 a AB	21,80 a A	21,97 ab A
BIC-24	11,00 c C	16,33 b B	19,67 a A	21,00 a A	21,33 a A	20,00 c A
BIC-48	9,67 c C	19,00 a AB	18,67 a B	19,67 a AB	20,67 a A	20,67 bc A
BIC-72	13,00 b D	17,33 ab C	19,33 a B	20,67 a AB	21,33 a A	20,67 bc AB
BIC-96	16,00 a E	17,67 ab DE	19,33 a CD	19,67 a BC	21,33 a AB	22,67 a A
CV (%)	5,05					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

de 16 °Brix saíram da câmara em estágio maior de amadurecimento, porém a partir do 3° dia de análise os valores apresentaram pouca variação nas frutas climatizadas.

Dados discordantes de Silva et al., (2006) que observaram que as bananas climatizadas 48 horas após a colheita apresentavam valores de SS maiores (21,3 °Brix), que as climatizadas 24 horas após a colheita (15,5 °Brix).

Os mesmos autores observaram variação de SS entre 15,5 °Brix e 26,6 °Brix, enquanto neste experimento as frutas submetidas a climatização variaram de 9,67 °Brix a 22,67 °Brix, essa diferença nos valores poderia ser justificada pelo uso da irradiação. A variação para os frutos não submetidos ao efeito do etileno, ficaram entre 3,03 °Brix e 6,10 °Brix, discordantes com a faixa de variação entre 10,33 e 13,54 encontrada por Carvalho (1984), para frutos verdes.

As bananas do tratamento BINC, embora tenham se diferenciado do BNINC apenas nos dia 6, 9 e 12 de análise, apresentou teores de sólidos solúveis levemente superiores, indicando possível efeito do uso da radiação, resultado verificado também por Vieira (1995), que irradiando bananas ‘Prata’ em diferentes épocas de colheita e com diferentes doses de irradiação, constatou que as bananas irradiadas, independente da dose, produziram efeitos mais acentuados nos SS, em comparação com as bananas não irradiadas.

4.2.6. Acidez Titulável (AT)

Na Tabela 40, referente a acidez titulável, verificou-se que as bananas dos tratamentos BNINC e BINC mantiveram valores constantes de AT durante os 15 dias de armazenamento atingindo valor máximo de 0,21 e 0,24 g.ác.málico 100g⁻¹, respectivamente. A tendência do tratamento BINC foi apresentar valores maiores de acidez para as bananas, nos dias 6, 12 e 15, em relação ao tratamento BNINC, indicando possível efeito da radiação nessas frutas, dados que não foram comprovados por Vieira (1995), irradiando banana 'Prata'; Domarco et al., (1996) e Manoel (2005), irradiando bananas 'Nanica', com diferentes doses.

Tabela 40. Variação média do teor de acidez titulável (g.ác.málico 100g de polpa⁻¹) das bananas 'Nanica', não irradiadas, irradiadas a 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a 14±1°C e 80±5% UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	0,21 cd A	0,20 d A	0,17 d A	0,21 b A	0,18 d A	0,21 c A
BINC	0,17 d A	0,20 d A	0,23 d A	0,21 b A	0,22 cd A	0,24 bc A
BNIC-0	0,30 bc A	0,35 c A	0,35 c A	0,29 ab A	0,30 bc A	0,30 abc A
BIC-24	0,41 a A	0,43 abc A	0,44 a A	0,37 a B	0,45 a A	0,30 abc B
BIC-48	0,35 ab B	0,47 ab A	0,34 c B	0,34 a B	0,31 bc B	0,33 ab B
BIC-72	0,34 ab C	0,49 a A	0,43 ab AB	0,35 a BC	0,36 ab BC	0,30 abc C
BIC-96	0,43 a A	0,39 bc A	0,43 ab A	0,38 a A	0,38 ab A	0,35 a A
CV(%)	12,23					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

As frutas verdes apresentam acidez orgânica mais baixa, que aumenta como o amadurecimento e decresce levemente no fruto amadurecido (Lodh e Pantastico, 1975), nesse experimento as frutas que não foram submetidas a climatização permaneceram com valores de acidez entre 0,17 a 0,24 g.ác.málico 100g⁻¹, durante todo o período de análise, indicando que não amadureceram, sendo que esses valores ficaram abaixo dos encontrados por Sgarbieri et al., (1965/66) citado por Chitarra e Chitarra (1984), para essa variedade, que foi de 0,32 g.ác.málico 100g⁻¹.

Pelos resultados encontrados durante o período de avaliação, para as bananas que foram amadurecidas com etil-5, observou-se que as bananas do tratamento

BNIC-0 apresentaram valores menores de acidez, já no dia 0 de análise, indicando que saíram da câmara em processo acelerado de amadurecimento, continuou progredindo e atingiu a senescência rapidamente, diminuindo com isso o período de vida útil das mesmas, comprovado pelo tempo de 16,50 dias de conservação (Tabela 38). As frutas do tratamento BIC-24 apresentaram maiores valores de AT, em comparação aos outros tratamentos climatizados, indicando menor senescência e por consequência maior durabilidade (20,80 dias). No entanto, Silva et al., (2006) não detectaram qualquer modificação na acidez titulável das bananas ‘Prata’ submetidas a climatização em diferentes épocas e os valores por esses autores encontrados (0,21 a 0,32 g.ác.málico 100g⁻¹), estão abaixo dos observados para esse experimento (0,29 a 0,49 g.ác.málico 100g⁻¹).

4.2.7. Índice de Amadurecimento ‘Ratio’ (SS/AT)

De acordo com a Tabela 41, referente a relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), constatou-se que os diferentes tratamentos aplicados nas bananas ‘Nanica’ interferiram significativamente nesses valores, promovendo seu aumento no decorrer do amadurecimento. Esse aumento também foi observado em bananas ‘Nanicão’ submetidas por Salomão e Maia, (2004) a ação do ácido 2-cloroetilfosfônico, devido a redução da porcentagem de ácido málico.

Tabela 41. Variação média da relação sólidos solúveis/acidez titulável (“Ratio”) das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas a 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a 14±1°C e 80±5% UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	15,18 cA	14,91 cA	21,43 dA	19,21 cA	23,67 dA	23,82 bA
BINC	25,45 bcA	21,20 cA	24,85 dA	25,72 cA	27,56 dA	23,92 bA
BNIC-0	46,34 aB	55,22 aB	58,18 aB	70,90 aA	72,30 aA	72,28 aA
BIC-24	26,61 bcE	38,37 bDE	44,22 cCD	56,33 bAB	50,95 cBC	65,41 aA
BIC-48	28,30 bcC	39,54 bC	54,35 abB	57,33 bAB	66,92 abA	63,60 aAB
BIC-72	37,23 abB	35,39 bB	44,92 cB	59,38 abA	58,58 bcA	68,99 aA
BIC-96	36,80 abD	45,68 abBCD	43,62 cCD	52,48 bABC	55,70 bcAB	64,07 aA
CV (%)	11,50					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

Os frutos dos tratamentos BNINC e BINC apresentaram os menores valores para essa variável e embora não tenha ocorrido diferença estatística entre eles, houve tendência das bananas submetidas ao tratamento BINC expressarem resultados mais elevados, devido provavelmente à irradiação, efeito também observado para os valores isolados de SS e AT. Cabrera (1974), irradiando bananas com doses variando de 0,0 a 0,5 kGy, também detectou aumento da relação SS/AT nos frutos irradiados. Os maiores valores para SS/AT nos frutos dos tratamentos BINC, BNIC-0 e BIC-48 foram alcançados no 12º dia de análise, enquanto para BNINC, BIC-24, BIC-72 e BIC-96 esse pico foi atingido no final do armazenamento. Durante todo o período de avaliação as bananas submetidas ao tratamento BNIC-0 apresentaram os maiores valores para SS/AT, devido à baixa acidez das frutas.

Considerando os resultados de SS e AT obtidos por Silva et al., (2006) no período de armazenamento de 5 dias, para as bananas climatizadas 24h, 48h e 72h, concluiu-se que a relação SS/AT ficou entre 51,67 a 122,38 e foi mais alta que a verificada para esse experimento (15,18 a 72,30), porém em média para as bananas segundo Carvalho (1984), a variação para a relação está entre 10,33 a 77,19 e se enquadra nos valores obtidos.

4.2.8. Relação Polpa/casca

Observando a Tabela 42, referente às médias gerais dos tratamentos para a relação polpa/casca, constatou-se que o aumento gradativo no decorrer do período de armazenamento, da relação polpa/casca ocorreu devido ao fluxo de água para a polpa, decorrente da redução do potencial osmótico associado a maior hidrólise de amido, nas bananas dos tratamentos BNIC-0, BIC-24, BIC-48, BIC-72 e BIC-96, além da perda de umidade pela transpiração. Os menores valores representados nas bananas submetidas aos tratamentos BNINC e BINC para a relação foi devido a menor hidrólise de amido, pois esses tratamentos não foram submetidos a ação do etileno e mantiveram o potencial osmótico da casca, reduzindo o fluxo de água para a polpa.

Tabela 42. Variação média na relação polpa/casca das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	1,33 aA	1,33 aA	1,50 abA	1,40 aA	1,37 cA	1,47 bcA
BINC	1,27 aA	1,33 aA	1,30 bA	1,70 aA	1,40 bcA	1,40 cA
BNIC-0	1,23 aC	1,37 aBC	1,80 abABC	1,93 aAB	2,10 aA	2,03 abcA
BIC-24	1,27 aC	1,40 aBC	1,70 abABC	1,73 aABC	1,97 abcAB	2,13 abA
BIC-48	1,17 aB	1,57 aAB	1,57 abAB	1,67 aAB	2,20 aA	2,17 aA
BIC-72	1,33 aC	1,43 aBC	2,00 aAB	1,87 aABC	2,07 abAB	2,33 aA
BIC-96	1,70 aA	1,93 aA	1,77 abA	1,93 aA	2,03 abcA	2,30 aA
CV (%)	16,17					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

Os valores na relação polpa/casca sofreram aumento devido a aplicação de etil-5 e não ao efeito da irradiação, como comprovado nos frutos dos tratamentos BNINC e BINC que não foram climatizados e permaneceram com seus valores constantes. No entanto, Vieira (1995), detectou para a banana ‘Prata’, efeito estressante da irradiação na relação polpa/casca causando rapidamente incremento de seus valores. A variação entre as frutas climatizadas em diferentes horas após a colheita não foi significativa em todo o período e as diferenças nos dias 6, 12 e 15 não foram suficientes para desqualificar qualquer tratamento.

Botrel et al., (2004) observaram efeito do etil-5 no aumento da relação polpa/casca das diferentes cultivares estudadas, porém não constataram diferença entre as porcentagens aplicadas. Os mesmos autores ainda observaram valores para a relação polpa/casca próximos a 2,00, na cultivar Grand Naine, quando as frutas estavam amadurecidas, valores maiores (2,33) foram encontrados nesse experimento para banana ‘Nanica’, apesar de pertencerem ao mesmo subgrupo. Porém Manoel (2005), estudando a qualidade das bananas ‘Nanica’ climatizadas e irradiadas, observou oscilação de valores entre 1,33 a 2,9, enquanto que para esse experimento a variação ficou entre 1,17 a 2,33. Sgarbieri e Figueiredo (1971), trabalhando com banana ‘Nanica’, observaram também modificação muito rápida da relação, de 1,4, para fruto verde, a 2,3 para fruto amadurecido.

4.2.9. Firmeza

Na Tabela 43, referente a firmeza das bananas ‘Nanica’ com e sem casca, verificou-se que as bananas dos tratamentos BNINC e BINC apresentaram durante os 15 dias de análise os maiores valores para firmeza com e sem casca. Na medição da polpa houve diferenciação de valores aos 3, 9 e 15 dias. Ocorreu tendência em ambas as condições de as bananas do tratamento BINC apresentarem menor firmeza, como possível efeito da irradiação, pois segundo Chitarra e Chitarra (2005), a irradiação pode causar modificações na firmeza, causando amolecimento, às vezes acentuado, da polpa. No entanto, Manoel (2005), irradiando bananas ‘Nanica’ com diferentes doses constatou maior retenção de firmeza nas frutas irradiadas, principalmente na dose de 0,4kGy, que foi a mesma utilizada nesse experimento.

Tabela 43. Variação média na firmeza (gf cm^{-2}), das bananas ‘Nanica’, com casca e sem casca não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^\circ\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	Firmeza com casca					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	937,33aB	962,67aB	1007,67aAB	937,67aAB	1023,67aAB	1064,00aA
BINC	915,33aA	904,67aA	1005,67aA	937,67aA	995,33aA	994,00aA
BNIC-0	428,67deA	369,00bcAB	274,33bBC	197,67bCD	122,00cD	146,33bD
BIC-24	564,33cA	406,00bB	294,00bBC	246,33bC	261,00bC	215,33bC
BIC-48	796,67bA	303,33bcB	275,00bAB	248,00bAB	201,00bcAB	187,00bC
BIC-72	499,67cdA	384,67bB	243,33bC	216,33bC	228,00bcC	204,67bC
BIC-96	374,67eA	263,00cAB	325,33bAB	259,33bB	255,00bB	257,00bB
CV (%)	9,53					
Trat	Firmeza sem casca					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	685,00 aB	823,67 aA	909,67 aA	869,67 aA	866,67 aA	929,33 aA
BINC	738,67 aABC	651,33 bC	857,33 aA	696,00 bBC	821,67 aAB	783,00 bAB
BNIC-0	51,67 dA	39,67 cA	35,33 bA	34,67 cA	44,67 bA	39,00 cA
BIC-24	232,67 cA	102,00 cB	59,00 bB	51,33 cB	59,67 bB	54,00 cB
BIC-48	450,00 bA	53,67 cB	67,33 bB	56,33 cB	51,67 bB	49,33 cB
BIC-72	222,33 cA	78,33 cB	56,67 bB	61,00 cB	59,00 bB	47,33 cB
BIC-96	46,67 dA	40,33 cA	73,67 bA	60,33 cA	71,67 bA	48,67 cA
CV (%)	18,51					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

Os tratamentos que foram expostos ao etileno foram perdendo a firmeza tanto nas frutas com casca e após a retirada das mesmas, a aplicação de 2-cloroetilfosfônico em bananas 'Nanicão', por Salomão et al., (2004) também ocasionou perda de firmeza quando comparadas às frutas sem tratamento, porém resultados divergentes foram encontrados por Scriven et al. (1989), que reportaram aumento na firmeza da polpa, quando as bananas receberam tratamento com etileno exógeno. A aplicação de gás etileno, por Andreuccetti (2005), em tomates da cultivar Débora também ocasionou menores índices de firmeza. Brackmann et al., (2006) conduzindo experimento com banana 'Prata' para avaliar o efeito da absorção do etileno, observaram também maior efeito deste sobre a diminuição da firmeza da polpa das frutas.

No início do período de conservação as frutas dos tratamentos BIC-24, BIC-48 e BIC-72 apresentavam-se mais firmes que dos tratamentos climatizados, mas no decorrer dos dias de observação foram perdendo a firmeza e se assemelhando ao restante. Essa diminuição na firmeza é consequência do etileno induzir a atividade de hidrolases das paredes celulares, promovendo o amaciamento dos tecidos. (Chitarra e Chitarra, 2005).

O tratamento BNIC-0 reteve menos a firmeza das frutas indicando que as mesmas, quando submetidas a ação do etileno, mas não à radiação apresentaram-se menos firmes do que aquelas expostas ao etileno e a irradiação. Entretanto Thomas et al., (1971) irradiando 3 variedades de banana, observaram que embora as variedades tenham apresentado graus de amolecimento diferentes, o efeito da irradiação não foi significativo. Vieira (1995), em seu experimento irradiando bananas com diferentes doses e mantendo-as em refrigeração, também não observou efeito estatisticamente significativo para firmeza, que compromete a qualidade.

4.2.10. Amido, Açúcares Totais (AT) e Redutores (AR)

As mudanças nos teores de amido, açúcares totais e redutores da banana 'Nanica' decorrentes da ação dos diferentes tratamentos são apresentadas nas Tabelas 44 e 45.

Com relação ao amido, Tabela 44, observou-se diminuição nos teores durante o armazenamento nas bananas submetidas a climatização em diferentes horas,

Tabela 44. Variação média no teor de amido (%) das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	3,57 b C	11,35 a B	4,84 a C	17,93 a A	17,88 a A	10,38 a B
BINC	4,63 b C	11,80 a B	3,99 ab C	18,00 a A	19,96 a A	10,71 a B
BNIC-0	5,23 b A	5,66 b A	1,89 ab B	2,68 b AB	0,34 b B	1,62 b B
BIC-24	5,67 b A	5,44 b A	3,53 ab AB	3,71 b AB	1,38 b B	1,81 b B
BIC-48	9,49 a A	3,31 bc AB	4,63 a B	3,29 b AB	1,54 b AB	0,33 b B
BIC-72	4,07 b A	1,92 c AB	2,51 ab AB	1,91 b AB	1,49 b AB	0,00 b B
BIC-96	2,82 b A	2,67 bc A	1,17 b A	1,31 b A	1,58 b A	1,51 b A
CV (%)	24,98					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

enquanto que os frutos dos tratamentos BNINC e BINC apresentaram valores elevados, durante os 15 dias de avaliação, indicando baixa transformação em açúcares totais e redutores. A irradiação não causou interferência na redução do amido o que também foi observado por Vilas Boas (1995), irradiando bananas ‘Prata’.

A aplicação de etileno promoveu efeito significativo, nos teores de amido, até o 6º dia de análise com os frutos dos tratamentos BIC-96 apresentando menores valores no dia 6, enquanto que as bananas do tratamento BIC-72 evidenciaram o menor valor no dia 3, mas no restante do período os valores se igualaram, dados concordantes em parte com Silva et al., (2006) que também notaram tendência na redução dos teores ao longo do armazenamento, mas sem apresentarem diferença na climatização das bananas ‘Prata’ em diferentes dias após a colheita. Nogueira et al., (2007) utilizando carbureto de cálcio para geração de etileno na aplicação de bananas ‘Nanica’ e ‘Pacovan’ observaram valores mínimos de amido aos 10 dias para ambas as cultivares, enquanto para esse experimento os valores mínimos começaram a surgir logo no 3º dia de análise.

Os teores muito baixos de amido expressos no dia 0 e 6 para os frutos dos tratamentos BNINC e BINC podem estar relacionados a existência do amido resistente (AR) em bananas verdes. Segundo Lobo e Lemos Silva (2003), o amido é classificado em função da sua estrutura físico-química e da susceptibilidade à hidrólise enzimática e o amido é

denominado resistente, quando submetido à incubação enzimática for convertido em açúcares em 120 minutos (Englyst et al., 1992). A existência de associações do tipo proteína-amido, diminuindo a degradação do amido resistente pode ser uma das causas do alto teor de AR em amido de banana. A variação de amido nas frutas verdes ficou abaixo das determinadas por Rossignoli (1983), Vilas Boas (1995), Mota et al., (1997) e Manoel (2005).

Concomitante a degradação do amido, observou-se incremento na concentração de açúcares totais e redutores, conforme Tabela 45, da ordem de 0,13 a 20,19%. A faixa de variação para esse experimento está de acordo com Carvalho (1984), Rossignoli (1983), Vieira (1995) e Manoel (2005).

Tabela 45. Variação média no teor de açúcares totais e açúcares redutores (%) das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	Açúcares Totais					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	0,13 d A	0,77 d A	0,64 c A	0,72 c A	0,66 c A	1,24 c A
BINC	0,24 d A	0,45 d A	1,40 c A	1,37 c A	1,60 c A	1,90 c A
BNIC-0	0,84 d D	11,43 bc C	16,90 a B	17,60 a B	17,09 a AB	19,46 a A
BIC-24	0,50 d E	9,55 c D	13,62 b C	17,06 ab B	19,21 a A	14,08 b C
BIC-48	4,06 c D	16,87 a AB	15,33 ab BC	17,20 a AB	13,46 b C	18,31 a A
BIC-72	6,45 b C	13,16 b B	14,57 b B	14,88 b B	18,30 a A	18,59 a A
BIC-96	10,95 a D	13,10 b C	15,69 ab B	18,40 a A	14,45 b BC	20,19 a A
CV(%)	8,69					
Trat	Açúcares Redutores					
BNINC	0,16 b A	0,21 d A	0,59 b A	0,68 c A	0,33 c A	0,93 c A
BINC	0,18 b A	0,45 d A	0,80 b A	0,84 c A	0,88 c A	1,07 c A
BNIC-0	0,55 b D	10,27 b C	11,41 a C	15,10 a B	15,06 ab B	14,45 a A
BIC-24	0,35 b D	6,37 c C	11,82 a B	15,08 a A	14,41 b A	12,13 b B
BIC-48	2,04 b E	14,85 a AB	11,29 a D	12,59 a CD	13,40 b BC	16,06 a A
BIC-72	6,01 a D	11,61 b C	10,93 a C	13,67 ab B	16,57 a A	16,65 a A
BIC-96	6,98 a E	10,96 b D	12,51 a CD	14,83 a B	14,27 b BC	17,66 a A
CV(%)	9,20					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

Os menores teores de açúcares totais e redutores foram evidenciados nos frutos dos tratamentos BNINC e BINC , a partir do 3º dia, como consequência de não ter ocorrido hidrólise do amido, enquanto que a climatização em diferentes horas após a colheita apresentou valores altos de açúcares. A irradiação também não causou efeito significativo na conversão dos açúcares, porém Vilas Boas (1995) e Vieira (1995) constataram maior acúmulo de açúcares quando as bananas foram irradiadas.

No tratamento BIC-96 iniciou o armazenamento dos frutos com teores de AT e AR superiores aos demais, porém a partir do 3º dia a conversão dos açúcares tornou-se semelhantes para a maioria dos tratamentos submetidos ao etil-5 e ao final do experimento o tratamento BIC-24 foi responsável pelos menores valores. Nogueira et al., (2007) embora tenham também observado aumento de açúcares redutores com o armazenamento, estes foram maiores no tratamento controle do que nas bananas 'Nanica' e Pacovan' submetidas ao carbureto de cálcio.

4.2.11. Potássio

Os dados médios do teor de potássio expressos na Tabela 46, indicam que houve diferença estatística a partir do 6º dia de análise, com grande oscilação de valores entre os tratamentos. Porém não constatou-se a interferência da irradiação, nem da climatização em diferentes horas após a colheita sobre essa oscilação, pois no decorrer dos dias de armazenamento não foi possível destacar nenhum tratamento que retive-se maior teor de potássio. Manoel (2005), trabalhando com bananas 'Nanica' climatizadas e irradiadas com diferentes doses também observou que a irradiação não causou efeito significativo nos valores, obtendo variação nos teores de potássio de 214,83 a 319,01 mg 100g⁻¹ e estando próximos aos relatados nesse experimento (202,30 a 319,55 mg 100g⁻¹), porém inferiores aos descritos por Moreira (1987) de 880mg 100g⁻¹ para bananas 'Nanica', mas semelhantes a Franco (1982) que descreveu 328 mg 100g⁻¹ de potássio e Gondim et al., (2005) que determinaram 300,92 mg 100g⁻¹ de potássio na casca das bananas.

Tabela 46. Variação média do teor de potássio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca), das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a $14\pm 1^\circ\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	247,70aA	202,30aA	256,49abA	243,98abA	260,09abA	266,02abA
BINC	218,04aA	215,57aA	284,01abA	246,23abA	267,59aA	287,97aA
BNIC-0	242,44aAB	208,45aAB	249,83abA	172,98bB	190,24bAB	245,43abAB
BIC-24	245,28aA	252,02aA	232,45bA	208,13abA	214,28abA	247,16abA
BIC-48	226,55aA	214,01aA	209,52bA	266,26aA	264,09aA	239,61abA
BIC-72	204,29aB	235,68aB	319,55aA	253,25aAB	265,32aAB	195,19bB
BIC-96	265,36aA	259,26aA	256,46abA	239,29abA	261,66abA	240,63abA
CV (%)	12,85					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

Essas diferenças podem ser atribuídas aos cachos e a região em que os buquês avaliados foram retirados, ou seja dassegunda e terceira pencas, já que segundo Bleinroth (1990), os minerais apresentam pequena variação durante o amadurecimento da fruta, sendo seus teores na banana verde um pouco maiores do que no fruto amadurecido.

4.2.12. Pectinametilsterase (PME) e Poligalacturonase (PG)

A Tabela 47, permite associar a ativação da pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG), enzimas relacionadas à degradação da parede celular. Os resultados obtidos para PG foram previamente transformados em \sqrt{x} e retornados a forma original, para efeito de análise estatística.

Os frutos de todos os tratamentos apresentaram aumento na atividade da PME até o 3° dia de análise, após esse período as bananas dos tratamentos BNINC e BINC continuaram apresentando valores altos, culminando com a máxima atividade ao 6° dia, enquanto o restante decresceu em valores. Segundo Brady (1976) a pectinametilsterase tem pouca influência na mudança de firmeza no amadurecimento dos frutos, mas ocasiona no entanto redução do grau de esterificação, o que permite a atividade da PG (Awad e Young,

Tabela 47. Variação média da atividade da pectinametilesterase e poligalacturonase (U.E. min⁻¹ g⁻¹ de tecido), das bananas ‘Nanica’, não irradiadas, irradiadas à 0,4 kGy, climatizadas em diferentes horas após a colheita e armazenadas a 14±1°C e 80±5% UR, por 15 dias.

Trat	Dias de análise					
	Pectinametilesterase					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	2331,99aBC	2564,95abcB	3942,58aA	865,55bD	851,27bD	1181,66aCD
BINC	1749,99abB	3459,93aA	3554,52aA	2112,83aB	2075,27aB	1417,38aB
BNIC-0	914,01bB	2280,78abcA	1144,83bAB	1614,39abAB	1915,08abAB	1927,96aAB
BIC-24	1361,50abA	1792,19cA	1162,09bA	1510,79abA	1382,65abA	1587,65aA
BIC-48	1157,09abB	3060,78abA	1534,33bB	1688,60abB	1425,51abB	1450,99aB
BIC-72	1876,14abA	2137,12bcA	1030,69bA	1963,90abA	1715,30abA	1753,06aA
BIC-96	1233,21abAB	2224,36bcA	1029,05bB	1688,60abAB	1843,36abAB	1431,10aAB
CV (%)	27,47					
Trat	Poligalacturonase*					
	0	3	6	9	12	15
BNINC	16,91 bA	19,83 bA	25,55 bA	13,70 bA	34,39 bA	19,40 aA
BINC	15,10 bA	27,35 bA	38,30 abA	26,54 abA	37,96 bA	29,73 aA
BNIC-0	42,07 abB	120,94 aAB	102,81abAB	94,28 aAB	202,04 aA	77,49 aB
BIC-24	115,08 aA	71,15 abA	85,05 abA	44,86 abA	27,93 bA	73,24 aA
BIC-48	9,32 bB	68,16 abAB	130,20 aA	11,41 bB	85,82 abAB	101,34 aA
BIC-72	23,95 bAB	66,08 abA	99,91 abA	6,04 bB	104,85 abA	82,97 aAB
BIC-96	102,44 aA	95,51 abA	72,86 abA	23,41 abA	108,30 abA	94,16 aA
CV (%)	36,63					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade..

BNINC (bananas não irradiadas e não climatizadas), **BINC** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e não climatizadas), **BNIC-0** (bananas não irradiadas e climatizadas no dia da colheita), **BIC-24** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 24h após a colheita), **BIC-48** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 48h após a colheita), **BIC-72** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 72h após a colheita) e **BIC-96** (bananas irradiadas a 0,4 kGy e climatizada 96h após a colheita).

* Os dados da PG foram transformados em \sqrt{x} e destransformados.

1979), porém este experimento demonstrou que o aumento na atividade da PME ocasionou diminuição da firmeza no 3º dia nos tratamentos climatizados, enquanto os frutos dos tratamentos BNINC e BINC mantiveram-se firmes mesmo com o aumento ou diminuição da PME durante os 15 dias de observação.

O aumento da atividade da PME nos frutos climatizados, nos 3 primeiros dias de avaliação, pode segundo Kohatsu, (2007) estar relacionado ao efeito do etileno que modifica as características dos frutos no armazenamento, como exemplo, o amolecimento dos frutos devido à quebra enzimática das paredes celulares. Porém Oliveira (2005), apesar de encontrar alta atividade de PME em pêssegos concluiu que não apenas essa enzima esteja envolvida no processo de degradação com redução de firmeza, mas que ela pode

estar relacionada ao processo de solubilização de pectinas, que com alto grau de esterificação são pouco solúveis em água e desesterificadas são altamente solúveis em água.

Entre o 9º e 12º dia, os valores de PME dos frutos dos tratamentos climatizados e BINC se assemelharam, no entanto as bananas submetidas ao tratamento BNINC que apresentavam decréscimo de atividade, mantiveram-se constante. Ao final dos 15 dias de avaliação das bananas 'Nanica', todos os tratamentos atingiram valores próximos e entre 1181,66 (BNINC) a 1927,96 U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ (BNIC-0). A PG apresentou decréscimo e incremento de atividade no período de 9 e 12 dias, respectivamente, nas bananas do tratamento BNIC-0 foi verificado o maior pico, que resultou em menor firmeza, ao final dos 15 dias a atividade da PG nos frutos de todos os tratamentos não diferiram estatisticamente, porém a tendência dos tratamentos climatizados e os tratamentos BNINC, BINC em evidenciarem maiores e menores atividades foi nítida e os valores ficaram entre 19,40 (BNINC) e 101,34 U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ (BIC-48).

Os valores da atividade da PME para esse experimento ficaram dentro da faixa de variação encontrada para banana 'Prata-Anã' por Sales et al., (2004), acima de Vilas Boas et al., (1996) para banana 'Prata' e abaixo de Melo e Vilas Boas (2007), para banana 'Maçã'. A atividade da PG ficou dentro da faixa de variação encontrada pelos autores acima citados.

Nos dias 3, 9 e 12 as bananas submetidas ao BINC apresentaram maior atividade de PME e PG, quando comparadas as bananas do tratamento BNINC, possivelmente devido ao uso da irradiação. Vilas Boas et al., (1996), também observaram maior atividade da PME nas bananas 'Prata' irradiadas em comparação com não irradiadas, sugerindo efeito estimulante da irradiação na desesterificação de pectinas, entretanto esses mesmos autores constataram efeito supressivo da irradiação sobre a atividade da PG.

A PG apresentou grande oscilação da atividade em todos os tratamentos, resultados semelhantes foram observados em bananas (Vilas Boas et al.,1996), tomate (Filgueiras, 1996) e melão (Kohatsu, 2007). Nas bananas submetidas aos tratamentos BNINC e BINC os valores mantiveram-se baixos durante os 15 dias, o que implicou na retenção da firmeza das frutas. Lima et al., (1996) avaliando o armazenamento de mangas e Xisto (2002), analisando a conservação de goiabas 'Pedro Sato', observaram que a atividade de PG aumentou somente após o início da queda da atividade da PME, esse efeito não foi

observado para a banana 'Nanica' nesse experimento, pois a grande variação de valores da PG, nem sempre coincidiu com a diminuição da PME.

4.3. Considerações Finais

4.3.1. Experimento 1 – Utilização da Irradiação na Diminuição da Temperatura de Armazenamento das Bananas ‘Nanica’.

A maioria dos parâmetros avaliados nesse experimento sofreram transformações significativas a partir do 15º dia de análise, com as seguintes constatações:

- À 16°C as perdas de massa foram inferiores e a irradiação influenciou, aumentando os valores de perda de massa, a partir do 15º dia de armazenamento;
- A radiação atrasou o desenvolvimento da cor na banana armazenada a 14°C, mas não estendeu o pico climatérico respiratório e as frutas tratadas apenas com frigoconservação tiveram a produção de CO₂ reduzida;
- Em relação ao período de conservação observou-se que a radiação não promoveu incremento na vida útil das bananas e que quando armazenadas nas maiores temperaturas a durabilidade diminuiu, porém armazenando-as em 12°C o amadurecimento uniforme ficou comprometido. Sugere-se a retirada das frutas após decorrido o período de 25 dias, de 12°C para a temperatura ambiente;
- Os SS, AT, SS/AT não foram influenciados pela radiação. Notou-se porém, que as frutas submetidas às temperaturas de 16° e 14°C evidenciaram os maiores teores para SS, AT e o maior valor para a relação SS/AT foi representado pelas bananas a 16°C. Enquanto que a relação polpa/casca não foi influenciada pela radiação e as diferentes temperaturas de armazenamento;
- Bananas armazenadas à 16° e 14°C mantiveram valores de firmeza semelhantes e o uso da radiação não causou efeito no amolecimento das frutas;
- Temperaturas de 16° e 14°C promoveram maior hidrólise de amidos nas bananas ‘Nanica’, a radiação após os 15 dias de análise manteve a diminuição dos teores de amido constante, enquanto que quando não irradiada a queda de valores foi brusca. A radiação promoveu maior conversão em ART e AR até o 10º dia e após esse período mantiveram valores semelhantes;

- Menores temperaturas de armazenamento mantiveram maiores teores de potássio nas bananas ‘Nanica’ e a radiação influenciou apenas no armazenamento das bananas a 12°C, promovendo menores valores;
- A atividade da PME diminuiu e da PG aumentou em ambas as temperaturas (16° e 14°C), porém a 12° C mantiveram-se constantes, não ocorreu diferenciação na atividade de PME e PG nas bananas irradiadas ou não.

4.3.2. Experimento 2 – Qualidade da Banana ‘Nanica’ Irradiada a 0,4 kGy, Climatizada em Diferentes Horas Após a Colheita e Refrigerada.

- Os tratamentos BNIC-0, BIC-48, BIC-72 E BIC-96 apresentaram perda de firmeza superior a 10%, enquanto BNINC, BINC e BIC-24 ficaram abaixo dessa porcentagem;
- As bananas submetidas a BNINC e BINC mantiveram a coloração verde até o final do período de avaliação , enquanto que BNIC-0 desenvolveram a coloração amarela mais rapidamente;
- O fator irradiação não contribuiu para estender a fase pré-climatérica e o tratamento BNIC-0 apresentou maior pico climatérico logo na saída da câmara de climatização;
- Em relação à conservação das bananas ‘Nanica’ o tratamento BNIC-0 foi responsável pela menor durabilidade, enquanto BNINC e BINC apesar de terem aumentado a vida útil não apresentaram frutas de qualidade e os tratamentos BIC-24 e BIC-48 que atingiram aproximadamente 21 dias de conservação com características aceitáveis de qualidade;
- Ocorreu aumento dos SS com aplicação de etil-5 e diminuição nos tratamentos BNINC e BINC; a AT foi maior em BIC-24, porém manteve-se constante em BNINC e BINC, a relação SS/AT foi maior em BNIC-0. Os três parâmetros foram influenciados levemente pela radiação em BINC;
- Quando se considera a relação polpa/casca como “coeficiente de desenvolvimento”, pode-se afirmar que o aumento da relação foi devido a aplicação de etileno e não à

radiação e que a diferença entre as frutas climatizadas não foi suficiente para desqualificar qualquer tratamento;

- A retenção de firmeza foi maior em BNINC e BINC, porém isso não significou aumento de qualidade e sim que as frutas não amadureceram; BNIC-0 apresentaram-se menos firmes e também duraram menos;
- O processo de irradiação não causou interferência na redução do amido e os tratamentos climatizados diferenciaram-se apenas até o 6º dia; houve incremento de açúcares com a redução do amido, com exceção dos tratamentos BNINC e BINC, enquanto BIC-24 ao final do experimento evidenciou os menores valores;
- Não houve interferência da radiação e nem da climatização em diferentes horas após a colheita sobre o teor de potássio e nenhum tratamento se destacou na manutenção dos maiores teores desse mineral nas bananas ‘Nanica’;
- A aplicação de etileno promoveu aumento da atividade da PME no início do armazenamento, porém no final dos 15 dias os valores assemelharam-se em todos os tratamentos. A maior atividade da PG em BNIC-0 resultou em menor firmeza ao final do experimento.

No primeiro experimento, onde a maioria das transformações foram observadas após os 15 dias de análise, a radiação não conseguiu reduzir a temperatura de armazenamento, que permaneceu em 14°C.

No segundo experimento quando a irradiação foi aplicada nas bananas sem climatização (BINC), ela promoveu discretas transformações quando comparada ao tratamento controle (BNINC), porém quando associou-se a irradiação a climatização, a resposta à retenção de qualidade foi melhor e o tratamento BNIC-0 acelerou o amadurecimento das bananas ‘Nanica’, conservando-se por menor tempo

Em ambos os experimentos não foram constatados incidência de doenças

5 - CONCLUSÃO

A irradiação não reduziu a temperatura de armazenamento para as bananas 'Nanica' do primeiro experimento, sendo a temperatura de 14°C a mais adequada ao armazenamento;

No segundo experimento, o melhor período para aplicação de etileno nas bananas 'Nanica' irradiadas, sem o comprometimento da qualidade, foi entre 24 e 48 horas após a colheita.

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 (eds). **Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN**. Boston, 1990. cap.4, p.45-64.

AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2004. 536p.

AINA, O.J., ADESIJI, O.F., FERRIS, S.R.B. (1999). Effect of gamma irradiation on postharvest ripening of plantain fruit (*Musa paradisiaca*) cultivars, **J. Sci Food Agric**. 79:653-656.

ALI, Z.M.; CHIN, L.; MARIMUTHU, M.; LAZAN, H. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 2, p. 181-192, 2004 b.

ÁLVARES, V.S., FINGER, F.L., CECON., NEGREIROS, J.R.S. Dinâmica da absorção de etileno e produção de dióxido de carbono por banana 'Prata', após a climatização. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.29, n.1, p.40-44, 2004

ALVES, E. J.; MEDINA, V. M.; OLIVEIRA, M. de A. Colheita e manejo pós-colheita. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1999. cap. 15, p. 453-485.

ANDREUC CETTI, C. **Avaliação da qualidade do tomate de mesa tratado com gás etileno**. 2005. 154p. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia Agrícola. Unicamp. Campinas. 2005.

ANTHON, G.E., SEKINE, Y., WATANABE, N. et al. Thermal inactivation of pectin methylesterase, polygalacturonase, and peroxidase in tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.6153-6159, 2002.

AUBERT, B. Action du climat sur le comportement du bananier em zones tropicales et subtropicales. **Fruits**, Paris, v.26, n.3, p.175-187, 1971.

AWAD, M.; YOUNG, R.E. Postharvest variation in cellulose, polygalacturonase and pectin methylesterase in 'Avocado' (*Persea americana* Mill cv. Fuerte) fruit in relation to respiration and ethylene production. **Plant Physiology**, Baltimore, v.64, p.306-308, 1979.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colhita de frutas**. São Paulo: Nobel, 1993. 144p.

BICALHO, U.O.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F.; COELHO, A.H.R. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p.136 -146, 2000.

BLEINROTH, E.W., COOPER, C. E. B. Estudos sobre o armazenamento e maturação da banana. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.5, p.63-80, 1974.

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.

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. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2ª ed. rev. e ampl. Campinas:ITAL, 1995. 302p.

BORGES, A.L., OLIVEIRA, A.M.G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, A.J.M. **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação pra Transferência de Tecnologia, 2000. p.47-59 (Série Frutas do Brasil, 1).

BOTREL, N., SILVA, O.F., BITTENCOURT, A.M. Procedimentos pós-colheita. In: MATSUURA, U.F.C.A., FOLEGATTI, M.I. da S. **Banana. Pós-Colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica -Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 2001. p.32-39. (Frutas do Brasil; 16).

BOTREL, N., MEDINA, V.M., SILVA, S.O., CENCI, S.A., SOARES, A.G. Amadurecimento controlado de frutos de diferentes cultivares e genótipos de bananeiras. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, México, v.6, n.1, p.7-11, 2004.

BRACHMANN, A., STEFFENS, C.A., SESTARI, I., NEUWALD, D.A., GIEHL, R.F.H. Armazenamento em atmosfera modificada e controlada de banana 'Prata' com absorção de etileno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.5, p.914-919, set/out, 2006.

BRADY, C.J. The pectinesterase of pulp banana fruit. **Australian Journal of Plant Physiologist**, Victoria, v.3, p.163-172, 1976.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. – Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973. Diário Oficial, Brasília, 30 de agosto de 1973. Seção I, pt. I. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. – Portaria nº 09, de 08 de março de 1985. Diário Oficial, Brasília, 13 de março de 1985. Seção I. “Aprova as normas gerais para irradiação de alimentos” - (Anexo I), a “Relação de alimentos cuja irradiação é autorizada” – (Anexo II).

BRASIL. Leis, Decretos, etc. – Resolução nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Diário Oficial, Brasília, 29 de janeiro de 2001. Seção I. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, p.18-22, 1995.

BRODERICK, H.T., STRYDOM, G.J. The radurisation of bananas under commercial conditions. Part I; increased storage life. **Citrus and Subtropical Fruit Journal**, Johannesburg, v.602, p.4-6, 1984.

BUESCHER, R.W.; FURMANCKSKI, R.J. Role of pectinmetilesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p.264-266, 1978.

CABRERA, M.L. **Preservación de frutas tropicales por irradiación** (Programa de investigación sobre la prolongación del periodo de anaquel de frutas y hortalizas irradiadas). México: Centro de estudios nucleares (Contrato de investigación n 972/RB), 1974. 58p.

CAMARGO, G. A. Perdas pós-colheita de verduras e frutas frescas. In: **Anuário da Agricultura Brasileira (AGRIANUAL)**. São Paulo. 2002. p. 41-42.

CAMPOS, R.P., VALENTE, J.P., PEREIRA, W.E. Conservação pós-colheita de banana cv. Nanicão climatizada e comercializada em Cuiabá-MT e região. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.172-174, abr.2003.

CANTILLANO, R.F.F. Armazenamento refrigerado de frutas e hortaliças: importância da transpiração. **Horti Sul**, Pelotas, v.1, n.4, p.23-31, dez.1991.

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.I.F.; CHITARRA, A.B.; CARVALHO, H.S. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v. 25, n.3, p. 605-615, 2001.

CARVALHO, R.I.N. Fisiologia pós-colheita de espécies frutíferas. In: WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.I.N. **Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, Coleção Agrárias, 2002, 424 p.

CASTRO, Marcos Venícius de. **Influência da refrigeração no amadurecimento póscolheita de banana ‘Prata Anã’ produzida na região norte de Minas Gerais**. 67 p.
Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista. 2002.

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, M.I.F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. **Informe Agropecuário.**, v.17, n.179, p.8-18, 1994.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed., Lavras: UFLA, 2005, 785 p.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex General Standards for Irradiated Foods and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation**

Facilities Used for the Treatment of Foods, CAC, Vol. XV, E-1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1984.

COELHO, A.F.S. **Avaliação da qualidade após a colheita da banana ‘Prata Anã’ submetida a tratamentos químicos e armazenada sob refrigeração**. 2007. 117p. (Tese de Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - CEAGESP. **Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas**. Classificação da banana. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura, 2006.

DENNISON, R.A. and AHMED, E.M. Irradiation treatment of fruits and vegetables. In: HAARD, N.F.:SALUNKHE. D.K. **Symposium: Postharvest biology and handling of fruits and vegetables**. Westport: Conn. Avi., p.118-129.1975.

DICKSON, J.S. Inactivación de microorganismos por radiación. In: MOLINS, R. **Irradiación de alimentos: principios y aplicaciones**. Zaragoza: Editora Acribia, S.A, 2001. 21-33p.

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. Control del proceso y dosimetría en la irradiación de alimentos. In: MOLINS, R. **Irradiación de alimentos: principios y aplicaciones**. Zaragoza: Editora Acribia, S.A, 2001. 401-430p.

ENGLYST, H.N., KINGMAN, S.M., CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 46, n.2, p.33-50, 1992.

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, 1979.

FILGUEIRAS, H. A. C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco 'alcobaça'**. 1996. 118f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 1996.

FONTES, R.V., SANTOS, M.P., FALGUETO, A.R., SILVA, D.M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.54-58, março 2008.

FRANCO, G.V.E. **Nutrição. Texto Básico e Tabela de Composição Química de Alimentos**. 6ªed. São Paulo. Livraria Atheneu, 1982.

FRY, S. C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 37, p. 165-186, 1986.

GANRY, J. Étude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la temperature. **Fruits**, Paris, v.28, n.7/8, p.499-516, 1973.

GLIDEWELL, S.M. et al. Detection of irradiated food: a review. **Journal of the Science of Food Agriculture**, Barking, v.61, p.281-300, 1993.

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

GONDIM, J.A.M., MOURA, M.F.V., DANTAS, A.S., MEDEIROS, R.L.S., SANTOS, K.M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vl.25, n.24, p.825-827, out-dez. 2005.

HEWAGE, S.K., WAINWRIGHT, H., SWINBURNE, T.N., WIJERATHNAN, R.S.W. Modified atmosphere storage of bananas at chilling temperatures. **Proceeding, Postharvest handling of tropical fruits**. Australia. 1994. p.419-421.

HOCHAUS, K. Transporte frigorífico por mar, experiências e possibilidades. **Internacional Fruit World**, v.52: 235-241. 1994.

HONORIO, S.L.;BENEDETTI, B.; LEAL, P.A.M. **Pós-colheita de produtos perecíveis**. In: CONEEAGRI,18., 2001. Campinas. Anais...

HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, v. 1, 1970. 620p.

HULTIN, H.O.; SUN,B.;BURGER.J. Pectin methyl esterase of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v.31, p.320-327, May/June 1966.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. IV ed. Brasília: Editora Anvisa, 2005. 533p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estados@ disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/tema.php?sigla=to&tema=lavourapermanente2006>>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Agrícola Municipal** , v.31,2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2004/comentarario.pdf>>

IVANCKO, S.B. **Escolha de embalagens para frutas e hortaliças**. São Paulo: Agrianual, 2002.

JACOMINO, A.P., MENDONÇA, K., KLUGE, R.A., Armazenamento refrigerado de limões 'Siciliano' tratados com etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, vol.25, n.1, p.45-48, abr.2003.

JANKOVIC, M. The influence of ripening conditions on banana quality. **Recuil des Travaux de Recherches de la Faculté Agronomique** 32-33: 130-134. 1988

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: **Postharvest Technology of Horticultural crops**. 2 ed. Division of Agriculture and Natural Resources. Davis: University of California, n.3311, 1992. 295p.

KAO, H.Y. Extension of storage life of bananas by gamma irradiation. In: **Desinfestation of Fruit by irradiation**, Viena, International Atomic Energy Agency, 1971, p.125.

KETSA, S. et al. Firmness, pectin components and cell wall hydrolases of mango fruit following low-temperature stress. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v.74, n.6, p.685-689, 1999

KE, L.S., TSAI, P.L. Changes in ACC content and EFE activity in the peel and pulp of banana fruit during ripening in relation to ethylene production. **Journal of the Agricultural**, Beltsville, v.143, p.48-60. 1988.

KIEBER, J. Etileno: o hormônio gasoso. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Eds.). **Fisiologia vegetal**. 3ªed. Porto Alegre: ARTMED Ed., 2004. p.541-559.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2ª ed. Emopi: Campinas, 214 p., 2002.

KOHATSU, D.S. **Efeito de reguladores vegetais na qualidade de frutos de melão rendilhado**. 2007, 91p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2007.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**.1998. 59p.

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

LICHTEMBERG, Luiz Alberto. Colheita e pós-colheita da Banana. **Informe Agropecuário**, v.20, n.196, p.73-90, jan./fev.,1999.

LICHTEMBERG, Luiz Alberto. Pós-colheita de banana. In: Simpósio Norte Mineiro sobre a Cultura da Banana, 1, 2001, Nova Porteirinha. **Anais...** Nova Porteirinha: EPAMIG, p.105-130, 2001.

LICHTEMBERG, Luiz Alberto; MALBURG, Jorge Luiz; HINZ, Robert Harri. Transporte interno dos cachos de banana. In: **Banana pós-colheita**. Brasília: Embrapa/SPI, 2001.

LIMA, L.C de O., SCALON, S. de P.Q., SANTOS, J.E.S. Qualidade de mangas (*Mangifera indica*) cv. 'Haden' embaladas com filme de PVC durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.18, n.1, p.55-63, 1996.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1707-1713, 2006.

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. cpa.5, p.65-84.

LOBO, A.R., LEMOS SILVA, G.M. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas.

Revista de Nutrição, Campinas, v.16, n.2, p.219-226, abr/jun, 2003.

LODH, S.B., PANTÁSTICO, E.B. Physicochemical changes during growth of storage organs.

In: PANTÁSTICO, E.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Connecticut, AVI. 1975. p.41-45

LUCENA, E.M.P., JÚNIOR, A.S., SILVA, A.M.C., CAMPELO, I.K.M., SOUZA, J.S., COSTA, T.L., MARQUES, L.F., PAIXÃO, F.J.R. Uso de etileno exógeno na maturação da banana variedade 'Prata-Anã'. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, Especial. v.6, n.1, p.55-60, 2004.

LUDFORD, P. M. Postharvest hormone changes in vegetables and fruit. In: DAVIES, P. J.(Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. p.574-592.

LUENGO, R. F. A. Princípios de pós-colheita para aumentar a conservação das hortaliças. In: LUENGO, R.F.A.; CALBO, A. G. (Ed.) **Armazenamento de Hortaliças**. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2001, p. 15-32.

MAGALHÃES, M.J.M. **Danos físicos em bananas, devido ao transporte manual em terreno plano e acidentado, no interior do talhão**. 2002. 66p. (Dissertação de Mestrado) Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade de Campinas, Campinas. 2002.

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. **Fruticultura tropical 4: Banana.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. 485 p.

MANOEL, L. **Irradiação e refrigeração na conservação de bananas ‘Prata’ e ‘Nanica’ climatizadas.** 2005. 83p. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2005.

MARTINELLI, M., TEIXEIRA, G., MORAIS, C.S., SOUZA, F.A.S., CONEGLIAN, R.C.C., VITAL, H.C., HERNANDES, N.K. Conservação de frutos de banana ‘Prata’ submetidos à irradiação gama. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20. Vitória, 2008, **Anais.** Vitória:SBF, 2008.

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

MELO, A.A.M., VILAS BOAS, E.V.B. Redução do amadurecimento de banana ‘Maçã’ minimamente processada pelo uso de tratamentos químicos. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v.31, n.3, p.821-828, maio/jun. 2007

MOLINS, R. Introducción. In: MOLINS, R. **Irradiación de alimentos: principios y aplicaciones.** Zaragoza: Editora Acribia, S.A, 2001. 1-20p.

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

MORELLI, K. I.; PIERCE, B. M. H.; KADER, A. A. Genotypic variation in chilling sensitivity of mature-green bananas and plantains. **Hortecchnology,** Davis, Apr./June 2003.

- MORGANO, M.A., FERREIRA, M.M.C., MANTOVANI, D.M.B. Análise exploratória de diferentes cultivares de bananas. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16. Rio de Janeiro, 1998, **Anais**. Rio de Janeiro, 1998.
- 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.
- NGUYEN, T.B.T.; KETSA, S.; DOORN, W.G.V. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. **Postharv. Biol. Technol.** v. 30, p. 187-193, 2003.
- NISHIBA, I.; MURATA, N. Chilling sensitivity in plants and cyanobacteria: The crucial contribution of membrane lipids. **Annual Review of Plant Physiol. and Plant Molec. Biol.** v. 47, p. 541-568, 1996.
- NOGUEIRA, D.H., PEREIRA, W.E., SILVA, S.M., ARAÚJO, R.C. Mudanças fisiológicas e químicas em bananas 'Nanica' e 'Pacovan' tratadas com carbureto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.460-464, dez.2007.
- OLIVEIRA, F.E.R. **Qualidade de pêssegos 'Diamante' (*Prunus persica* (L.) Batsch) submetidos ao 1-metilciclopropeno**. Dissertação (Mestrado). 2005. 68p. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- OLIVEIRA, S. S. et al.. In: **A Cultura da banana: Aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais**. EMBRAPA, Brasília, DF, 1999. p. 85-105.
- PALMER, J. K. The banana. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v.2, p.65-105.

PEREZ, L.H. **Exportações brasileiras de banana: acentua-se a especialização regional.** Informações Econômicas, São Paulo, v.31, n.8, ago. 2001.

PÉREZ-TELLO; G.O.; SILVA-ESPINOZA, B.A.; VARGAS-ARISPURO, I.; BRICEÑOTORRES, B.O.; MARTINEZ-TELLEZ, M.A. Effect of temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit (*Averrhoa carambola L.*). **Biochem. Biophys. Res. Commun.** v. 287, n. 4, p. 846-851, 2001.

PEROSA, J.M.Y.; PIERRE, F.C. Técnicas pós-colheita e expansão da cultura da manga no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v 24, n.2, aug, 2002.

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.

RANGEL, Antonio et al. **Cultura da banana.** 2. ed. Campinas: CATI, 2002. 91 p. (Boletim Técnico, n.234).

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.

ROCHA, J. L. V. Fisiologia pós-colheita de banana. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA**, 1., 1984, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FCAV, 1984. p.353-67.

ROSSIGNOLI, P.A. **Atmosfera modificada por filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de banana ‘Prata’ em condições ambiente.** Lavras: ESAL, 1983. 81p. Dissertação de Mestrado.

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.

SALES, A.N., BOTREL, N., COELHO, A.H.R. Aplicação de 1-metilciclopropeno em banana 'Prata-Anã' e seu efeito sobre as substâncias pécticas e enzimas pectinolíticas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.479-487, maio/jun, 2004.

SALOMÃO, L.C.C., MAIA, V.M. Amadurecimento de quatro cultivares de banana com ácido 2-cloroetilfosfônico. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa. v.29, n.2, p.104-113, 2004.

SALTVEIT, M. E. Jr. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.279-292, 1999.

SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables. 2nd ed., v.1. **Fresh fruits and vegetables**. 315 p. CRC Press, Boca Raton: Florida, 1991.

SANCHES, J., LEAL, P.A.M., SARAVALI, J.H., SILVIA, A. Avaliação de danos mecânicos causados em banana "Nanicão" durante as etapas de beneficiamento, transporte e embalagem. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 195-201, 2004.

SANTOS, J.E.S., CHITARRA, M.I.F. Realção entre a idade do cacho de banana 'Prata' à colheita e a qualidade dos frutos após a colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.33, n.9, p.1475-1480, set. 1998.

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

SCRIVEN, F.M., GEK, C.O., WILLS, R.B.H. Sensory differences between bananas ripened without and with ethylene. **HortScience**, Alexandria, v.24, n.6, p.983-984, 1989.

SEBRAE. **Banana: relatório completo**. Estudos de mercado. SEBRAE/ESPM. 2008.p.88.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**.

London: Chapman and Hall, 1993. p.152-187.

SGARBIEI, V.C., FIGUEIREDO, I.B. Transformações bioquímicas da banana durante o amadurecimento. **Revista Brasileira de Tecnologia**. São Paulo, v.2, p.85-94, 1971.

SILVA, A.C., SILVA, A.C., LUCENA, C.C., FEITOSA, H.O., VASCONCELOS, M.A.S., CONEGLIAN, C.C., BUSQUET, R.N.B. Conservação de Banana (*Musa sp*) cv. 'Nanicão', submetidos a irradiação gama e indução a maturação com carbureto de cálcio. **Agronomia**, v.37, n.1, p.38-41, 2003.

SILVA, C.S., LIMA, L.C., SANTOS, H.S., CAMILI, E.C., VIEIRA, C.R.Y.I., MARTIN, C.S., VIEITES, R.L. amadurecimento da banana 'Prata' climatizada em diferentes dias após a colheita. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v. 30, n.1, p. 103-111, jan./fev., 2006.

SIMÃO, S. **Tratado de Fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760p.

SOMMER, N. F.; ARPAIA, M. L. Postharvest handling systems: tropical. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. California: University of California, 1992. chap. 27, p. 241-251. 295p.

SOTO-BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2nd ed. San José: Litografía e Imprenta LIL, 1992. 674p.

SOUZA, K.C.M. **Aspectos tecnológicos e ergonômicos da colheita e pós-colheita da banana (*Musa Cavendishi*): um estudo de caso na região do Vale do Ribeira**. 2000. 114p. (Dissertação de Mestrado) Faculdade de Engenharia Agrícola .Universidade de Campinas (UNICAMP), Campinas. 2000.

STEWART, E.M. Química de la irradiación de alimentos. In: MOLINS, R. **Irradiación de alimentos: principios y aplicaciones**. Zaragoza: Editora Acribia, S.A, 2001. 35-74p.

STRYDOM, G.J., WHITEHEAD, C.S. (1990). The effect of ionizing radiation on ethylene sensitivity and postharvest ripening of banana fruit, **Sci. Hortic.** 41: 293-304.

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

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.

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.

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

URBAIN, W.M. Food. **New York Academic Press, INC.**, 1986, 351 p.

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).

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., CHITARRA, A.B., CHITARRA, M.I.F. Modificações pós-colheita de banana 'Prata' y-irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, b.31, n.9, p.599-607, set, 1996

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).

XISTO, A. L. R. P. **Conservação pós-colheita de goiaba 'Pedro Sato' com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambiente**. 2002. 49 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

WANG, C. Y. Chilling injury of tropical horticultural commodities. **HortScience**, v.29, n.9, p.986-988, 1994

WATADA, A.E., HERNER, R.C., KADER, A.A., ROMANI, R.J., STABY, G.L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, v.16, n.1, p.20-21, 1984.

WILLS, R. H. Post-harvest technology of banana and papaya in ASEAN: an overview. **ASEAN Food journal**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 47-50, 1990.

WILLS, R. H. H., LEE, T.H., GRAHAM, D., McGLASSON, W.B., HALL, E.G. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. London: Granada, 1981. 163p.

YANG, B.; SHIPING, T.; HONGXIA, L.; JIE, Z.; JIANKANG, C.; YONGCAI, L.; WEIYI, Z. Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage. **Postharv. Biol. Technol.**, v. 29, p. 229-/232, 2003.