

VIRGÍNIA DE SOUZA ÁLVARES

Amadurecimento e qualidade da banana ‘Prata’ (*Musa* AAB subgrupo Prata) submetida a diferentes concentrações de etileno

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

VIRGÍNIA DE SOUZA ÁLVARES

Amadurecimento e qualidade da banana ‘Prata’ (*Musa* AAB subgrupo Prata) submetida a diferentes concentrações de etileno

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 16 de abril de 2003.

Prof. Fernando Luiz Finger
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Prof. Paulo César Corrêa

Prof. Gilberto Bernardo de Freitas

Prof. Gerival Vieira
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas oportunidades que coloca constantemente em meu caminho, pela luz, pela saúde e pela paz que me proporciona.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia pela valiosa oportunidade de realizar este trabalho.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo indispensável auxílio financeiro.

Principalmente a minha mãe Santa, razão da minha existência que sempre foi pra mim exemplo de amor, amizade, perseverança, esperança e pelo apoio em todos os momentos e sentidos.

À minha irmã Ivana pelo exemplo de força e vontade de vencer, além do auxílio nas correções de português. Minha avó Conceição, minhas tias Dalva, Celeste e Tereza e meu primo Wagner pela acolhida familiar quando retornava para casa.

Às minhas melhores amigas Ivanete e Isaurina pela força, companheirismo, paciência, conselhos e pelas palavras que tornaram tudo mais simples.

Aos meus amigos Luciano, Paula e Glória que me ajudaram tanto nas disciplinas e experimento quanto nos problemas pessoais.

Aos meus colegas de laboratório Josete, Paulo, Ludmila, Vanessa e Rosilene pelas boas risadas que demos tornando um ambiente de trabalho mais agradável. Ao Marlon pelo auxílio na estatística.

Ao meu amigo Daniel que, mais do que ninguém colaborou para que este trabalho fosse realizado.

Ao Professor Gerival Vieira pela orientação.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pela preciosa disponibilidade de tempo, pela orientação e pelo ensinamento de estatística, além do ótimo bom humor nas conversas.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pela cessão de equipamentos, pelo espaço físico do Laboratório de Pós-colheita da Fitotecnia e pela extrema atenção como conselheiro mesmo que à distância.

Aos professores Paulo Corrêa e Gilberto Bernardo pela disposição em participar da banca examinadora.

Aos professores Salomão, Flávio, Cláudio e Dalmo pelas contribuições para a realização das disciplinas.

Ao professor Tocio Sedyama pela paciência em me ouvir e disponibilidade em me aconselhar quando precisei.

Ao professor José Geraldo Barbosa, pela orientação durante três anos na Iniciação Científica.

Aos funcionários do Setor de Fruticultura e do Laboratório de pós-colheita do Departamento de Fitotecnia, em especial, Geraldo, Ribeiro, Sobreira e Sabino, por toda ajuda proporcionada e pelo excelente relacionamento.

Aos vizinhos e prestativos estagiários Ramon, Rodrigo e Caetano pela ajuda nos momentos mais delicados da pesquisa, pela dedicação, pelo zelo e pelo excelente ambiente de trabalho.

Aos meus vizinhos, em especial, Leonardo, Rafael, Lourenço e Eugênio, além de Renata pela amizade e descontração, tornando mais fácil superar os obstáculos da vida.

Aos amigos de graduação Egnaldo, Natália, Tatiana, Jane, Kenny, Rita e Keller que, com certeza, colaboraram, de forma direta ou indireta, na conclusão deste objetivo.

Ao Jacson registro um agradecimento especial pela compreensão, carinho, cuidado e apoio em todos os momentos fazendo com que a fase final do curso tivesse um sentido a mais.

À D. Vina e Sr. Toninho que me tiveram como pais e amigos quando mais precisei em tempos de graduação, tornando possível meu caminho até aqui.

A todos os verdadeiros amigos que fiz em Viçosa tornando mais fácil superar os obstáculos da vida e solidificar esta obra, agradeço de coração, porque sem amigos nada se constrói e para nada existimos.

BIOGRAFIA

VIRGÍNIA DE SOUZA ÁLVARES, filha de Maria Neuza de Souza e Ivan de Melo Álvares, nasceu na cidade de Tocantins, Minas Gerais, em 15 de agosto de 1975.

Cursou 1º grau na Escola Estadual Dr. João Pinto em Tocantins e 2º grau na Escola Estadual Senador Levindo Coelho em Ubá, Minas Gerais, concluindo o ensino médio em dezembro de 1993.

Em março de 1995 ingressou na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em Engenharia Agrônômica, em Outubro de 2000.

Em março de 2001 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

	Página
TABELAS E FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Aspectos gerais	3
3.2. Respiração	4
3.3. Características físicas	6
3.3.1. Perda de massa	6
3.3.2. Vida de prateleira	6
3.3.3. Coloração	7
3.4. Características bioquímicas	8
3.4.1. Etileno	8
3.4.2. Açúcar e amido	9
3.4.3. Clorofila e carotenóides	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1. Local e condução do experimento	13
4.2. Tratamentos e análise estatística	13
4.3. Características avaliadas	14
4.3.1. Determinações no fruto inteiro	14
4.3.1.1. Perda de massa	14
4.3.1.2. Vida de prateleira	15
4.3.1.3. CO ₂	15
a) Preparação das amostras	15
b) Cálculo da taxa respiratória	16
4.3.1.4. C ₂ H ₄	17
a) Preparação das amostras	17
b) Cálculo da taxa de etileno nos baldes	17
4.3.1.5. Coloração da casca	17

	Página
a) Método visual	17
b) Método instrumental	18
4.3.2. Determinação na polpa	19
4.3.2.1. Carboidratos solúveis totais (CHST)	19
a) Extração	19
b) Quantificação dos carboidratos solúveis totais	20
c) Cálculo do teor de carboidratos solúveis totais	20
4.3.2.2. Teor de amido	21
a) Preparação das amostras	21
b) Quantificação do teor de amido	21
c) Cálculo do teor de amido	21
4.3.2.3. Teor de açúcares redutores	22
a) Quantificação de açúcares redutores	22
b) Cálculo do teor de açúcares redutores	22
4.3.3. Determinações na casca	23
4.3.3.1. Pigmentos	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. Análises físicas	24
5.1.1. Coloração da casca	24
a) Análise da coloração da casca pelo método instrumental	24
a.1) Comportamento da coordenada “L”.	25
a.2) Comportamento da coordenada “a”	27
a.3) Comportamento da coordenada “b”	29
a.4) Diferença de cor	30
b) Análise da coloração da casca pelo método visual	32
5.1.2. Vida de prateleira	35
5.1.3. Perda de massa	37
b) Perda de massa após o tratamento	39
5.2. Análises químicas	40
5.2.1. Carboidratos solúveis totais	40
5.2.2. Açúcares redutores e não-redutores	43
5.2.3. Amido	44

	Página
5.2.4. Dióxido de carbono (CO ₂)	46
5.2.5. Etileno (C ₂ H ₄)	49
5.2.6. Clorofila e carotenóides	51
6. CONCLUSÕES	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÊNDICE	64

TABELAS E FIGURAS

	página
Figura 01 – Escala de cores da casca	18
Figura 02 – Estimativa da coordenada “L”	26
Figura 03 – Estimativa da coordenada “a”	28
Figura 04 – Estimativa da coordenada “b”	30
Figura 05 – Estimativa da variação de cor da casca	31
Figura 06 – Evolução da coloração da casca	33
Figura 07 – Estimativa da perda de massa do fruto durante o tratamento	37
Figura 08 – Estimativa do teor de carboidratos solúveis totais da polpa	42
Figura 09 – Estimativa do teor de açúcares redutores da polpa	44
Figura 10 – Estimativa do teor de amido da polpa	45
Figura 11 – Evolução de CO ₂ nos baldes no período de 24-36 horas tratamento	46
Figura 12 – Evolução de CO ₂ nos baldes no período de 48-60 horas tratamento	48
Figura 13 – Estimativa do teor de clorofila total da casca	53
Tabela 01 – Média da evolução das coordenadas “L”, “a” e “b”	25
Tabela 02 – Variações das coordenadas colorimétricas “L”, “a” e b”	27
Tabela 03 – Médias das diferenças de cor da casca	32
Tabela 04 – Escala de coloração da casca e vida de prateleira	35
Tabela 05 – Médias da perda de massa durante o tratamento	38
Tabela 06 – Médias da perda de massa durante o tratamento	39
Tabela 07 – Média da composição química da polpa	41
Tabela 08 – Média da concentração e quantidade de etileno nos baldes	49
Tabela 09 – Média das taxas de absorção de etileno nos baldes	50
Tabela 10 – Conteúdo médio de clorofila e carotenóides totais da casca	52

RESUMO

ÁLVARES, Virgínia de Souza, M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2003. **Amadurecimento e qualidade da banana 'Prata' (*Musa* AAB subgrupo Prata) submetida a diferentes concentrações de etileno.** Orientador: Gerival Vieira. Conselheiros: Fernando Luiz Finger e Paulo Roberto Cecon.

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com o objetivo de determinar a concentração e o tempo de tratamento com etileno necessários para o amadurecimento e qualidade da banana 'Prata' à 18 °C. Os frutos da segunda e da terceira penca foram colhidos em Coimbra em Julho de 2002 e levados para o Laboratório de pós-colheita da UFV onde foram selecionados, lavados, pesados, colocados em baldes hermeticamente fechados e tratados com etileno exógeno (0, 10, 50, 100 e 1000 $\mu\text{L.L}^{-1}$) por diferentes tempos de exposição (0, 24, 48 e 72 horas). Foram realizadas as análises de perda de massa, coloração da casca e vida de prateleira dos frutos, carboidratos solúveis totais, amido, açúcares redutores e açúcares não redutores da polpa, clorofila e carotenóides da casca, além de dióxido de carbono (CO_2) e etileno (C_2H_4) no interior dos baldes. O experimento foi desenvolvido segundo o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as concentrações (5 níveis) e nas subparcelas os tempos de exposição ao tratamento (3 níveis) no Delineamento Inteiramente Casualizado com 3 repetições, totalizando em 15 unidades experimentais. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, regressão e teste de Dunnett. À medida que aumentou a combinação entre a concentração de etileno e o tempo de exposição ao tratamento, houve um aumento na perda de massa, coloração da casca, carboidratos solúveis totais, açúcares redutores e não redutores, além de diminuição dos níveis de clorofila, vida de prateleira e amido. O teor de carotenóides da casca indicou um desmascaramento com a degradação da clorofila. O conteúdo de CO_2 nos baldes destacou a importância da aeração após certo período de tratamento, havendo saturação do gás ou escassez de O_2 que interferiram na respiração e, conseqüentemente, no tratamento com etileno. A quantificação de C_2H_4 indicou rápida resposta dos frutos ao tratamento, além de um aumento da sensibilidade com a maturação destes. De acordo com a coloração da casca, principal atributo

de qualidade avaliado pelo consumidor, o tratamento adequado de amadurecimento da banana 'Prata' que forneceu frutos de qualidade e prolongada vida útil após a compra foi de $50 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno por 24 à 36 horas de exposição.

ABSTRACT

ÁLVARES, Virgínia de Souza, M.S., Universidade Federal de Viçosa, april of 2003. **Ripening and quality of banana 'Prata' (*Musa* AAB subgroup Prata) affected by ethylene concentration.** Adviser: Gerival Vieira. Committee members: Fernando Luiz Finger and Paulo Roberto Cecon.

This work was done at laboratory of postharvest physiology of the Department of Plant Science of Federal University of Viçosa, with the objective to establish the optimal concentration and time of treatment with ethylene to ripen and quality of banana 'Prata' stored at 18 °C. The fingers of second and third bunchs were harvested in Coimbra on July 2002 and were carried to the laboratory of postharvest where they were selected, washed, weighted, placed in sealed buckets and then treated with exogenous ethylene (0, 10, 50, 100 and 1000 $\mu\text{L.L}^{-1}$) for different times of exposition (0, 24, 48 and 72 hours). It was measured the loss of weight, skin coloration and shelf life of the fruits, soluble carbohydrates, starch, reducing and nonreducing sugars of pulp, chlorophyll and carotenoid of skin, and carbon dioxide (CO_2) and ethylene (C_2H_4) concentration inside the buckets. The experiment was developed according the scheme of parcele that was subdivided, the parcele had concentrations (5 levels) and the subparcele the time of exposition to the treatment (3 levels) in complete random design with 3 replicates and total of 15 experimental units. The data obtained were submitted to variance analysis, regression and Dunnett test. The combination between ethylene concentration and the time of exposition for each treatment applied increased the loss of weight, skin coloration, soluble carbohydrates, reducing and nonreducing sugars, reduction of chlorophyll content, shelf life and starch content in the fruits. The content of carotenoid in the skin was revealed with the degradation of chlorophyll. The content of carbon dioxide (CO_2) inside the buckets showed the importance of air flushing after the length of time of applied. It was evident the CO_2 build up and deprivation of O_2 with time and C_2H_4 concentration. The quantity of C_2H_4 applied indicated fast response by the fruits and increase in sensitivity with the maturation. According to the coloration of the skin, main attribute of quality evaluated by the consumers, the treatment adequate for the ripening of banana 'Prata' followed by proper shelf life was of 50 $\mu\text{L.L}^{-1}$ of ethylene for 24 to 36 hours of exposition.

1. INTRODUÇÃO

A comercialização das frutas é de grande importância em todo o mundo no que se refere aos aspectos social, econômico e alimentar. A fruticultura possibilita a exploração intensiva de áreas produtivas, tornando-as lucrativas. Além disso, utiliza elevada quantidade de mão-de-obra, constituindo-se em fonte geradora de empregos não somente na produção, como também no armazenamento, no processamento e na comercialização.

A falta de técnicas adequadas de pós-colheita, transporte e armazenamento desses produtos, que são altamente perecíveis, ocasiona grandes perdas. Nos países considerados emergentes, as perdas de alguns produtos são estimadas em cerca de 50%. A realidade brasileira não é diferente, pois desde o produtor até o consumidor, a magnitude das perdas é considerável. Esse fato evidencia a urgente necessidade de processos simples e baratos que possam oferecer condições para conservar esses alimentos perecíveis.

A banana (*Musa* sp.) é uma fruta tropical largamente cultivada no Brasil, com área cultivada em mais de 500 mil ha. No entanto, as perdas desse produto são estimadas em 40% do volume total da produção (AGRIANUAL, 2002). Apesar de ser colhida em quantidade e qualidade praticamente iguais ao longo do ano é considerada extremamente perecível, devendo ser consumida em menos de 25 dias após a colheita. Isso justifica a aplicação de métodos de conservação do excedente.

A produção brasileira de banana no ano de 2001 foi cerca de 6,7 milhões de toneladas e tem-se mantida estável nos últimos anos, com pequena queda desde 1998 (AGRIANUAL, 2002). O Brasil, apesar de ser um dos maiores produtores, tem sua produção voltada para o consumo local (FAO, 2002), sendo que o volume consumido e produzido permite que apenas um excedente residual seja exportado. Cerca de 99% do produzido é vendido internamente, onde a maior parte da banana comercializada no país não é de boa qualidade devido, principalmente, às péssimas condições de transporte do produto. Minas Gerais é o quarto estado maior produtor de bananas, com uma produção, no ano de 2001, de 643 mil toneladas, representando cerca de 9,54% do volume total da produção brasileira (AGRIANUAL, 2002).

A bananeira do cultivar Prata (*Musa* AAB subgrupo Prata) é plantada em quase todo o território brasileiro, dividindo com o cultivar Maçã a preferência dos

brasileiros para o consumo do seu fruto *in natura* e de acordo com o Anuário de Agricultura Brasileira (AGRIANUAL, 2002) em 2001 a produção anual deste cultivar foi cerca de 45 mil toneladas.

O Brasil, apesar de ser o segundo maior produtor e maior consumidor de bananas, dispõe de poucos recursos relacionado com o manejo e a fisiologia pós-colheita deste cultivar. A banana 'Prata' apresenta-se com relativa importância no mercado interno brasileiro, principalmente nos estados do Sudeste e vislumbra-se com grandes perspectivas de alcançar, com sucesso, o mercado internacional. Não obstante, frente ao curto período de conservação da banana depois de iniciados os processos relativos ao amadurecimento, técnicas que visem o controle da fase pré-climatérica têm sido estudadas e aprimoradas com o objetivo de se prolongar sua vida pós-colheita, resguardando-se a manutenção de seus atributos de qualidade.

O aumento dos conhecimentos de fisiologia pós-colheita poderá dar condições de se produzir frutos de melhor qualidade, retardando a senescência e, conseqüentemente, aumentando o período de conservação, o que nos permitirá aumentar o volume exportado.

2. OBJETIVO

O trabalho teve como objetivo determinar a concentração mínima de etileno e o tempo de exposição ao tratamento para o adequado amadurecimento artificial de banana 'Prata'.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aspectos gerais

A banana pertence ao gênero *Musa* da família *Musaceae*, sendo que os frutos comestíveis são, em sua maioria, híbridos de espécies selvagens *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, que possuem os genomas AA e BB, respectivamente. Essas duas espécies férteis cruzaram-se no estado selvagem e através de mutações diversas originaram os diplóides (AA, AB), triplóides (AAB, ABB), ou tetraplóides (AAAB, ABBB). Recentemente, tem surgido uma nova denominação para a banana: o nome do gênero, seguido do grupo e indicação do cultivar, por exemplo, *Musa* (grupo AAB, subgrupo Prata). Os diferentes cultivares de banana diferem em características como tamanho, forma, cor da casca e sabor (CANO *et al.*, 1997; CHAUCA, 2000). Segundo SAMSON (1980), o grupo triplóide é o mais importante comercialmente.

Um tratamento pós-colheita de frutos e hortaliças prolonga sua vida útil, controla a demanda do produto no mercado, aumenta o rendimento financeiro dos produtores e preserva a qualidade do produto. A principal meta do armazenamento é o controle da taxa de respiração, transpiração, doenças e, conseqüentemente, a preservação do produto em sua forma mais saudável para os consumidores (CARVALHO, 1984). Dessa forma tratamentos pós-colheita devem reduzir a deterioração sem predispor o produto ao amadurecimento anormal ou outra variação indesejável, mantendo-o em condições aceitáveis ao consumo por tempo tão longo quanto possível (WILLS *et al.*, 1998).

Dentre os frutos climatéricos, a banana possui larga faixa de maturidade fisiológica em que pode ser colhida e induzida a amadurecer com excelente qualidade. Isso permite que a maturação comercial seja uma operação de rotina na obtenção de frutos em estágio de cor específico, de acordo com o esquema pré-determinado (MEDINA *et al.*, 1996; ALVES, 2000). O amadurecimento de bananas pode ser controlado, dentro de certos limites, por regulação de temperatura, aplicação de etileno e modificação do oxigênio e dióxido de carbono no ambiente de armazenamento (DESAI & DESHPANDE, 1978).

As câmaras de climatização usadas nestes tratamentos são dotadas de sistema de refrigeração, sistema de umidificação e dispositivos para aplicação do gás ativador de maturação (etileno), para a circulação do ar e exaustão. A

circulação do ar e a exaustão são realizadas com a finalidade de uniformizar as condições da atmosfera na câmara, desfazer o filme microscópico de partículas de água que se deposita na superfície do fruto armazenado e também remover gases em excesso como o CO₂ que interferem no tratamento (CARVALHO, 1984). Esta renovação do ar da câmara é realizada em intervalos de 12 à 24 horas após o tratamento, de acordo com a temperatura utilizada na climatização, mantendo-se sempre o gás carbônico abaixo de 0,5 % do ar. O excesso deste gás (acima de 1 %) no ar causa a coloração verde-amarelada no fruto maduro, o amolecimento e podridão da polpa e o retardamento da maturação (LICHTENBERG, 1999).

A temperatura da câmara pode ser mantida entre 13 e 20 °C. Como citado por LICHTENBERG (1999), temperaturas mais elevadas aceleram o ritmo de maturação, reduzem a vida de prateleira dos frutos (longevidade), causam o cozimento da polpa, dificultam a hidrólise do amido e favorecem o desenvolvimento de fungos. Temperaturas abaixo de 12 °C por um certo período de tempo causam o “chilling” que pode ser caracterizado de acordo com WILLS *et al.* (1998) como injúria pelo frio causado pelo metabolismo desbalanceado e perda da compartimentalização celular em temperaturas sub-ótimas, com conseqüente extravasamento de solutos, possível amolecimento e podridão da polpa.

As bananas são colhidas durante o período pré-climatérico a fim de poderem ser manuseadas e transportadas aos centros de distribuição. Para a distribuição ao comércio, a fruta é amadurecida artificialmente, onde uma quantidade do gás é colocada de forma a proporcionar uma concentração final de 10 a 1000 ppm ($\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno) dentro da câmara, de acordo com MOTA *et al.* (1997). Esta concentração foi determinada para o amadurecimento dos cultivares Nanica e Nanicão, mas é utilizada para todos os cultivares. A utilização destes parâmetros para um cultivar em estágio mais avançado de desenvolvimento ou mais sensível às concentrações de etileno utilizará a senescência do fruto, com reflexos importantes na comercialização do produto. É importante, portanto, estudar a fisiologia de cada cultivar para estabelecer a tecnologia ótima para sua colheita e armazenamento (MOTA *et al.*, 1997).

3.2. Respiração

A respiração é um processo metabólico fundamental do fruto e consiste em uma completa cadeia de reações de caráter oxidativo e os constituintes mais

complexos presentes nas células (açúcares e ácidos orgânicos, principalmente) com sua transformação em moléculas simples como dióxido de carbono, água e liberação de energia. Este processo biológico oxidativo tem como principal objetivo a produção de energia necessária na forma de ATP para novas reações sintéticas celulares.

Com base no comportamento respiratório durante o amadurecimento, os frutos se classificam em duas categorias: “climatéricos” e “não-climatéricos”. Os primeiros, entre outras diferenças, apresentam elevação da intensidade respiratória durante a maturação desencadeada pelo etileno, com aumento da produção de CO₂, sendo que os não-climatéricos apresentam tendência decrescente na taxa de respiração a partir da colheita.

A banana possui aumento respiratório com rapidez nos eventos de maturação e grande demanda de energia. Neste caso, o estágio de amadurecimento comestível está intimamente relacionado com o pico climatérico. O padrão de atividade respiratória da banana tem o completo amadurecimento após o pico respiratório.

O padrão respiratório dos frutos climatéricos se divide em três estádios: o “mínimo pré-climatérico” ou período de baixa intensidade respiratória, o “máximo climatérico” no pico de respiração e o “pós-climatérico” que corresponde ao período de declínio na atividade. A fase que ocorre entre o período do mínimo e o máximo climatérico é conhecida por maturação plena ou amadurecimento, onde o fruto apresenta-se completamente desenvolvido e com qualidade comestível. Depois do máximo climatérico se inicia o processo de senescência dos frutos onde o crescimento diminui e os processos bioquímicos de envelhecimento prevalecem em transformações que tendem para degradações (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

O amadurecimento é o aspecto mais intensivamente estudado na fisiologia pós-colheita dos frutos. Este fato é devido ao entendimento dos mecanismos de controle da respiração e de que forma os frutos se comportam quanto ao fenômeno da respiração climatérica (COOMBE, 1976).

3.3. Características físicas

3.3.1. Perda de massa

A água é o constituinte básico dos frutos em proporção média de 70-85 % da massa fresca. A perda de água do fruto para o meio exterior se realiza na forma de vapor por parte dos tecidos vivos através de aberturas naturais na superfície do produto como os estômatos, lenticelas, cutícula, ou qualquer dano mecânico que rompa os tecidos do sistema epitelial como cortes e feridas, que diminuem a resistência da casca. As perdas de água podem ocorrer tanto nos frutos que se encontram em árvore, como nos colhidos. O processo de transpiração tem um papel importante na pós-colheita devido ao fato da água perdida não poder ser repostada ao órgão pelo sistema radicular. A perda de massa pós-colheita de um órgão geralmente está relacionada com a perda de água.

3.3.2. Vida de prateleira

A longevidade ou durabilidade dos produtos, também conhecida como vida de prateleira, pode ser analisada pelo período existente entre a colheita e o término da sua atratibilidade ao consumidor.

Algumas pesquisas com cultivares de banana utilizados internacionalmente destacam que o período de vida útil dos frutos, principalmente climatéricos, depende dentre outros fatores da concentração de etileno e tempo de exposição ao tratamento. Trabalhos como os de JOHN & MARCHAL (1995) e WILLS *et al.* (1999) relataram que quanto maior a concentração de etileno utilizada menor a vida de prateleira dos frutos. Da mesma forma, PEACOCK (1972) observou que a curta exposição de bananas ao etileno, mesmo que insuficiente para iniciar o amadurecimento, diminuiu a vida de prateleira em 32% comparada com frutos não tratados, sendo este considerado um valor altamente significativo. Além disso, exposições prolongadas de bananas ao etileno durante o armazenamento podem aumentar a “desgranação” (despencamento prematuro dos frutos da penca) por tornar os pedicelos mais fracos (SEMPLE & TOMPSON, 1988), também estudado para banana ‘Prata’ por PAULL (1996).

A relação entre a vida de prateleira em dias (Y) e a concentração de etileno em $\mu\text{L.L}^{-1}$ (X) foi modelada pela equação: $\log Y = a + b \log X + c (\log X)^2$, sendo

que WILLS *et al.* (1999, 2001) obtiveram para banana a equação $Y = 3,3 - 9,24 X$ à temperatura de 20 °C. Ainda que a vida de armazenamento possa variar grandemente com diferentes estratégias de comercialização e variedades, a equação de regressão pode ser usada para calcular a concentração de etileno que poderia resultar em uma maior vida de prateleira nas circunstâncias analisadas.

3.3.3. Coloração

Normalmente, a primeira avaliação que se faz dos alimentos é por meio das cores e isso influencia muito o consumidor na decisão da escolha de um produto. A cor, além da associação preestabelecida, afeta as características sensoriais e a aceitabilidade do alimento (WILLS *et al.*, 1998; CHAUCA, 2000), sendo que a transição de coloração da casca de verde para amarelo é utilizada como um guia aproximativo do estágio de amadurecimento no caso de bananas (VILAS BOAS, 1995). De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) o amadurecimento é tido como a fase que se estende do estágio final da maturação caracterizando-se por acentuadas mudanças nos fatores sensoriais de sabor, odor, cor e aparência que tornam o fruto aceitável para o consumo.

A perda da cor verde depende de um ou vários fatores agindo em seqüência para destruir a estrutura da clorofila. Os principais agentes responsáveis por esta degradação são a variação de pH (devido à quebra de ácidos orgânicos do vacúolo), sistemas oxidativos e clorofilases (WILLS *et al.*, 1998).

Porém, em temperaturas elevadas a degradação da clorofila pode ser suprimida, mas a polpa amadurece rapidamente produzindo frutos “verde-maduros”, ou seja, com a casca verde e polpa madura (ROBINSON, 1996).

A sensação da cor é um quesito de valor na motivação do consumidor de alimentos, além de achar-se popularizado o conceito de que os carotenóides são efetivamente saudáveis por serem compostos naturais ricos em duplas ligações conjugadas atuando, por seu efeito antioxidante, na destruição de radicais livres. Nos vegetais, concentrados nos cromoplastos, os carotenóides estão envolvidos na captação e transferência da energia luminosa no processo de fotossíntese (FONTANA *et al.*, 2000).

3.4. Características bioquímicas

3.4.1. Etileno

Há longo tempo se conhece o envolvimento do etileno no amadurecimento dos frutos climatéricos tal como a banana (BIALE, 1964; YANG & HOFFMAN, 1984; BEAUDRY *et al.*, 1987) e tem sido registrado por muitos autores como hormônio de amadurecimento destes (COOMBE, 1976).

A ação do etileno deve ser para evitar que os frutos alcancem o amadurecimento desuniforme WILLS *et al.* (1998), já que existem diferenças quanto ao grau de maturação dos frutos entre pencas distintas, frutos de uma mesma penca e até em um mesmo fruto, consequenciando em uma desuniformidade de amadurecimento se o processo ocorrer naturalmente.

O etileno está envolvido em numerosos aspectos como crescimento e desenvolvimento das plantas, germinação de sementes, além da senescência e morte da planta. Em alguns aspectos como o florescimento do abacaxi, pode estar relacionado com outros hormônios como a auxina que estimula sua produção (ARTECA, 1995).

A resposta dos frutos ao etileno é controlada por um estado fisiológico dos tecidos. Tecidos maduros são mais sensíveis ao etileno do que frutos jovens. Este fenômeno tem sido observado em bananas (PEACOCK, 1972; ABELES, 1992), e muitos outros frutos.

O efeito do etileno produzido naturalmente pelas plantas pode ser substituído pelo suprimento exógeno para iniciar a respiração climatérica e desencadear o amadurecimento (KAYS, 1991; WILLS *et al.*, 2001), já que em ambos há a indução do processo de autocatálise da síntese deste hormônio pelos frutos. A antecipação do amadurecimento dos frutos avaliada pela ascensão respiratória e mudança de cor da casca confirma o fato de que o etileno causa antecipação da ascensão climatérica, principalmente se estiverem próximos de outros frutos que o libera (MEDINA *et al.*, 1996).

BURG & BURG (1962) postularam que a concentração mínima efetiva de etileno a ser aplicada exogenamente está próxima à concentração interna dos frutos. Em bananas, a concentração interna de etileno se aproxima de $0,1 \mu\text{L.L}^{-1}$ até 1 dia do início do aumento da respiração, onde a quantidade dobra ou triplica,

dependendo da temperatura. WILLS *et al.* (2001) registraram um nível mínimo de 0,1-0,5 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno para iniciar o amadurecimento de frutos de banana. Outros autores apenas descrevem que o amadurecimento de bananas é afetado por níveis de etileno na atmosfera de 0,1 $\mu\text{L.L}^{-1}$ (BIALE *et al.*, 1954; BURG & BURG, 1962, 1965; BRADY *et al.*, 1970; LIU, 1976a; INABA & NAKAMURA, 1988), sendo que geralmente é considerado não ter benefício comercial se o etileno for mantido abaixo deste nível. Do mesmo modo, LIU (1976b) descreveu que quando a concentração de etileno do ar for menor que 0,35 a 0,5 $\mu\text{L.L}^{-1}$, somente bananas próximas do climatérico responderão rapidamente, sendo que os frutos que tiverem menor avanço na sua idade fisiológica responderão mais lentamente. Dessa forma, o importante não é um fruto conter etileno, mas se a concentração interna do gás está em nível fisiologicamente ativo antes do início climatérico. É necessário, para isso, determinar qual a concentração mínima de etileno seria requerida para o amadurecimento dos frutos.

Frutos de Kiwi, maçã e abacate armazenados a temperaturas mais baixas (de 0, 10 ou 14 °C) necessitam de maior concentração de etileno para o amadurecimento que se submetidos à temperatura de 20 °C (WILLS *et al.*, 2001). Assim, a temperatura também se torna um parâmetro que afeta o processo de amadurecimento artificial dos frutos e por isso deve ser controlada.

Estudos quantitativos sobre a relação entre o tempo de amadurecimento de frutos climatéricos e exposição ao tratamento mostram que altas concentrações de etileno são usadas comercialmente (WILLS *et al.*, 2001). Poucos esforços têm sido despendidos para definir os limites mínimos de etileno que podem iniciar o amadurecimento levando-se em consideração, principalmente, o cultivar e condições de tratamento a que os frutos são submetidos.

3.4.2. Açúcar e amido

Durante o amadurecimento, as bananas sofrem uma série de transformações na cor, textura, sabor e aroma, indicativas de mudanças composicionais. Uma das mudanças químicas mais notáveis na maturação pós-colheita da banana é a conversão do amido em açúcares simples (SGARBIERI & FIGUEIREDO, 1971; CARVALHO *et al.*, 1988b; MOTA *et al.*, 1997) como sacarose, glicose e frutose. Juntamente com variações na textura dos tecidos, esta conversão de amido em açúcar aumenta a palatabilidade dos frutos, além de

ser precursor de muitos compostos aromáticos (KAYS, 1991) e oferecer mais suavidade, aceitabilidade e qualidade ao produto (WILLS *et al.*, 1998).

Os carboidratos são os constituintes mais abundantes da massa seca das plantas, representando 50-80 % do total. Eles funcionam como forma de reserva energética e componentes da maioria das estruturas celulares. O amido, composto de uma mistura de polímeros de glicose, representa a principal parcela de armazenamento da maioria dos produtos na pós-colheita. É armazenado na forma de grãos em estruturas especializadas (amiloplastos) nos frutos e nos cloroplastos em folhas. A variação biossintética ou hidrolítica da concentração de amido é extremamente importante durante o período pós-colheita de muitos produtos (KAYS, 1991).

Em geral, as descrições dos teores médios de amido em banana variam, de acordo com cada autor, de 20-25 % para 1-2 % no fruto verde e maduro, respectivamente. Já os teores de açúcares podem variar de 1-2 % no fruto verde para 15-20 % no fruto maduro. De acordo com MOTA *et al.* (1997), a variação entre os cultivares indica diferenças estruturais no grânulo de amido ou na atividade das enzimas que o degradam, merecendo estudos adicionais, principalmente dos cultivares Prata Anã, Prata comum e Ouro-da-mata. Analisando diferentes cultivares como Nanica (AAA), Nanicão (AAA), Ouro de Colatina (AA), Prata Anã (AAB), Mysore (AAB), Ouro-da-Mata (AAAB) e Prata comum (AAB), tais autores observaram que os menores teores finais de sacarose foram encontrados no grupo AAB (Prata Anã e Mysore) com 9 e 5 %, respectivamente. Apesar disto, o cultivar Prata Comum que também pertence a este grupo, apresentou teor de 16% de sacarose no fruto maduro e 0,9 % no fruto verde. Desse modo, estes teores parecem ser característicos do cultivar e não do grupo. Os autores citam ainda que parece não haver correlação entre o tempo de amadurecimento e teor de amido a ser degradado, já que um cultivar com menor percentual de amido demandou tanto tempo para amadurecer quanto o cultivar com maior percentagem. Neste caso, as divergências são referentes a diferentes taxas metabólicas (respiração), produção de etileno e relação com outros hormônios.

Especificamente para a banana 'Prata' existe uma certa oscilação nos valores da literatura que depende de cada condição de tratamento e cultivo. Esta variação pode estar entre quantidades traços a 2 % de açúcar e de 17-26 % de amido nos frutos verdes para 16-20 % de açúcar e 2-5 % de amido nos frutos

maduros. CHAUCA (2000) também encontrou divergências entre os cultivares, sendo que para 'Prata comum' os teores encontrados de amido e açúcar foram de, respectivamente, 17,4 e 0,9 % em frutos verdes e de 5,2 e 16,0 % em frutos maduros.

Açúcares que possuem um grupo aldeído livre ou potencialmente livre são classificados como açúcares redutores baseados na sua habilidade de agir como agente redutor (aceptor de elétrons) em uma solução alcalina. Este é a maioria dos açúcares comuns nas plantas (por exemplo, glicose, frutose, galactose, manose, ribose e xilose). Sacarose e rafinose são os açúcares não-redutores mais comuns. O nível de açúcar redutor é importante em vários produtos na pós-colheita, pois quando sua concentração é alta pode aparecer a incidência de reações indesejáveis de escurecimento durante o processamento. O manejo das condições de armazenamento antes deste processo pode alterar significativamente o nível de açúcares redutores livres no produto, originando em uma modificação da qualidade do produto processado (KAYS, 1991). O teor de açúcares redutores pode ser usado como indicador do início do climatério, como citado por GOTTRICH *et al.* (1969), sendo baseado no fato desta substância estar originalmente presente em pequenas quantidades e transformando-se em relativamente abundantes durante o período crítico.

Os teores de açúcares redutores e não-redutores de banana 'Prata' também variam de acordo com cada condição como a temperatura de exposição e estágio de amadurecimento dos frutos. FERNANDES *et al.* (1979) citam que os valores de açúcares redutores e não-redutores neste cultivar aumentam durante o amadurecimento de quantidades traços em frutos verdes para 16,20 % e 6,5 % respectivamente, em frutos completamente maduros.

3.4.3. Clorofila e carotenóides

O desaparecimento da clorofila com conseqüente perda da coloração verde freqüentemente está associado com a síntese e/ou revelação de pigmentos variando de amarelo para vermelho. Muitos desses pigmentos são carotenóides, que são hidrocarbonetos insaturados com um átomo de 40 carbonos podendo conter um ou mais átomos de oxigênio na molécula. Carotenóides são componentes estáveis e, por isso, geralmente permanecem intactos nos tecidos até ocorrer a senescência. Os carotenóides podem ser sintetizados durante o

estádio de desenvolvimento das plantas, mas permanecem mascarados na presença da clorofila. Seguindo a degradação da clorofila, os pigmentos carotenóides se tornam visíveis (WILLS *et al.*, 1998).

Os pigmentos clorofila e carotenóides são compostos solúveis em óleo que podem ser extraídos de tecidos vivos de plantas por solventes orgânicos tal como acetona, metanol, ou etanol (LICHTENTHALER, 1987).

A perda da cor verde depende de um ou vários fatores agindo em seqüência para destruir a estrutura da clorofila. Os principais agentes responsáveis por esta degradação são a variação de pH (principalmente devido à quebra de ácidos orgânicos do vacúolo), sistemas oxidativos e clorofilases (WILLS *et al.*, 1998).

O aparecimento da cor amarela, no caso de bananas, é devido ao desmascaramento e pouco ou nenhum aumento nos níveis de carotenóides totais como visto no experimento de MEDLICOTT *et al.* (1992) para a variedade Valery (*Musa AAA cv. Valery*) e outros trabalhos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local e condução do experimento

Bananas do cultivar Prata (*Musa* AAB, subgrupo 'Prata') foram colhidas em um pomar comercial em Julho de 2002 no município de Coimbra, Minas Gerais. Foram selecionadas para colheita a segunda e a terceira penca de cada cacho como descrito por AYUB (1990) e transportadas imediatamente para o laboratório de pós-colheita da Universidade Federal de Viçosa. Foram realizadas a separação dos frutos em unidades ("dedos") e a lavagem com solução de água e detergente líquido neutro na concentração de 0,2 % (2 mL.L⁻¹ de água) em bandejas plásticas por, aproximadamente, 2 minutos, segundo recomendado por MOREIRA (1999) e LICHTENBERG (1999) para cicatrização dos cortes nos pedúnculos e limpeza dos frutos propriamente dita. Em seguida, os frutos foram padronizados e classificados segundo as normas da Associação Central dos Fruticultores do Norte de Minas (ABANORTE) para o grupo 'Prata' em que a classe I que define o comprimento médio foi de 14 cm (Primeira Classe) e a Classe II que define o diâmetro médio foi de 32 mm (FRUTISÉRIES, 2000).

Foram descartados os frutos manchados ou deformados e feita a seleção dos frutos mais uniformes. Calculou-se o volume do fruto para quantificação da respiração e produção de etileno. Para isto, foi feita uma curva de associação (por equação de regressão linear) entre o volume e peso de 40 frutos, onde estes foram imersos em uma proveta de 2 L com o auxílio de uma pinça presa ao pedúnculo e seus volumes determinados pela diferença de peso entre antes e depois de colocados os frutos.

Os frutos foram deixados, então, sobre a bancada até o dia seguinte para secagem à temperatura ambiente. A temperatura média da bancada durante o experimento foi de 21,6 °C e a Umidade Relativa de 75 %.

4.2. Tratamentos e Análise Estatística

Treze frutos foram colocados em cada balde de 20 L (10 % do volume, aproximadamente), totalizando em 15 baldes, que foram fechados hermeticamente e vedados com fita adesiva.

Logo em seguida, foi feita a aplicação de etileno através de seringas plásticas com capacidade de 1000 µL nas tampas dos baldes devidamente adaptadas para tal procedimento. As concentrações de etileno utilizadas (0, 10, 50, 100 e 1000 µL.L⁻¹) foram escolhidas de acordo com a literatura e testes prévios submetendo frutos desta mesma variedade e ponto de colheita a várias concentrações.

Os baldes foram, então, colocados em uma câmara à temperatura de 18 °C por 24, 48 e 72 horas, permanecendo a testemunha em temperatura ambiente (21,6 °C, em média). A cada 12 horas os baldes foram abertos para aeração por 20 minutos para evitar o acúmulo de CO₂ (dióxido de carbono) proveniente da respiração dos frutos e feita nova aplicação das mesmas concentrações de etileno. As análises de perda de massa, vida de prateleira e coloração da casca pelo método visual foram realizadas a cada 12 horas, enquanto que a coloração da casca pelo método instrumental e análises químicas de carboidratos solúveis totais, amido, açúcares redutores, açúcares não redutores, clorofila e carotenóides foram realizadas a cada 24 horas.

O experimento foi instalado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as concentrações (5 níveis) e nas subparcelas os tempos de exposição ao tratamento (3 níveis) no Delineamento Inteiramente Casualizado com 3 repetições, totalizando em 15 unidades experimentais. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância (ANOVA) e regressão, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genética). Os modelos foram escolhidos baseado na significância dos coeficientes de regressão pelo teste “t” ao nível de 1 % de probabilidade, no coeficiente de determinação (R²) e no fenômeno em estudo. Foi realizado o teste de Dunnett para comparação dos tratamentos com a testemunha.

4.3. Características avaliadas

4.3.1. Determinações no fruto inteiro

4.3.1.1. Perda de massa

Os frutos foram pesados em balança semi-analítica a cada 12 horas ao longo do período de exposição ao tratamento a 18 °C e a cada 12 horas após a

saída da câmara fria a temperatura ambiente (aproximadamente 21,6 °C). A perda de massa foi considerada como a diferença (g) entre a pesagem realizada e o peso anterior daquele fruto.

4.3.1.2. Vida de prateleira

A aceitação dos frutos em função da aparência do produto *in natura* foi avaliada após a retirada da câmara fria a cada 12 horas. O fim da vida de prateleira foi determinado quando o fruto apresentou sinais aparentes de deterioração microbiológica, ou seja, quando obteve nota 7 na escala visual (Figura 1), ou seja, amarela com manchas marrons, utilizando a mesma escala de notas do método visual de determinação da coloração da casca, citado mais à frente. A contagem da vida de prateleira foi feita em dias da retirada dos frutos do tratamento até a obtenção da nota 7.

4.3.1.3. CO₂ (Dióxido de carbono)

a) Preparação das amostras

As amostras de CO₂ foram obtidas em dois períodos do tratamento (24-36h e 48-60 h) escolhidos segundo testes prévios da taxa respiratória de banana 'Prata'.

A cada vez foram retiradas 2 amostras por balde (1 mL cada) dentro da câmara de refrigeração à temperatura de 18 °C com seringa plástica de ponta fixa. As amostras em cada período de tratamento foram retiradas em pontos intermediários, sendo: 20 minutos, 3,5 h, 7 h e 10,5 horas após a aplicação de etileno, totalizando em 16 amostras nos 2 períodos de tratamento. Para confecção de uma curva representativa da taxa respiratória dos frutos frente às concentrações aplicadas nos períodos estudados, tais amostras foram aplicadas em um cromatógrafo SHIMATZU GC-14B. Neste caso, o fluxo do gás de arraste foi de 30 mL.min⁻¹, a temperatura da coluna foi de 50 °C, do injetor 100 °C e do detector 135 °C. O comprimento da coluna foi de 1 m e o enchimento de porapak Q.

b) Cálculo da taxa respiratória

Foi obtido como citado por KAYS (1991) para a taxa respiratória de frutos após a colheita.

O gás-padrão possuía 14,82 % de CO₂, o injetor foi ajustado para 100 °C e a coluna para 50 °C, sendo a corrente 85 mL. Foi feita a transformação dos valores obtidos em áreas pelos cromatogramas para valores em porcentagem de CO₂ em cada amostra.

Os cálculos de CO₂ (mL) foram, então, obtidos pela fórmula:

$$\text{CO}_2(\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{\Delta \text{CO}_2(\%) \times 10 \times \text{vol}(\text{L})}{p(\text{kg}) \times t(\text{h})}, \text{ onde:}$$

ΔCO_2 é a variação da concentração de CO₂ de um período em comparação com o primeiro ponto analisado (20 minutos após a aplicação);

$\text{vol}(\text{L})$ é o volume vazio do balde em que foi retirada a amostra, ou seja, o volume do balde (20 L) retirando-se o volume de seus frutos (obtidos pela curva de comparação entre peso e volume);

$p(\text{kg})$ é a massa dos frutos no balde em que foi retirada a amostra;

$t(\text{h})$ é o tempo de incubação cumulativo, ou seja, 0,33 horas (ponto 1), 3,5 horas (ponto 2), 7 horas (ponto 3) e 10,5 horas (ponto 4).

Para remover o efeito da temperatura sobre o volume do gás e para que os dados finais fossem expressos em mg CO₂. kg⁻¹. h⁻¹ foram realizados cálculos, considerando a temperatura de 18 °C na câmara:

$$V = 22,4 \frac{(1 + 18^\circ\text{C})}{273} = 23,88 \text{ L}, \text{ pois } 22,4 \text{ L corresponde a } 1 \text{ mol do gás a } 0^\circ\text{C em } 1 \text{ atmosfera.}$$

$$V = \frac{23,88 \text{ L}}{44\text{g}} = 0,543 \text{ L} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ou } 543 \text{ mL} \cdot 1000 \text{ mg}^{-1}, \text{ onde } 44 \text{ é o peso molecular do CO}_2.$$

$$P = \frac{\text{amostra}(\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) \times 1000(\text{mg})}{543(\text{mL})}, \text{ onde } P \text{ é o peso do gás na amostra (mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}).$$

4.3.1.4. Etileno (C₂H₄)

a) Preparação das amostras

As amostras de etileno foram obtidas da mesma forma que as de CO₂, sendo que os períodos analisados foram entre 12-24 horas e 36-48 horas de exposição ao tratamento. Porém, neste caso as amostras foram retiradas 0, 3, 6 e 9 horas após a aplicação de etileno.

O padrão de etileno utilizado foi de 2,57 µL.L⁻¹, ou seja, 2,57.10⁻⁴ %. O detector de ionização de chama foi ajustado para 135 °C, o injetor para 100 °C e a coluna para 50 °C sendo o nitrogênio utilizado como gás de arraste.

b) Cálculo da taxa de etileno nos baldes

A produção de etileno foi obtida semelhante ao CO₂, sendo que a concentração-padrão na amostra de 0,3 mL foi de 7,71.10⁻⁵ % para a área de pico pré-determinada.

Os dados finais foram expressos em µL.kg⁻¹.h⁻¹.

4.3.1.5. Coloração da casca

a) Método visual

A avaliação subjetiva da cor foi realizada, a cada 12 horas após a retirada dos frutos do tratamento, com base em um sistema de cores, sobre o qual elaborou uma tabela atribuindo-se notas (1 a 7) de acordo com a evolução da coloração da casca dos frutos em temperatura ambiente, como já descrito para o grupo Cavendish (FRUTISÉRIES, 2000). As notas foram: 1= totalmente verde, 2= verde com traços amarelos, 3= mais verde que amarelo, 4= mais amarelo que verde, 5= amarelo com a ponta verde, 6= todo amarelo, 7= amarelo com áreas marrons, conforme Figura 1.

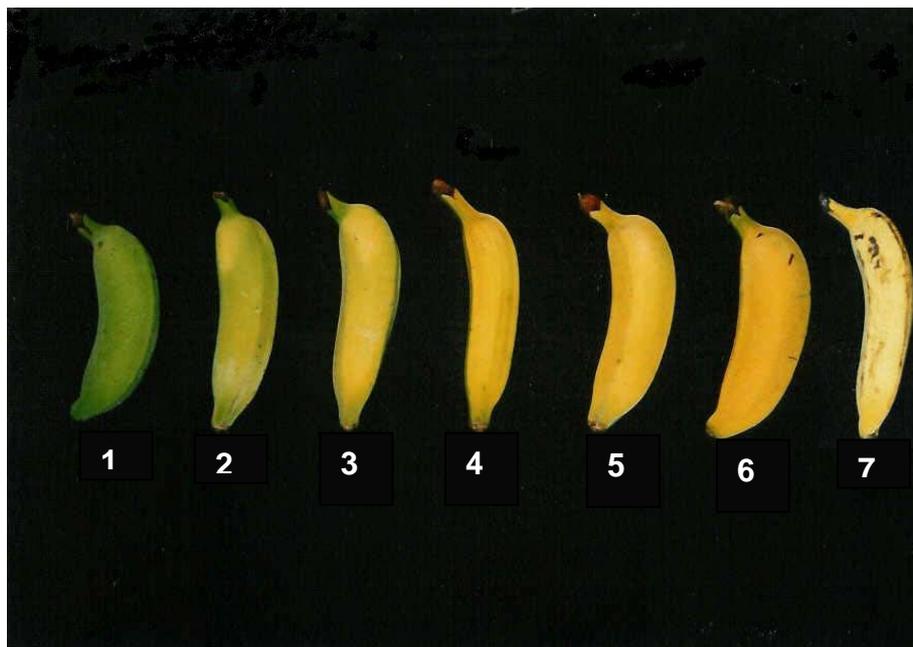


Figura 1 - Escala de cores pré-estabelecida (1=totamente verde, 2= verde com pontos amarelos, 3= mais verde que amarelo, 4= mais amarelo que verde, 5= amarelo com ponta verde, 6= todo amarelo, 7= amarelo com manchas marrons).

b) Método instrumental

A medida de cor da casca foi realizada, a cada 24 horas após a retirada dos frutos do tratamento, com o auxílio de um colorímetro portátil “ColorTec” analisando as diferenças de cor que aproximam espectralmente do padrão observado pelos olhos. A superfície analisada por ele foi um disco de 6,4 mm de diâmetro, empregando um ângulo de 45° oposto à iluminação (D65) e o padrão de placa branca de valores de reflectância de X=94,76, Y=100,02 e Z=107,30 foi usado como referência.

Devido a erros que possam ocorrer no manejo natural do aparelho, variações na iluminação e nas cores na superfície da casca (MEDLICOTT *et al.*, 1992), cada fruto foi medido em 2 pontos equidistantes na região equatorial do fruto e retirada a média dos valores obtidos como sugerido por FRANCIS (1980) e BOUDHRIQUA *et al.* (2002). WITHERSPOON & JACKSON (1996) sugerem, ainda, que cada fruto seja rotacionado 90° sobre o eixo a cada leitura para minimizar tais variações.

O aparelho foi conectado a um computador, provido de software “ColorSoft-WCW” para expressão dos dados, registrando valores das coordenadas “L”, “a” e “b” na escala de Hunter (CIELAB). A coordenada “L” representa o brilho, variando de escuro (L=0) a claro (L=100) (McGUIRE, 1992), ou seja, valores mínimos de “L” representam a não-reflexão da luz produzida pelo aparelho e valores máximos, perfeita reflexão difusa (DELWICHE & BAUMGARDNER, 1983). O brilho (valor sinônimo de luminosidade) é o atributo associado com a intensidade luminosa do estímulo (GONNET, 1995). As coordenadas “a” e “b” representam a cromaticidade (DELWICHE & BAUMGARDNER, 1985). A coordenada “a” (-a é verde/+a é vermelho) é a principal coordenada usada para indicação da maturidade segundo WITHERSPOON & JACKSON (1996) e BOUDHRIOUA *et al.* (2002), além da coordenada “b” (-b é azul / +b é amarelo).

4.3.2. Determinações na polpa

4.3.2.1. Carboidratos solúveis totais (CHST)

a) Extração

Os frutos foram descascados e a casca separada para determinação de clorofila e carotenóides. A polpa foi homogeneizada, foram pesados 2 g para confecção das amostras representativas que foram envoltas em papel alumínio e congeladas em nitrogênio líquido até o momento da extração.

Das amostras congeladas 1 g foi transferida para um almofariz, sendo homogeneizada. Foi colocada em frasco de penicilina com etanol quente 80 % e levada ao banho-maria à temperatura de 80 °C por 30 minutos. O sobrenadante foi filtrado e ao resíduo foram adicionados mais 20 mL de etanol 80 %. Este procedimento foi repetido por 3 vezes até que a última filtragem foi realizada por completo. O extrato alcoólico proveniente de 3 filtrações foi armazenado em geladeira para quantificação dos carboidratos solúveis totais e o resíduo levado à estufa por 24 horas à temperatura de 37 °C para posterior determinação do teor de amido.

Procedeu-se a evaporação do extrato alcoólico em evaporador rotativo (TE 120-Tecnal) em banho-maria a 60 °C até a secagem, onde os carboidratos foram

ressuspensos em 40 mL de água destilada e armazenados no freezer em frascos de penicilina para a quantificação.

b) Quantificação dos carboidratos solúveis totais

Para a quantificação dos carboidratos solúveis totais foi empregada a reação de Antrona (McCREADY *et al.*, 1950). Amostras de 4,5 mL em eppendoffers foram submetidas 3 vezes a centrifugação de 14.000g por 30 minutos.

Para frutos submetidos a 48 horas de tratamento sem aplicação de etileno e para os frutos submetidos por 24 horas (com e sem etileno) não houve diluição e, portanto, a quantidade do extrato alcoólico pipetado para análise foi de 0,1 mL. Já nos tratamentos: 48 horas com aplicação de etileno e 72 horas sem etileno, foram feitas diluições prévias de 5 vezes (800 µL de água adicionada a 200 µL da amostra) e deste extrato diluído foi retirada uma amostra para análise de 0,1 mL. Para os tratamentos de 72 horas com aplicação de etileno foi feita uma diluição de 10 vezes (900 µL de água destilada adicionada a 100 µL do extrato). Deste extrato diluído foi retirada também uma amostra para análise de 0,1 mL. Ambas amostras foram transferidas para tubo de ensaio com rosca e o volume completado para 0,5 mL com água destilada. Em banho de gelo foram adicionados 2,5 mL de Antrona 0,1 % a cada tubo que foi agitado com Vortex e levado por 15 minutos ao banho-maria com 80 °C. Os tubos foram resfriados rapidamente em banho de gelo e a absorbância lida em espectrofotômetro (UV1601 Shimatzu) com comprimento de onda de 620 nm e os valores obtidos comparados com uma curva padrão de glicose.

c) Cálculo do teor de carboidratos solúveis totais

O cálculo foi obtido pelo método direto utilizando-se a equação pré-estabelecida:

$$\%CHST = ((L \div 1000) \times n \times v) / MF \quad , \text{sendo que:}$$

%CHST é a porcentagem de carboidratos solúveis totais;

L é a concentração da amostra obtida pela leitura do espectrofotômetro;

n é o número de diluições caso existir (5 ou 10, dependendo do tratamento);

\underline{v} é o volume final do extrato bruto (40 mL) e

\underline{MF} é a massa fresca obtida pela amostra composta inicialmente (1g).

4.3.2.2. Teor de amido

a) Preparação das amostras

Foi utilizado o resíduo obtido pela extração anterior após secagem por 24 h à temperatura de 37 °C. As amostras foram transferidas com ajuda de uma espátula do papel de filtro para um almofariz sendo submetidas à desintegração. As amostras foram colocadas em tubo de ensaio com rosca e ressuspensa em 2,5 mL de água destilada e 3,25 mL de ácido perclórico 52 %, agitado em Vortex e deixado em repouso por 30 minutos. Em seguida foram centrifugadas a 2000g em centrífuga “Excelsa Baby I Modelo 206” por 10 minutos. Os sobrenadantes foram coletados em uma proveta de 25 mL. Esta operação foi realizada por 3 vezes e o volume das provetas foi completado com água destilada. O extrato foi armazenado no freezer em frascos tampados até o momento da quantificação.

b) Quantificação do teor de amido

As amostras congeladas foram retiradas e colocadas à temperatura ambiente antecipadamente. Foi realizada uma diluição de 30 vezes (1450 µL de água destilada adicionada a 50 µL do extrato bruto). Desta diluição uma alíquota de 0,1 mL foi utilizada na quantificação de amido.

A determinação da concentração de amido foi efetuada seguindo o mesmo procedimento para determinação do teor de carboidratos solúveis totais.

c) Cálculo do teor de amido

O cálculo foi obtido utilizando-se a equação pré-estabelecida:

$$\% \text{Amido} = \left(\frac{L}{1000} \right) \times n \times v / MF \times 0,9 \quad , \text{sendo que:}$$

\underline{L} é a concentração da amostra obtida pela leitura do espectrofotômetro;

\underline{n} é o número de diluições realizadas (30);

\underline{v} é o volume final do extrato bruto (25 mL);

\underline{MF} é a massa fresca obtida inicialmente pela amostra composta (1 g) e

$\underline{0.9}$ é o fator de correção para a transformação da quantidade de glicose para a quantidade de amido na amostra.

4.3.2.3. Teor de açúcares redutores e não redutores

a) Quantificação do teor de açúcares redutores

Foram utilizadas as mesmas diluições obtidas para a quantificação de carboidratos solúveis totais, sendo que 0,1 mL foi transferido para um tubo de ensaio, o volume completado para 0,5 mL com água destilada e acrescentado 0,5 mL de reativo de Nelson (14,4 mL de reativo de Nelson A + 0,6 mL de reativo de Nelson B) pelo método de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Os tubos foram, então, agitados e levados ao banho-maria com 80°C por 20 minutos. Foram resfriados rapidamente em banho de gelo, adicionados 0,5 mL de solução Arsenomolibdica e agitados ao acaso por 5 minutos. Foram adicionados 3,5 mL de água destilada aos tubos que, posteriormente, foram agitados em Vortex e procedida a leitura das absorbâncias a 540 nm no espectrofotômetro. Os valores obtidos foram comparados com uma curva padrão de glicose.

b) Cálculo do teor de açúcares redutores e não redutores

Os cálculos foram feitos do mesmo modo que carboidratos solúveis totais. Os açúcares não-redutores foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de carboidratos solúveis totais.

Com os dados observados quanto ao teor de carboidratos solúveis totais, amido, açúcares redutores e açúcares não-redutores foi feita uma regressão linear e teste de Dunnett para comparação dos tratamentos com a testemunha.

4.3.3. Determinações na casca

4.3.3.1. Pigmentos

Utilizou-se o método de LICHTENTHALER (1987) para a determinação da clorofila e carotenóides na casca, adaptado para o fruto em questão. Foi retirado 0,8 g de material com auxílio de um estilete em diversos pontos da superfície do fruto e congelado em nitrogênio líquido para quantificação. Tais frações foram maceradas em almofariz de porcelana com 0,04 g de areia lavada, acetona 80 %, 0,008 g de sulfato de magnésio e 0,008 g de sulfito de sódio. Foi filtrado em funil com papel de filtro e completado o volume com acetona a 80% para balão de 50mL coberto com papel alumínio. Visto que carotenóides e clorofila são extremamente sensíveis a luz e por isso são facilmente fotodegradados, o procedimento de extração e concentração foi realizado sob penumbra. Realizou-se a leitura em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646,8 e 663,2 nm, utilizando acetona 80% como branco. Para a determinação de clorofila e carotenóides totais extraídos em extrato cetônico a 80% foram utilizadas as equações:

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g.mL}^{-1}) = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g.mL}^{-1}) = 22,9 \times A_{646,8} - 4,68 \times A_{663,2}$$

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g.mL}^{-1}) = 8,02 \times A_{663,2} + 20,2 \times A_{646,8}$$

$$\text{Carotenóides totais } (\mu\text{g.mL}^{-1}) = (1000 A_{470} - 1,82 C_a - 85,02 C_b)/198$$

A concentração de clorofila e carotenóides foi expressa em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de matéria fresca, sendo:

$$\text{pigmento } (\mu\text{g.g}^{-1}) = \text{pigmento } (\mu\text{g.mL}^{-1}) \times \frac{50}{0,8} = (\mu\text{g.mL}^{-1}) \times 62,5$$

onde 50 é a quantidade de extrato cetônico (mL) e 0,8 é o peso da amostra (g).

5. Resultados e Discussão

5.1. Análises físicas

5.1.1. Coloração da casca

A primeira avaliação da qualidade dos alimentos feita é por meio das cores, que influencia muito o consumidor na decisão para a escolha de um produto. A cor, além da associação preestabelecida, afeta as características sensoriais e a aceitabilidade do alimento, estando intimamente ligada ao amadurecimento de banana.

a) Análise da coloração da casca pelo método instrumental

A avaliação de cor foi realizada por um colorímetro através do sistema de coordenadas “L”, “a” e “b” (Tabela 1).

A banana ‘Prata’ verde sem o tratamento com etileno e à temperatura ambiente de 21,6 °C em média (testemunha), apresentava valores médios das coordenadas “L” (brilho), “a” (-a é verde/+a é vermelho) e “b” (-b é azul / +b é amarelo) de 44,18; -48,37 e 19,70, respectivamente. Os maiores valores de “L”, “a” e “b” foram encontrados para as combinações do maior tempo de exposição com as doses de etileno, sendo significativo a partir de 72 horas de tratamento, principalmente.

Tabela 1 - Média da evolução das coordenadas L , a e b da casca de banana 'Prata' após o tratamento com diversas concentrações de etileno (T) e diferentes tempos de exposição (TE) à temperatura de 18 °C.

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	L	a	b
0	0	46,65	-47,53	20,71
	10	39,38	-46,61	15,39
	50	46,36	-47,78	21,31
	100	45,61	-49,76	22,66
	1000	42,93	-50,17	18,44
24	0	39,07 ^{n.s.}	-51,47 ^{n.s.}	13,90 ^{n.s.}
	10	41,34 ^{n.s.}	-53,55 ^{n.s.}	17,26 ^{n.s.}
	50	41,35 ^{n.s.}	-53,47 ^{n.s.}	17,65 ^{n.s.}
	100	42,51 ^{n.s.}	-52,83 ^{n.s.}	18,34 ^{n.s.}
	1000	44,42 ^{n.s.}	-52,87 ^{n.s.}	19,68 ^{n.s.}
48	0	43,39 ^{n.s.}	-36,64 *	20,61 ^{n.s.}
	10	41,43 ^{n.s.}	-39,13 *	17,58 ^{n.s.}
	50	42,47 ^{n.s.}	-41,83 ^{n.s.}	17,94 ^{n.s.}
	100	42,64 ^{n.s.}	-44,63 ^{n.s.}	18,54 ^{n.s.}
	1000	46,16 ^{n.s.}	-52,74 ^{n.s.}	20,68 ^{n.s.}
72	0	52,78 *	-12,92 *	35,52 *
	10	63,63 *	-1,10 *	53,92 *
	50	65,92 *	-1,13 *	54,02 *
	100	66,17 *	-0,50 *	54,45 *
	1000	68,43 *	1,02 *	55,17 *

* significativo a 5 % pelo teste de Dunnett;

n.s. não significativo a 5% pelo teste de Dunnett.

As médias com asterisco diferem da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Cada valor é a média de 3 repetições e 6 dados.

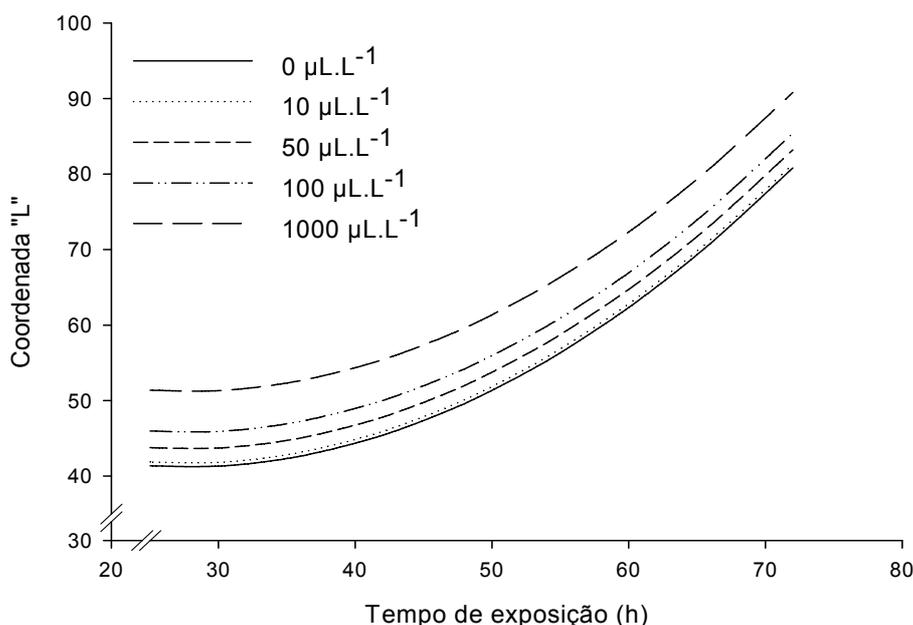
a.1) Comportamento da coordenada "L"

A coordenada "L" representa o brilho da casca dos frutos, que é um parâmetro de importância na avaliação. A Figura 2 apresenta a estimativa do comportamento da coordenada "L" da casca de banana 'Prata' após o tratamento, no intervalo de 24 à 72 horas, em função do tempo de exposição para as respectivas concentrações de etileno.

Observou-se acréscimo do brilho da casca dos frutos com um ponto mínimo de 27,5 horas de exposição ao tratamento. A equação de regressão apresenta que o tempo de exposição ao tratamento teve maior influência na variação da coordenada que a concentração de etileno utilizada. Estes resultados indicam que com o aumento da concentração e, principalmente, com o aumento do tempo de exposição ao etileno ocorreu amarelecimento e, conseqüentemente, clareamento da casca dos frutos, principalmente, após 27,5 horas de tratamento.

$$\hat{Y} = 56,32 + 0,05^{**}T - 0,00004^{**}T^2 - 1,10^{**}TE + 0,02^{**}TE^2$$

$$R^2 = 0,87$$



** significativo a 1% pelo teste "t".

Figura 2 - Estimativa da coordenada "L" (brilho) após o tratamento de banana 'Prata' em função dos diferentes tempos de exposição ao tratamento (TE) para as respectivas concentrações de etileno (T).

Apenas os tratamentos submetidos a 72 horas de exposição ao etileno diferiram da média da testemunha pelo teste de Dunnett (Tabela 1). Os resultados foram semelhantes aos obtidos por CANO *et al.* (1997) analisando a coloração de bananas no estágio de cor 4 (mais amarelo que verde), obtendo valores de 59,25; 60,11 e 67,12 para o cultivar latino-americano Enana e espanhóis Enana e Grand Enana, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta as variações das coordenadas colorimétricas em relação à média da testemunha, sendo os valores obtidos em termos de percentagem.

As maiores variações da coordenada "L" foram de 6,22, 11,57 e 35,44 % nos períodos de exposição de 48, 24 e 72 horas, respectivamente. Quanto à concentração de etileno utilizada, as maiores variações foram de 16,29 % para frutos sem etileno e pequenas variações nos tratamentos, com valores entre 30 e 35 %. Desta forma, houve maior variação da concentração ao longo do tempo do

que dentro do período de exposição para diferentes concentrações utilizadas, em relação à testemunha.

Tabela 2 - Variações (%) das coordenadas colorimétricas “L”, “a” e “b” da casca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes concentrações (T) e tempos de exposição ao etileno (TE).

Coordenada colorimétrica	TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)				
		0	10	50	100	1000
“L”	24	11,57	6,43	6,40	3,78	0,54
	48	1,79	6,22	3,87	3,48	4,29
	72	16,29	30,57	32,98	33,23	35,44
“a”	24	6,02	9,67	9,54	8,44	8,51
	48	24,25	19,10	13,52	7,73	8,28
	72	73,29	97,72	97,66	98,97	97,89
“b”	24	29,44	12,38	10,41	6,90	0,10
	48	4,41	10,76	8,93	5,89	4,74
	72	44,54	63,46	63,53	63,82	64,29

a.2) Comportamento da coordenada “a”

A coordenada “a” está relacionada com a intensidade da cor verde/vermelho na escala Hunter LAB e, de acordo com WITHERSPOON & JACKSON (1996), é a principal coordenada usada para a indicação de maturidade dos frutos.

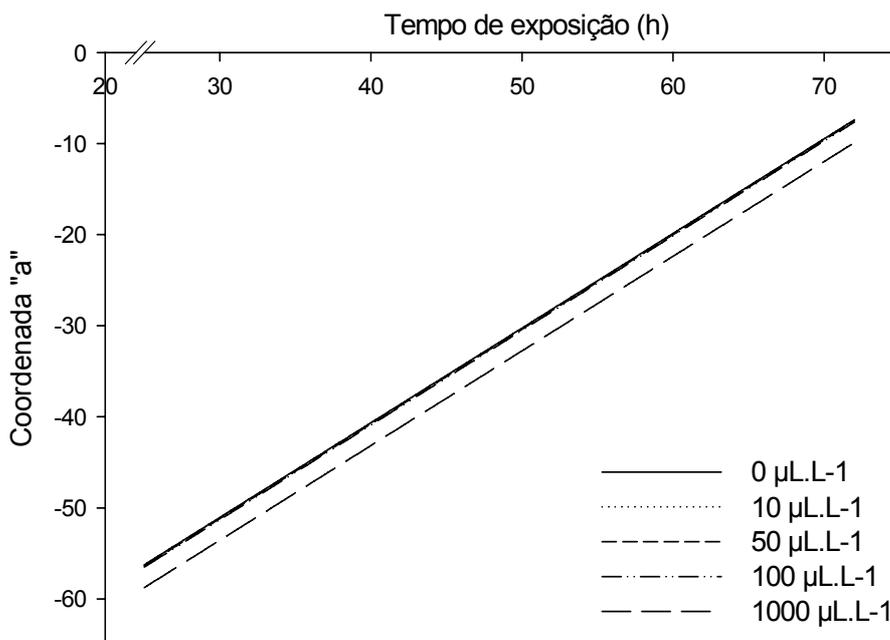
Menores valores de “a” indicam frutos de casca mais verde. Estes valores cresceram à medida que os frutos foram submetidos a maiores períodos de tratamento (Tabela 1). A equação de regressão mostra que fixando o tempo de exposição (TE), a cada $1 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno acrescentado no tratamento, há uma variação de 0,002 % no valor da coordenada “a” (\hat{Y}). Do mesmo modo, fixando a concentração de etileno (T), a cada hora acrescentada no tempo de exposição dos frutos varia-se 1,04 % no valor da coordenada “a”.

A Figura 3 apresenta a estimativa da coordenada “a” da casca de banana ‘Prata’ após o tratamento, no intervalo de 24 à 72 horas, em função do tempo de

exposição para as respectivas concentrações de etileno. Observou-se acréscimo da coordenada colorimétrica “a” ao longo do tratamento à medida que aumentou o tempo de exposição ao etileno.

$$\hat{Y} = -82,25 - 0,002^{**}T + 1,04^{**}TE$$

$$R^2 = 0,84$$



** significativo a 1% pelo teste “t”.

Figura 3 – Estimativa da coordenada “a” após o tratamento de banana ‘Prata’ em função da concentração de etileno (T) aplicada, para os respectivos tempos de exposição (TE).

Exposições de 72 horas de tratamento apresentaram valores próximos do positivo indicando que os frutos foram retirados do tratamento com a coloração da casca amarela (Tabela 1). Em comparação com a média da testemunha os frutos tratados por 48 e 72 horas, com exceção dos tratamentos com 50, 100 e 1000 $\mu\text{L.L}^{-1}$ por 48 horas, diferiram a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

As maiores variações da coordenada “a” dentro dos tempos de exposição foram de 9,67, 24,25 e 98,97 % para 24, 48 e 72 horas de tratamento e quanto à concentração de etileno foram de 73,29 % para frutos sem etileno e pequenas variações entre 97 e 99 % para os frutos tratados (Tabela 2). Dentre as coordenadas colorimétricas, as variações mais acentuadas se verificaram para

esta coordenada, principalmente com relação à concentração utilizada nos tratamentos. Essas observações foram semelhantes às obtidas por CORRÊA (1992) para abacate 'Hass' e DELWICHE & BAUMGARDNER (1983) para pêssegos de vários cultivares, indicado pelo avanço do amadurecimento dos frutos e perda da cor verde destes.

a.3) Comportamento da coordenada “b”

Na estimativa do comportamento da coordenada “b”, que está relacionada com a intensidade azul/amarela da casca dos frutos em função da concentração de etileno para os respectivos tempos de exposição ao tratamento, observa-se que em todos os tempos de exposição (24, 48 e 72 horas) o parâmetro apresentou o mesmo comportamento crescente com o aumento da concentração e tempo de exposição utilizados (Figura 4).

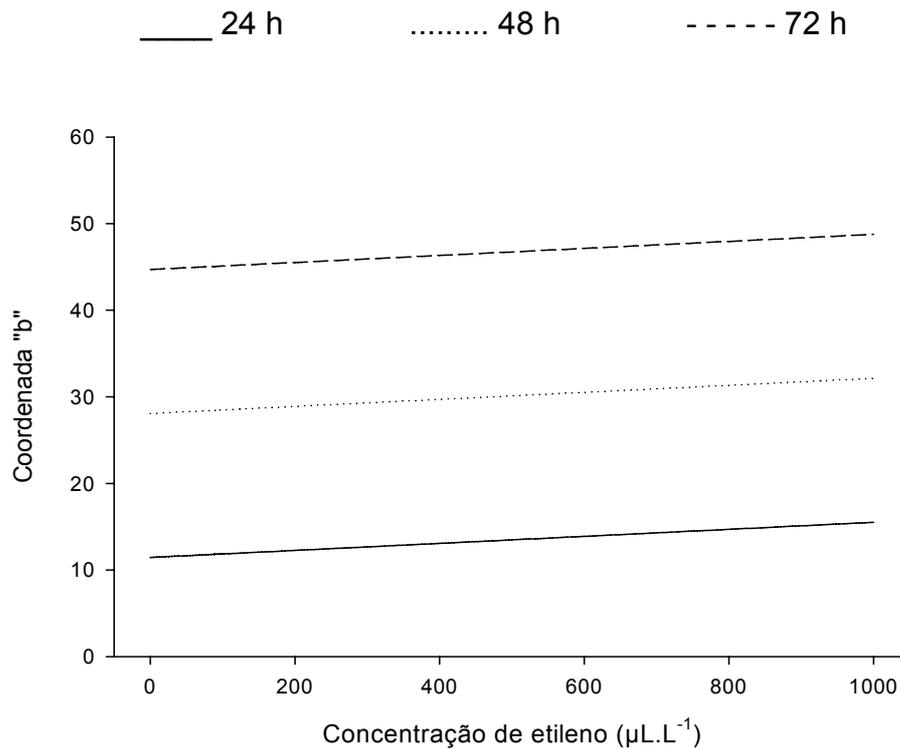
Valores maiores de “b” indicam coloração da casca dos frutos mais amarela, comprovando que quanto maior o tempo de exposição e concentração de etileno maior a obtenção desta coloração por aceleração do amadurecimento e despigmentação da casca.

Apenas os frutos tratados por 72 horas diferiram da testemunha a 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett, indicando ser um tempo de exposição excessivo, uma vez que foram retirados do tratamento com a coloração da casca predominantemente amarela (Tabela 1).

As maiores variações desta coordenada foram de 10,76, 29,44 e 64,29 % para 48, 24 e 72 horas de exposição dos frutos ao tratamento e em relação à concentração de etileno foram de 44,54 % para frutos não tratados e pequenas variações entre 63 e 65 % nos frutos tratados, em relação à testemunha.

$$\hat{Y} = -5,17 + 0,004^{**}T + 0,69^{**}TE$$

$$R^2 = 0,73$$



** significativo a 1% pelo teste "t".

Figura 4 - Estimativa da coordenada "b" após o tratamento de banana 'Prata' em função da concentração de etileno (T) aplicada, para os respectivos tempos de exposição ao tratamento (TE).

a.4) Diferença de cor da casca

A determinação da diferença de cor (ΔE) em um mesmo produto ou entre produtos distintos pode ser avaliada no espaço visual por meio de equações. Extensos estudos têm resultado na equação de diferença citada abaixo:

$$\Delta E = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b^2))^{0,5}$$

Para análise da evolução de cor, se tem:

$\Delta L = L_{(t)} - L_{(0)}$, que é a diferença do brilho;

$\Delta a = a_{(t)} - a_{(0)}$, diferença da coordenada "a";

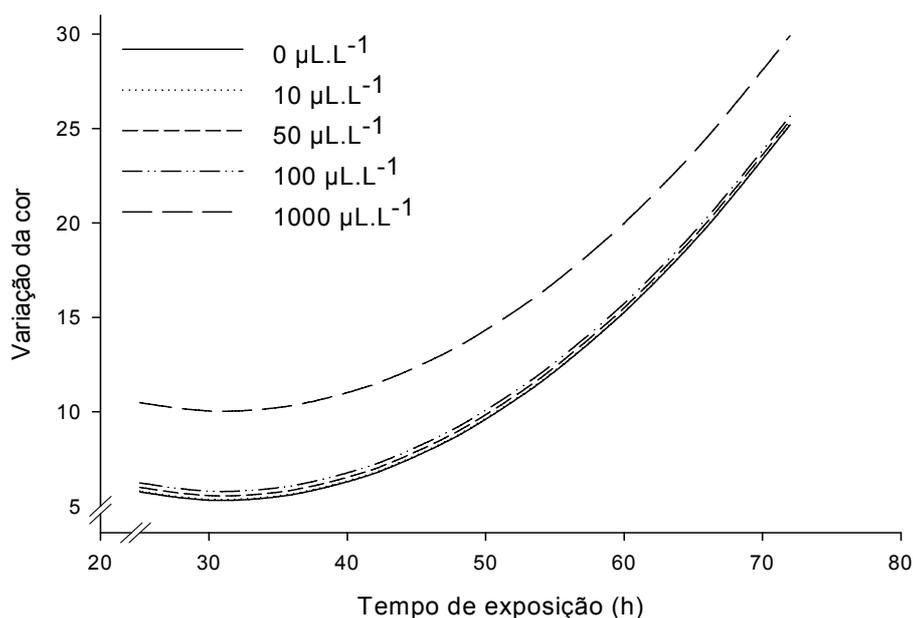
$\Delta b = b_{(t)} - b_{(0)}$, diferença da coordenada "b".

Os valores numéricos de cada componente se expressaram em unidades CIE e os subíndices \underline{t} e $\underline{0}$ de cada coordenada foram relativos ao tempo \underline{t} e ao tempo zero, respectivamente.

A partir dessa medida de cor da casca, foram obtidos os valores da Figura 5 e tabela 3.

$$\hat{Y} = 16,62 - 0,73^{**}TE + 0,012^{**}TE^2 + 0,005^{**}T$$

$$R^2 = 0,90$$



** significativo a 1% pelo teste "t".

Figura 5 – Estimativa da variação da cor da casca após o tratamento de banana 'Prata' em função do tempo de exposição ao tratamento (TE) para as respectivas concentrações de etileno (T).

Assim como observado na análise individual das coordenadas, a variação de cor da casca (Tabela 3) foi ascendente com o aumento da concentração e tempo de exposição dos frutos ao tratamento, sendo que o período de tratamento exerceu maior influência sobre este fator (Figura 5). Frutos expostos por 72 horas e/ou à 1000 µL.L⁻¹ de etileno tiveram variação na coloração bem superior aos outros períodos de exposição ou concentrações inferiores.

Tabela 3 – Médias das diferenças de cor da casca de banana ‘Prata’ em relação à concentração de etileno (T) - maturação a 18 °C com diversos tempos de exposição ao tratamento (TE).

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	ΔL	Δa	Δb	ΔE
	0	0	0	0	0
24	10	2,27	-2,08	3,36	4,56
	50	2,28	-2,00	3,75	4,82
	100	3,44	-1,36	4,44	5,78
	1000	5,36	-1,40	5,78	8,01
	0	0	0	0	0
48	10	-1,96	-2,49	-3,03	4,38
	50	-0,92	-5,19	-2,67	5,91
	100	-0,75	-7,99	-2,07	8,29
	1000	2,77	-16,10	0,07	16,34
	0	0	0	0	0
72	10	10,85	11,75	18,40	24,38
	50	13,14	11,79	18,50	25,57
	100	13,39	12,42	18,93	26,30
	1000	15,65	13,94	19,65	28,73

b) Análise da coloração da casca pelo método visual

A análise da coloração da casca pelo método visual pode ser considerada a mais importante, sendo freqüentemente usada já que existe uma associação entre a variação na cor e o amadurecimento de alguns frutos climatéricos como a banana.

A evolução da cor da casca de banana ‘Prata’ em função de diferentes períodos de exposição ao tratamento com etileno exógeno sob várias concentrações foi obtida pelo método visual em comparação com uma escala de cores pré-estabelecida (Figura 6). Houve evolução crescente da cor à medida que se aumentou a concentração de etileno nos tratamentos. Deste mesmo modo, com o aumento do tempo de exposição, aumentou também a coloração da casca dos frutos.

■ 0 $\mu\text{L.L}^{-1}$
 ▲ 10 $\mu\text{L.L}^{-1}$
 × 50 $\mu\text{L.L}^{-1}$
 * 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$
 ◆ 1000 $\mu\text{L.L}^{-1}$

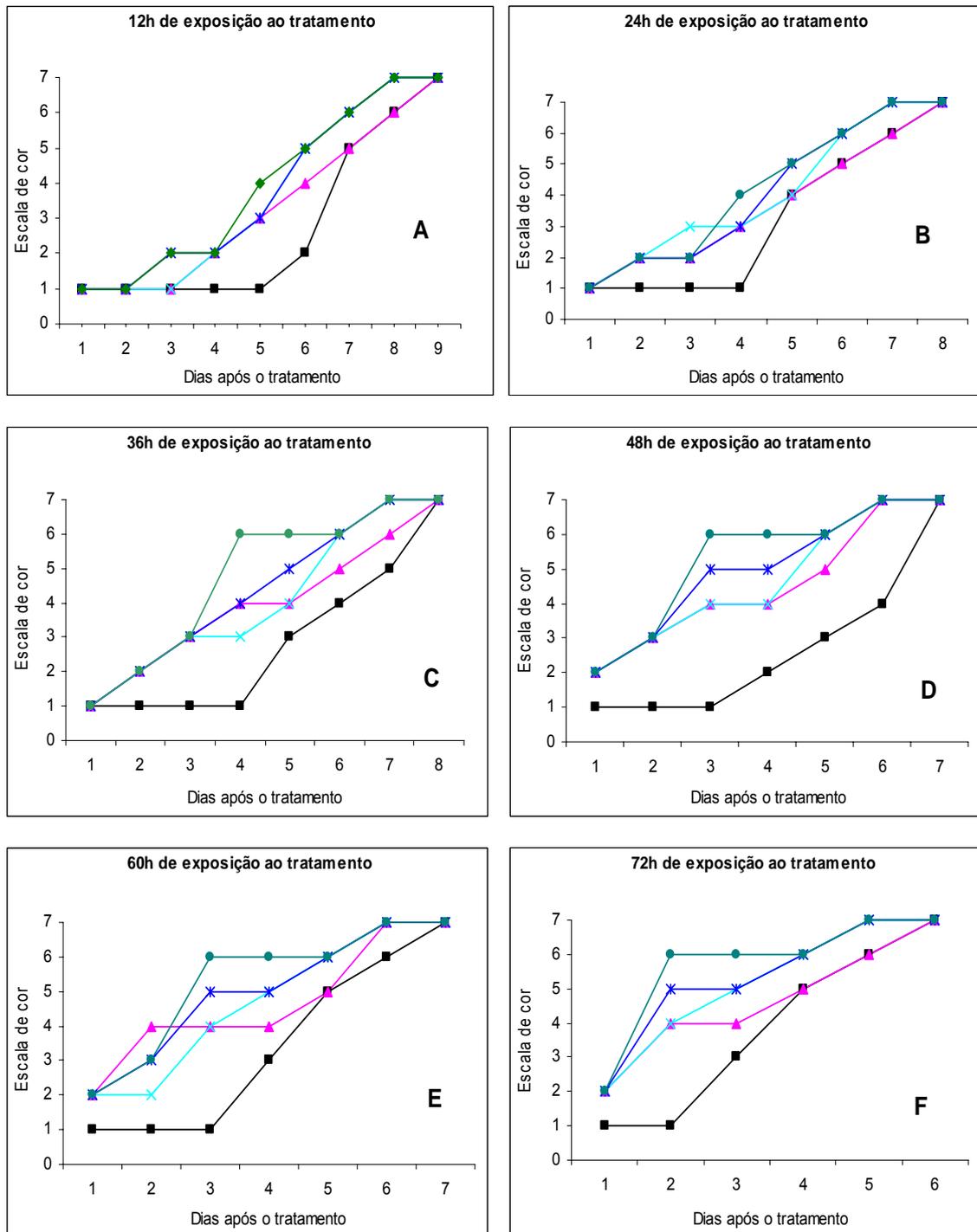


Figura 6 - Evolução da coloração da casca de banana 'Prata', obtida visualmente, após o tratamento com etileno exógeno por 12 (A), 24 (B), 36 (C), 48 (D), 60 (E) e 72 (F) horas.

Verifica-se que os frutos não tratados com etileno permaneceram por mais tempo na escala de cor 1 (totalmente verde) que os frutos tratados, mantendo-se desta forma por 5, 4, 3 e 2 dias após a retirada do tratamento por 12, 24, 48 e 72 horas de exposição, respectivamente (Figura 5A, B, D e F, respectivamente). A partir de 48 horas de exposição ao tratamento (Figura 5D), com exceção dos frutos não tratados, os frutos já saíram do tratamento com o índice de cor 2 (verde com traços amarelos). Esta observação indica que este período de exposição é excessivo para que os frutos desta variedade sejam amadurecidos.

As escalas de cor 4 (mais amarelo que verde), 6 (todo amarelo) e 7 (amarelo com manchas marrons) foram obtidas após 5, 6 e 7 dias da retirada dos frutos do tratamento com $100 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno por 24 horas, respectivamente, e após 4, 6 e 7 dias com $1000 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno pelo mesmo tempo de exposição a 18°C . Estes resultados diferiram dos obtidos por MARRIOTT *et al.* (1981) que obtiveram cor 4, 6 e 7 após 3, 4 e 6 dias de exposição dos frutos cv. Robusta (AAA), respectivamente, à $100 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno e 20°C por 24 horas. SEYMOUR (1993) submetendo frutos do mesmo grupo AAB a $1000 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno e $21,3^\circ\text{C}$ por 24 horas obtiveram grau de coloração 4 da casca após 3 a 4 dias do início do tratamento. Já MEDLICOTT *et al.* (1992) sob as mesmas condições variando a temperatura para 20°C , porém submetendo os frutos ao tratamento após 10 dias de transporte marítimo sob baixas temperaturas, obtiveram as escalas 4, 6 e 7 após 2 a 3, 4 a 5 e 6 dias do início do tratamento. Estas variações divergiram, principalmente, pelo fato de que temperaturas mais baixas mantiveram os graus de coloração da casca menores por período mais longo, além de haver variação na sensibilidade dos cultivares quanto à resposta ao tratamento com etileno.

Para melhor visualização dos efeitos do tratamento sobre a coloração da casca, considerou-se que o estágio ideal da escala de cor em que os frutos devem atingir o mercado consumidor esteja entre 3 (mais verde que amarelo) e 4 (mais amarelo que verde) (Figura 1), e que o período entre a retirada dos frutos do tratamento até a aquisição pelo consumidor seja de aproximadamente 3 dias. Baseando-se neste fato, os resultados através da análise visual da coloração da casca indicaram que, após 3 dias do tratamento, todos os frutos tratados por 36 horas alcançaram a escada de cor 3. Maiores períodos de exposição obtiveram este grau de coloração mais rapidamente. Frutos tratados com $50 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno por 24 horas obtiveram a coloração desejada no tempo esperado permanecendo nesta condição por mais um dia, sendo considerado o tratamento

ideal para que os frutos alcancem aspecto adequado com total amarelecimento da casca (escala 7) após 7 dias do tratamento.

Em trabalho realizado por MEDINA *et al.* (1996) com 'Prata-Anã' e outros cultivares de banana sob condições ambientais (média de 25 °C e 76% UR), demonstraram que todas as concentrações de ethephon (0, 200, 400, 800 e 1000 ppm) utilizadas no dia da colheita via imersão dos frutos por 10 minutos, anteciparam a mudança de cor da casca nos frutos tratados em relação ao controle e à medida que aumentou a concentração reduziu-se o tempo para esta mudança. O ethephon (ácido 2-cloroetilfosfônico) é um produto que libera o etileno nos tecidos vegetais, possuindo efeito similar a este.

5.1.2. Vida-de-prateleira

A vida de prateleira dos frutos mantidos à temperatura ambiente de 21,6°C, em média, e Umidade Relativa de 75 %, foi determinada visualmente pelo tempo, em dias, da sua retirada do tratamento até o nível de cor 7 (amarelo com manchas marrons), considerado o término da vida útil destes, onde seu aspecto não mais traria atratividade ao consumidor.

A vida de prateleira variou de 4 a 8 dias de acordo com o respectivo tratamento. Quanto maior a combinação entre a concentração de etileno e tempo de exposição ao tratamento, menor a vida de prateleira dos frutos (Tabela 4).

Estudos realizados por BURG & BURG (1962) mostraram que o tempo para os frutos alcançarem o pico climatérico é relatado logaritmicamente pela concentração de etileno aplicada continuamente. Esta afirmação foi citada por PEACOCK (1972), acrescentando que a efetividade do etileno em reduzir a vida útil dos frutos é uma função do período de aplicação e concentração. Este fato também foi constatado por PAULL (1996) para banana 'Prata', concluindo que sem aplicação de etileno a 25 °C os frutos alcançaram 27 dias de vida de prateleira (da colheita ao grau de coloração 6), enquanto que quando tratados com 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno por 24 horas este período reduziu para 19 dias.

Tabela 4 – Escala de coloração da casca (1-7) e vida de prateleira (VDP) de banana ‘Prata’ após o tratamento em função de vários níveis de etileno (T) para os respectivos tempos de exposição ao tratamento (TE) à 18 °C, posteriormente mantidos a temperatura ambiente de 21,6 °C, em média.

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$ etileno)	Dias após a retirada dos frutos do tratamento									VDP (dias)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
12	0	1	1	1	1	1	2	5	6	7	8
	10	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
	50	1	1	1	2	3	5	6	7	7	7
	100	1	1	2	2	3	5	6	7	7	7
	1000	1	1	2	2	4	5	6	7	7	7
24	0	1	1	1	1	4	5	6	7	-	7
	10	1	2	2	3	4	5	6	7	-	7
	50	1	2	3	3	4	6	7	7	-	6
	100	1	2	2	3	5	6	7	7	-	6
	1000	1	2	2	4	5	6	7	7	-	6
36	0	1	1	1	1	3	4	5	7	-	7
	10	1	2	3	4	4	5	6	7	-	7
	50	1	2	3	3	4	6	7	7	-	6
	100	1	2	3	4	5	6	7	7	-	6
	1000	1	2	3	6	6	6	7	7	-	6
48	0	1	1	1	2	3	4	7	-	-	6
	10	2	3	4	4	5	7	7	-	-	5
	50	2	3	4	4	6	7	7	-	-	5
	100	2	3	5	5	6	7	7	-	-	5
	1000	2	3	6	6	6	7	7	-	-	5
60	0	1	1	1	3	5	6	7	-	-	6
	10	2	4	4	4	5	7	7	-	-	5
	50	2	2	4	5	6	7	7	-	-	5
	100	2	3	5	5	6	7	7	-	-	5
	1000	2	3	6	6	6	7	7	-	-	5
72	0	1	1	3	5	6	7	-	-	-	5
	10	2	4	4	5	6	7	-	-	-	5
	50	2	4	5	6	7	7	-	-	-	4
	100	2	5	5	6	7	7	-	-	-	4
	1000	2	6	6	6	7	7	-	-	-	4

OBS.: VDP = dias da saída do tratamento até a obtenção da escala de cor 7.
Dias nulos indicam senescência do fruto com conseqüente término da vida de prateleira destes.

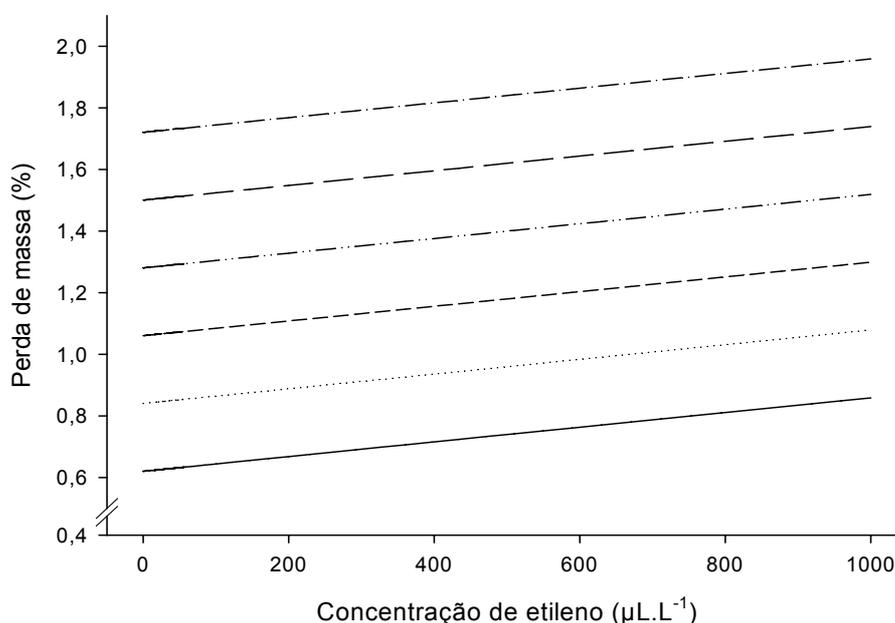
WILLS *et al.* (1999) alterando a concentração de etileno, fornecida continuamente, de 0,001 para 0,1 $\mu\text{L.L}^{-1}$ obtiveram a redução da vida de prateleira de 44 para 11 e de 33 para 11 dias para os cultivares Lady (AAB) e Williams (AAA), respectivamente, à temperatura de 20 °C.

5.1.3. Perda de massa

Foi avaliado o comportamento da perda de massa dos frutos durante o tratamento em função dos diferentes níveis de concentração de etileno para os respectivos tempos de exposição ao tratamento (Figura 7).

$$\hat{Y} = 0,4003 + 0,018^{**}TE + 0,0002^{*}T \quad R^2 = 0,67$$

___ 12 h 24 h ----- 36 h -.-.-.- 48 h ____ 60 h ___ 72 h



**significativo a 1% pelo teste "t";

*significativo a 5% pelo teste "t";

Dados médios de 3 repetições.

Figura 7 - Estimativa da perda de massa de banana 'Prata' durante o tratamento em função das diferentes concentrações de etileno (T) para os respectivos tempos de exposição ao tratamento (TE).

Observa-se que o comportamento foi linear e crescente para todos os tratamentos, ou seja, à medida que se aumentou o tempo de exposição e concentração de etileno, aumentou-se também a perda de massa dos frutos durante esse período. Dessa forma, considerando temperatura e umidade relativas ideais ao tratamento, para a redução da perda de massa e melhoria de

outras características de importância na qualidade final dos frutos, faz-se necessário a utilização de um tratamento com tempo e concentração mínima suficientes para o amadurecimento artificial de bananas.

A equação demonstra que esta variável é mais influenciada pelo tempo do que pela concentração de etileno, indicando que apenas o controle da temperatura, umidade relativa e do tempo de exposição durante o tratamento seja eficiente para reduzir a perda de massa dos frutos durante o tratamento.

Somente os tratamentos com concentrações iguais ou superiores à 10 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno por 72 horas de exposição diferiram significativamente da testemunha à temperatura ambiente de 21,6 °C, em média, pelo teste de Dunnett (Tabela 5).

Tabela 5 – Médias da perda de massa (%) de banana ‘Prata’ durante o tratamento com vários níveis de etileno (T) e tempos de exposição (TE), sendo a testemunha submetida à temperatura ambiente (média de 21,6 °C) por 72 horas.

T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	TE (h) à 18 °C						
	12	24	36	48	60	72	0
0	0,62 ^{n.s.}	0,84 ^{n.s.}	0,63 ^{n.s.}	0,93 ^{n.s.}	1,20 ^{n.s.}	1,57 ^{n.s.}	0,71
10	0,70 ^{n.s.}	1,03 ^{n.s.}	0,81 ^{n.s.}	1,18 ^{n.s.}	1,37 ^{n.s.}	1,79 *	0,79
50	1,39 ^{n.s.}	0,96 ^{n.s.}	0,84 ^{n.s.}	1,31 ^{n.s.}	1,37 ^{n.s.}	2,11 *	0,84
100	0,64 ^{n.s.}	1,10 ^{n.s.}	0,88 ^{n.s.}	1,38 ^{n.s.}	1,47 ^{n.s.}	2,32 *	0,93
1000	0,79 ^{n.s.}	1,14 ^{n.s.}	0,97 ^{n.s.}	1,35 ^{n.s.}	1,66 ^{n.s.}	2,45 *	0,80

*significativo a 5% pelo teste de Dunnett;

^{n.s.} não significativo a 5% pelo teste de Dunnett;

Cada dado é a média de 3 repetições.

As médias com asterisco diferem da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Apenas o controle da temperatura foi suficiente para a redução da perda de massa dos frutos não tratados até 36 horas de exposição a 18 °C, pois obtiveram valores inferiores ao da testemunha que se encontravam à temperatura ambiente. Com a aplicação do tratamento, exposições maiores que 24 horas tiveram perda de massa próximas ou maiores que a testemunha (Tabela 5).

a) Perda de massa após o tratamento

Pela equação de regressão abaixo se verifica que, assim como no estudo de outras variáveis, o tempo de exposição ao tratamento exerceu maior influência do que a concentração de etileno utilizada. A estimativa da perda de massa (\hat{Y}) no período de até 9 dias após a retirada dos frutos do tratamento indicou um comportamento semelhante ao obtido durante o tratamento, mostrando um crescimento linear dos percentuais de perda com o aumento da concentração (T) para os respectivos tempos de exposição ao tratamento (TE).

$$\hat{Y} = 0,6763 + 0,024^{**}TE + 0,0004^{**}T$$

$$R^2 = 0,77$$

**significativo a 1% pelo teste "t".

Embora o comportamento seja semelhante, a perda de massa após a retirada dos frutos do tratamento alcançou valores superiores quando comparados com o período durante o tratamento (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias da perda de massa (%) de banana 'Prata' após o tratamento com vários níveis de etileno (T) e tempos de exposição (TE), sendo a testemunha submetida à temperatura ambiente (média de 21,6 °C).

T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	TE (h)						
	12	24	36	48	60	72	0
0	0,99 ^{n.s.}	1,09 ^{n.s.}	1,23 ^{n.s.}	1,30 ^{n.s.}	1,60 ^{n.s.}	2,39 ^{n.s.}	1,55
10	1,36 ^{n.s.}	1,33 ^{n.s.}	1,54 ^{n.s.}	1,75 ^{n.s.}	2,02 ^{n.s.}	2,49 ^{n.s.}	1,59
50	1,25 ^{n.s.}	1,30 ^{n.s.}	1,66 ^{n.s.}	1,73 ^{n.s.}	1,84 ^{n.s.}	3,03 *	1,82
100	1,27 ^{n.s.}	1,43 ^{n.s.}	1,67 ^{n.s.}	1,94 ^{n.s.}	2,10 ^{n.s.}	3,19 *	2,02
1000	1,31 ^{n.s.}	1,57 ^{n.s.}	1,85 ^{n.s.}	2,04 ^{n.s.}	2,28 ^{n.s.}	3,36 *	1,48

*significativo a 5% pelo teste de Dunnett;

^{n.s.} não significativo a 5% pelo teste de Dunnett.

Cada dado é a média de 3 repetições e 9 dias após o tratamento.

As médias com asterisco diferem da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

A perda de massa dos frutos após o tratamento foi de, aproximadamente, uma a duas vezes superior ao período durante o tratamento comparando a mesma concentração e tempo de exposição aplicado. Este fato se deve, principalmente, à temperatura do local em que os frutos permaneceram após o tratamento (média de 21,6 °C) fazendo com que os frutos se desidratassem mais rápido perdendo água, que é a principal causa da perda de massa dos frutos.

Os resultados foram bem inferiores aos encontrados por CARVALHO *et al.* (1988a) analisando a mesma variedade de banana, porém por 30 dias, que observaram 10,3 e 13,9% de perda de massa dos frutos, respectivamente, em umidade relativa elevada (90 %, em média) e ambiental (76 %, em média) ambos a 20 °C, o que correspondeu a 3,09 e 4,17 % de perda de massa, respectivamente, por 9 dias de tratamento. FERNANDES *et al.* (1979) para o mesmo cultivar obtiveram perda de massa dos frutos amadurecidos a temperatura média ambiente de 23 °C de, aproximadamente, 28% durante todo amadurecimento.

5.2. Análises químicas

5.2.1. Carboidratos solúveis totais (CHST):

A Tabela 7 apresenta os dados observados quanto às análises químicas relacionadas com a polpa da banana 'Prata' após o tratamento. Em geral, o comportamento dos frutos foi normal, havendo hidrólise gradual do amido e sua conversão em açúcares, sendo que a concentração de etileno e o tempo de exposição ao tratamento interferiram na hidrólise do referido componente.

Em trabalho realizado por MOTA *et al.* (1997), a banana 'Prata' tem 16 % de sacarose no fruto maduro e 0,9 % no fruto verde. Valores semelhantes foram obtidos por CARVALHO *et al.* (1988b), de 0,95 a 1,30 % e de 18,23 a 19,03 % nos frutos verdes e maduros, respectivamente. ROSSIGNOLI (1983) observou que no amadurecimento de banana 'Prata' previamente armazenada em saco de polietileno de 110 µ, a concentração de açúcares totais foi elevada de 1,36 % para 18,22 %. Para FERNANDES *et al.* (1979) os açúcares totais em banana 'Prata' aumentaram de quantidades traços para 20,4 % durante o amadurecimento natural dos frutos à temperatura de 20-25 °C .

Tabela 7 – Média da composição química, em percentagem, da polpa da banana ‘Prata’ após o tratamento com diferentes níveis de etileno (T) e tempos de exposição ao tratamento (TE) sendo: CHST (carboidratos solúveis totais), AR (açúcares redutores), AnR (açúcares não redutores) e AM (amido).

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	CHST (%)	AR (%)	AnR (%)	AM (%)
24	0	0,2984 ^{n.s.}	0,1803 ^{n.s.}	0,1181 ^{n.s.}	20,4412 ^{n.s.}
	10	0,9122 ^{n.s.}	0,5433 ^{n.s.}	0,3690 ^{n.s.}	17,9201 ^{n.s.}
	50	1,2018 ^{n.s.}	1,1335 ^{n.s.}	0,0683 ^{n.s.}	15,4870 [*]
	100	1,6311 ^{n.s.}	1,4561 ^{n.s.}	0,1750 ^{n.s.}	17,4996 [*]
	1000	1,7217 ^{n.s.}	1,5548 [*]	0,1669 ^{n.s.}	16,3455 [*]
48	0	0,5457 ^{n.s.}	0,4714 ^{n.s.}	0,0743 ^{n.s.}	18,1557 ^{n.s.}
	10	5,6257 [*]	4,5137 [*]	1,1120 ^{n.s.}	14,2868 [*]
	50	8,4440 [*]	7,2454 [*]	1,1986 ^{n.s.}	12,5597 [*]
	100	8,3332 [*]	6,2798 [*]	2,0535 [*]	13,6701 [*]
	1000	9,0084 [*]	7,6748 [*]	1,3336 ^{n.s.}	13,1638 [*]
72	0	2,3985 [*]	1,8247 [*]	0,5738 ^{n.s.}	16,1347 [*]
	10	10,3266 [*]	8,3254 [*]	2,0012 [*]	9,7419 [*]
	50	9,0267 [*]	8,0675 [*]	0,9592 ^{n.s.}	10,1533 [*]
	100	11,5438 [*]	9,4781 [*]	2,0657 [*]	11,0076 [*]
	1000	10,8005 [*]	8,9029 [*]	1,8977 [*]	11,2554 [*]
0	0	0,1857	0,0216	0,1641	20,6539

* significativo a 5% pelo teste de Dunnett;

^{n.s.} não significativo a 5% pelo teste de Dunnett.

Cada dado observado é representativo da média de 3 repetições.

As médias com asterisco diferem da testemunha ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

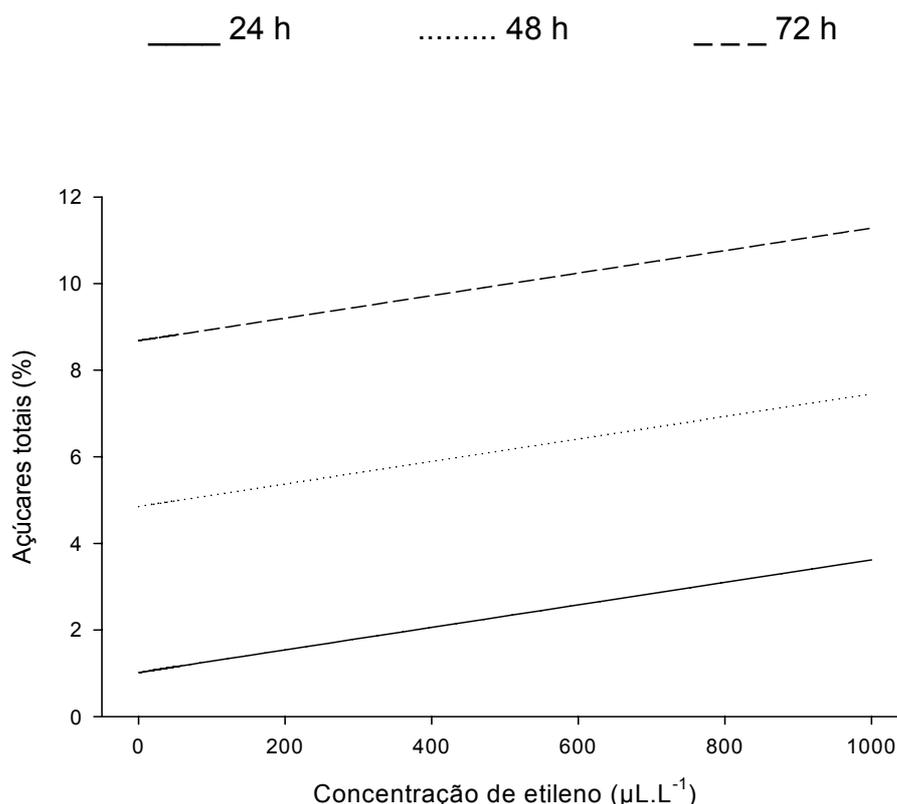
Neste trabalho, verificou-se que após 24, 48 e 72 horas de tratamento com 1000 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno houve acréscimo de 1,4; 8,5 e 8,4 % no teor de carboidratos solúveis totais (CHST), em comparação com frutos não tratados pelos mesmos tempos de exposição. Esta concentração utilizada comercialmente pode ser considerada mais uma vez excessiva para o tratamento de banana ‘Prata’, uma vez que os frutos sairão da câmara com cerca de 50 % do teor final

de açúcar obtido em uma polpa madura. Isso acarretará em frutos com baixa vida de prateleira após a aquisição pelo consumidor.

A média da percentagem de carboidratos solúveis totais da testemunha (frutos não tratados à temperatura ambiente) diferiu significativamente da média dos tratamentos de 48 horas (com exceção de frutos sem etileno) e 72 horas de exposição ao tratamento. Esta observação comprova que exposição dos frutos em tempo igual ou superior a 48 horas é considerada excessiva para o tratamento de banana 'Prata'.

A estimativa do teor de carboidratos solúveis totais após o tratamento obteve comportamento crescente e linear com o aumento da concentração de etileno para os respectivos tempos de exposição aplicados (Figura 8).

$$\hat{Y} = -2,8151 + 0,0026^{**}T + 0,1597^{**}TE \quad R^2 = 0,61$$



**significativo a 1% pelo teste "t".

Figura 8 – Estimativa do teor de carboidratos solúveis totais da polpa de banana 'Prata' após o tratamento em função das diferentes concentrações de etileno (T) aplicadas, para os respectivos tempos de exposição (TE).

O modelo da equação de regressão escolhido indica que, fixando o tempo de exposição ao tratamento, a cada 1 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno acrescentado no tratamento tem-se aumento de 0,0026 % no teor de carboidratos solúveis totais. Do mesmo modo, fixando a concentração de etileno, a cada hora de exposição acrescentada no tratamento tem-se 0,1597 % de acréscimo no parâmetro estudado. Isso mostra que, como em outras variáveis, o tempo de exposição ao tratamento exerceu efeito superior no acréscimo da variável estudada que a concentração de etileno aplicada.

5.2.2. Açúcares redutores e não-redutores:

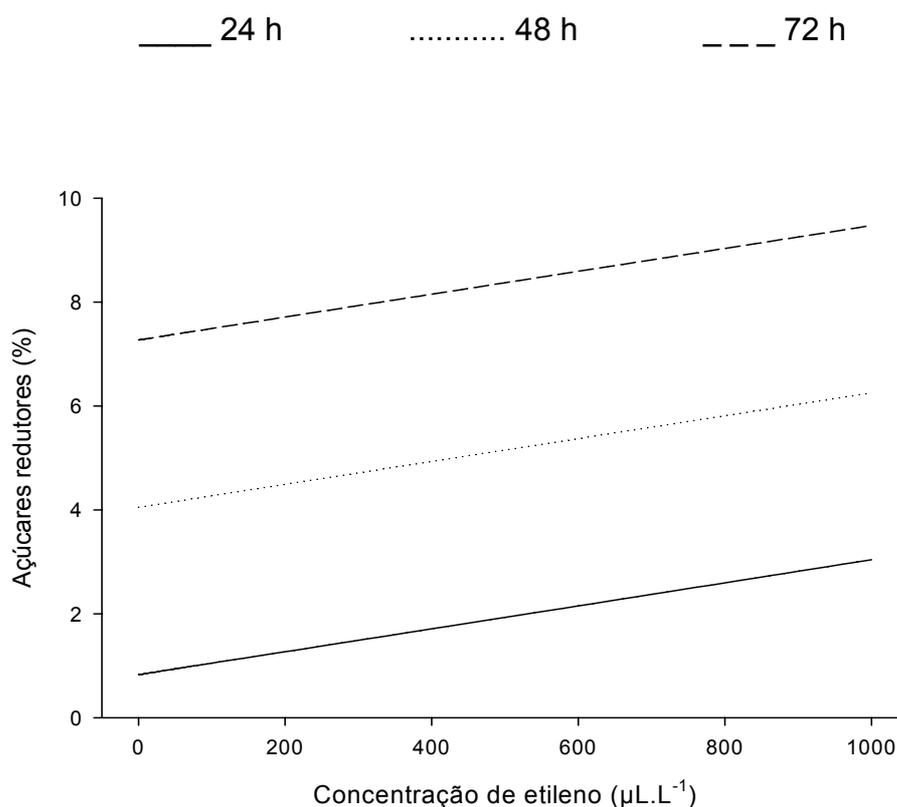
O teor de açúcares redutores dos tratamentos de 0, 10, 50 e 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno por 24 horas de exposição e 0 $\mu\text{L.L}^{-1}$ por 48 horas não diferiram da média da testemunha (Tabela 7).

O teor de açúcares redutores (Figura 9) apresentou o mesmo comportamento dos carboidratos solúveis totais, variando em função da concentração de etileno para os respectivos tempos de exposição.

Os resultados indicaram que a quantidade de açúcares redutores foi sempre maior que a de açúcares não-redutores, como observado por FERNANDES *et al.* (1979) que obtiveram teores de açúcares redutores e não-redutores de banana 'Prata' de quantidades traços em frutos verdes para 16,20 % e 6,5 % respectivamente, em frutos completamente maduros.

De acordo com a Tabela 7 em relação ao teor de açúcares não-redutores, a média dos tratamentos de 48 horas de exposição na concentração de 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$ e 72 horas com 10, 100 e 1000 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno diferiram da média da testemunha.

$$\hat{Y} = -2,3680 + 0,0023^{**}T + 0,1322^{**}TE \quad R^2 = 0,61$$



**significativo a 1% pelo teste "t"

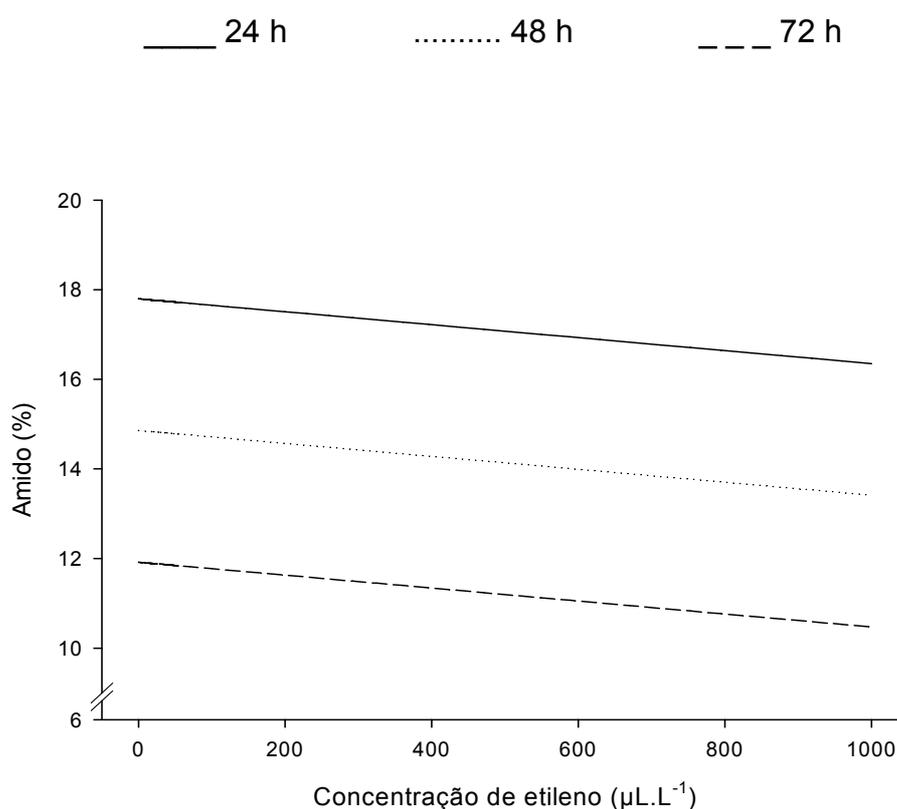
Figura 9 – Estimativa do teor de açúcares redutores da polpa de banana 'Prata' após o tratamento em função das diferentes concentrações de etileno (T) aplicadas para os respectivos tempos de exposição (TE).

5.2.3. Amido

A estimativa do teor de amido foi apresentada na Figura 10 possuindo o comportamento normal de degradação ao longo do tratamento, variando em função da concentração de etileno aplicada para os respectivos tempos de exposição.

Frutos tratados por 24 horas com 50, 100 e 1000 μL.L⁻¹ de etileno, por 48 e 72 horas de exposição com exceção de 0 μL.L⁻¹ de etileno para 48 horas, diferiram significativamente da testemunha apresentando menores teores de amido em função da sua degradação com a evolução do amadurecimento destes (Tabela 7).

$$\hat{Y} = 20,7368 - 0,0014^{**}T - 0,1225^{**}TE \quad R^2 = 0,55$$



**significativo a 1% pelo teste "t".

Figura 10 – Estimativa do teor de amido da polpa de banana 'Prata' após o tratamento em função das diferentes concentrações de etileno (T) para os respectivos tempos de exposição ao tratamento (TE).

Os teores médios de amido na polpa de frutos verdes da testemunha foram de, aproximadamente, 20,6 %. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados pelas determinações de ROSSIGNOLI (1983), FERNANDES *et al.* (1979) e CARVALHO *et al.* (1988b), que obtiveram entre 19,2 e 25,92 % no fruto verde e entre 2,1 e 3,41 % no fruto maduro. No caso de MOTA *et al.* (1997), os teores residuais de amido na banana 'Prata' foram de 17,4 % e 5,2 % nos frutos verdes e maduros, respectivamente. Isso indica que, neste trabalho, os tratamentos que diferiram da testemunha, principalmente por 72 horas de exposição, já possuíam cerca de 50 % de toda degradação do amido durante o amadurecimento, sendo considerado frutos excessivamente maduros para sua retirada da câmara, assim como já descrito para o teor de carboidratos solúveis totais.

5.2.4. Dióxido de carbono (CO₂)

A Figura 11 apresenta o comportamento do CO₂ no ambiente ao redor dos frutos em função das concentrações de etileno utilizadas para as respectivas amostragens, analisado durante o período em que os frutos estavam expostos de 24 à 36 horas ao tratamento, sendo que previamente a cada 12 horas foram realizadas aeração e nova aplicação de etileno. Os períodos amostrados foram 3, 6,5 e 10 horas após a aplicação de etileno, correspondendo a 27, 30,5 e 34 horas, respectivamente, de exposição dos frutos ao tratamento.

$$\begin{aligned} \hat{Y} (\text{---}\blacklozenge\text{---} \text{ 3,0h}) &= -4,0049 + 12,579 x - 1,8229 x^2 & R^2 &= 0,98 \\ \hat{Y} (\text{---}\blacksquare\text{---} \text{ 6,5h}) &= -3,8368 + 32,452 x - 4,3116 x^2 & R^2 &= 0,85 \\ \hat{Y} (\text{---}\blacktriangle\text{---} \text{ 10,0h}) &= -4,5464 + 29,504 x - 4,1073 x^2 & R^2 &= 0,83 \end{aligned}$$

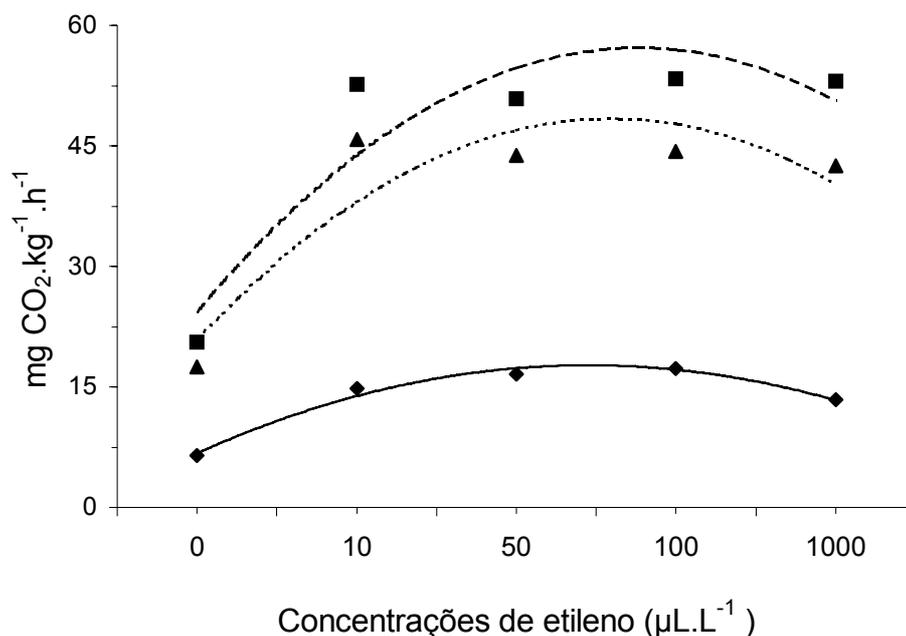


Figura 11 – Evolução de CO₂ nos baldes contendo banana 'Prata' tratada com diferentes concentrações de etileno para as respectivas amostragens (3, 6,5 e 10 horas após a aplicação) no período de 24 a 36 horas de exposição ao tratamento.

Houve um provável efeito inibitório no terceiro ponto de amostragem (10 horas), apresentando valores inferiores da taxa respiratória em relação à

amostragem anterior de 6,5 horas, pois provavelmente, houve a saturação de CO₂ nos baldes oriundo do aumento da respiração dos frutos após a aplicação de etileno, acarretando na inibição da respiração e da conseqüente produção de CO₂ destes.

Após a aeração do ambiente de tratamento, fechamento dos baldes e posterior aplicação do etileno, há liberação de CO₂ e consumo de O₂ no interior do balde proveniente da respiração dos frutos. Como o sistema em questão foi hermeticamente fechado, há a tendência de exaustão do O₂ e saturação de CO₂ no ambiente, o que pode interferir no tratamento e respiração dos frutos presentes. De acordo com PEPPELENBOS *et al.* (1996), concentrações elevadas de CO₂ na atmosfera podem causar a redução do pH do citoplasma das células, podendo afetar tanto a concentração de intermediários da glicólise como a atividade das enzimas, afetando diretamente a respiração dos frutos. Segundo MATHOOKO (1996), níveis elevados de CO₂ inibem a atividade de ACCsintase, enquanto a ACCoxidase pode ser estimulada ou inibida pelo CO₂, dependendo da concentração do gás presente na atmosfera.

A Figura 12 apresenta o comportamento do CO₂ no ambiente ao redor dos frutos em função das concentrações de etileno utilizadas para as respectivas amostragens, analisado durante o período em que os frutos estavam expostos de 48 à 60 horas ao tratamento, sendo que previamente a cada 12 horas foram realizadas aeração e nova aplicação de etileno. Os períodos amostrados foram 3, 6,5 e 10 horas após a aplicação de etileno, correspondendo a 51, 54,5 e 58 horas, respectivamente, de exposição dos frutos ao tratamento.

Assim como no primeiro período analisado (24 à 36 horas de tratamento), após 48 à 60 horas de tratamento houve um provável efeito inibitório sobre a respiração dos frutos, entretanto mais precocemente na segunda amostragem (6,5 horas) pelo fato dos frutos estarem mais sensíveis com um estágio de maturação mais avançado.

Houve variação no comportamento respiratório dos frutos entre os períodos analisados, podendo ser observado pela diferenciação na inclinação das curvas.

$$\hat{Y} (\text{◆} \quad 3,0\text{h}) = - 40,23 + 74,67 x - 10,88 x^2 \quad R^2 = 0,83$$

$$\hat{Y} (\text{■} \quad 6,5\text{h}) = - 33,198 + 65,431 x - 9,2349 x^2 \quad R^2 = 0,83$$

$$\hat{Y} (\text{▲} \quad 10,0\text{h}) = - 26,779 + 54,793 x - 7,6818 x^2 \quad R^2 = 0,84$$

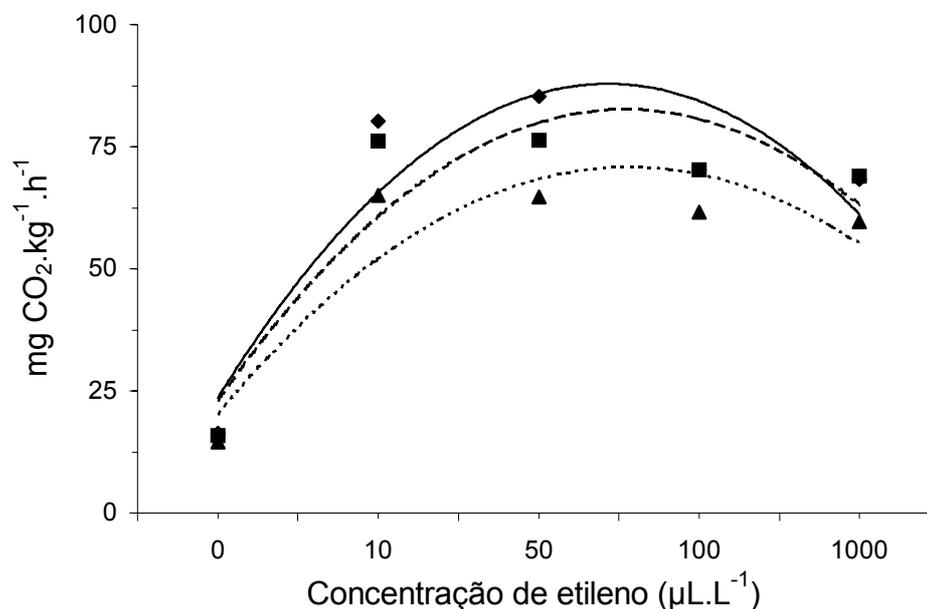


Figura 12 – Evolução de CO₂ nos baldes contendo banana 'Prata' tratada com diferentes concentrações de etileno para as respectivas amostragens (3, 6,5 e 10 horas após a aplicação) no período de 48 a 60 horas de exposição ao tratamento.

No primeiro período analisado a taxa respiratória dos frutos apresentou comportamento crescente até 100 μL.L⁻¹ de etileno e posterior queda com a concentração de 1000 μL.L⁻¹ por efeito inibitório mesmo após 3 horas da aplicação de etileno. A taxa respiratória dos frutos tratados com 100 μL.L⁻¹ de etileno aumentou 62,7, 61,5 e 60,4 % após 27, 30,5 e 34 horas de tratamento, respectivamente, em relação aos frutos não tratados, alcançando maiores valores de 53,36 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ após 30,5 horas de exposição dos frutos ao tratamento. No segundo período analisado houve o mesmo comportamento de ascensão e conseqüente queda, embora o decréscimo dos valores tenha ocorrido após a concentração de 50 μL.L⁻¹ de etileno com variações de 80,9, 79,2 e 77,5 % após 51, 54,5 e 58 horas de tratamento, respectivamente, em relação aos frutos não tratados, alcançando maiores valores de 85,37 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ após 51 horas de tratamento. Dessa forma, à medida que se distanciou da aplicação de etileno,

diminuiu a variação da taxa respiratória dos frutos tratados em comparação com não tratados, sendo que frutos em estágio de desenvolvimento mais avançado sofreram maiores variações na taxa respiratória com a aplicação de etileno, apresentando maiores valores em menor período de tempo e em tratamentos com menores concentrações de etileno.

5.2.5. Etileno (C₂H₄):

A concentração de etileno nos baldes foi acompanhada ao longo do tratamento dos frutos nos períodos de 12 à 24 horas (2ª aplicação) e 36 à 48 horas de exposição ao tratamento (4ª aplicação) (Tabela 8).

Tabela 8 – Média da quantidade de etileno nos baldes em concentração (μL) e em relação à aplicação inicial (%) durante dois períodos de tratamento de banana 'Prata' com diferentes níveis de etileno (T) e tempos de exposição ao tratamento (TE) a 18 °C. A 2ª e a 4ª aplicação indica o período entre 12-24 horas e entre 36-48 horas de tratamento, respectivamente.

nº da aplicação ₁	TE (h)	T (μL.L ⁻¹ de etileno)							
		10		50		100		1000	
		μL	% do inicial	μL	% do inicial	μL	% do inicial	μL	% do inicial
2ª	12,33	77,13	39,0	405,07	40,0	791,67	40,0	9290,53	46,0
	15,00	8,61	4,3	46,49	4,6	85,15	4,2	897,92	4,5
	18,00	4,33	2,1	22,50	2,3	42,03	2,1	455,93	2,3
	21,00	2,84	1,4	14,87	1,5	26,97	1,3	297,93	1,5
4ª	36,33	98,77	49,0	494,93	49,0	918,80	46,0	9603,07	48,0
	39,00	10,55	5,3	51,24	5,0	101,26	5,0	1051,50	5,2
	42,00	5,44	2,7	27,60	2,7	50,27	2,5	538,53	2,7
	45,00	3,76	1,9	17,68	1,8	33,10	1,7	370,78	1,8

₁ A cada 12 horas realizou-se uma aeração prévia e aplicação de etileno, totalizando em 6 aplicações.

OBS.: Cada valor é a média de 3 repetições com o total de 6 leituras.

A concentração total de cada aplicação no balde de 20L para os tratamentos de 10, 50, 100 e 1000 μL.L⁻¹ foi de: 200, 1000, 2000 e 20000 μL de etileno.

Nos primeiros 20 minutos (0,33 horas) após a aplicação de etileno para a 2ª e a 4ª aplicação, a concentração obtida no balde foi cerca de 40-50 % do inicialmente aplicado para todas as concentrações, sendo que na 4ª aplicação os

valores observados foram maiores que na 2ª para todas as concentrações e períodos observados, indicando que a absorção do gás pelos frutos foi maior no primeiro período. Após 3 horas do início do tratamento a concentração de etileno encontrada dentro de cada balde foi de, aproximadamente, 10 vezes menor do que a primeira amostragem e a partir daí, a metade a cada 3 horas de amostragem em todos os tratamentos alcançando valores de 1,3-1,9 % do inicial, após 9 horas da aplicação.

A média das taxas de absorção de etileno pelos frutos de todas as concentrações após 20 minutos, 3, 6 e 9 horas foram de 1,78, 0,14, 0,007 e 0,002 $\mu\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ de etileno, respectivamente, no primeiro período observado e de 1,57, 0,16, 0,008 e 0,003 $\mu\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ de etileno, respectivamente, no segundo período (Tabela 9).

Tabela 9 – Taxas de absorção de etileno ($\mu\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$) da banana ‘Prata’ em função da concentração aplicada (T) no período de 12 à 24 horas de tratamento e de 36 à 48 horas, com amostragens após 0,33, 3, 6 e 9 horas após o tratamento.

Período	T ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Tempo após a aplicação de etileno (h)			
		0,33	3	6	9
12-24 horas	10	1,850	0,130	0,007	0,002
	50	1,820	0,132	0,008	0,002
	100	1,820	0,134	0,007	0,002
	1000	1,640	0,155	0,007	0,002
36-48 horas	10	1,540	0,164	0,009	0,002
	50	1,550	0,165	0,008	0,003
	100	1,640	0,154	0,008	0,002
	1000	1,570	0,160	0,008	0,003

Pelo comportamento semelhante entre tratamentos, percebe-se que o padrão de absorção de etileno exógeno pelos frutos não foi alterado pela concentração aplicada, havendo poucas variações entre elas. A maior absorção foi verificada nos primeiros 20 minutos após a aplicação, indicando que os frutos possuem uma rápida resposta ao tratamento, que diminui com o passar do tempo. Para todos os tratamentos detectaram-se valores inferiores a 50 % da concentração inicial aplicada, sem produção autocatalítica pelos frutos, pois provavelmente o pico respiratório tenha ocorrido antes destes períodos estudados, ou seja, em até 12 horas de exposição ao tratamento, não havendo

efeito posterior entre as concentrações com apenas absorção do gás aplicado pelos frutos.

Embora nos primeiros minutos após a aplicação, a taxa de absorção do gás pelos frutos tenha sido maior no primeiro período analisado (12-24 horas), nas amostragens subseqüentes esta taxa foi maior no segundo período (36-48 horas). Esta observação pode ser entendida pelo fato de frutos maduros serem mais sensíveis ao etileno que frutos verdes (PEACOCK, 1972; ABELES, 1992).

As equações abaixo apresentam a estimativa da concentração de C₂H₄ amostrado nos baldes (\hat{Y}) em função do tempo após a aplicação (t) para as respectivas concentrações de etileno utilizadas no período de 12 à 24 horas de tratamento, sendo \underline{t} as amostragens de 0,33, 3, 6 e 9 horas após a aplicação de etileno.

$$\hat{Y} (10 \mu\text{L.L}^{-1}) = 25,58 t^{-0,996166} \quad R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y} (50 \mu\text{L.L}^{-1}) = 134,84 t^{-0,99668} \quad R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y} (100 \mu\text{L.L}^{-1}) = 257,27 t^{-1,01811} \quad R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y} (1000 \mu\text{L.L}^{-1}) = 2900,28 t^{-1,04043} \quad R^2 = 0,99$$

O mesmo comportamento foi encontrado no segundo período analisado, de 36 à 48 horas de tratamento, apresentado nas equações abaixo.

$$\hat{Y} (10 \mu\text{L.L}^{-1}) = 32,44 t^{-0,993426} \quad R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y} (50 \mu\text{L.L}^{-1}) = 160,87 t^{-1,00422} \quad R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y} (100 \mu\text{L.L}^{-1}) = 302,51 t^{-1,00346} \quad R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y} (1000 \mu\text{L.L}^{-1}) = 3169,86 t^{-0,985898} \quad R^2 = 0,99$$

5.2.6. Clorofila e carotenóides

A Tabela 10 apresenta as médias dos pigmentos clorofila e carotenóides totais presentes na casca de banana 'Prata' logo após o tratamento.

Tabela 10 – Conteúdo médio de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenóides totais (Car) na casca de banana 'Prata' após o tratamento com diferentes concentrações de etileno (T) e tempos de exposição ao tratamento (TE).

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	Cl a ($\mu\text{g.g}^{-1}$ MF)	Cl b ($\mu\text{g.g}^{-1}$ MF)	Cl t ($\mu\text{g.g}^{-1}$ MF)	Car ($\mu\text{g.g}^{-1}$ MF)
0	0	192,36	82,19	274,56	78,47
24	0	148,43 *	69,13 ^{n.s.}	217,57 *	59,23 *
	10	148,61 *	58,46 *	207,08 *	41,19 *
	50	126,73 *	55,92 *	182,66 *	36,06 *
	100	151,04 *	62,12 *	213,15 *	41,80 *
	1000	152,87 *	55,42 *	208,29 *	40,56 *
48	0	174,62 ^{n.s.}	64,59 *	239,20 ^{n.s.}	48,73 *
	10	100,90 *	41,04 *	141,94 *	40,79 *
	50	93,92 *	37,17 *	131,10 *	50,23 *
	100	69,10 *	40,40 *	142,83 *	49,05 *
	1000	110,44 *	40,03 *	150,48 *	51,53 *
72	0	171,21 ^{n.s.}	59,23 *	230,43 ^{n.s.}	50,43 *
	10	33,96 *	15,52 *	49,48 *	43,11 *
	50	38,62 *	9,34 *	47,96 *	40,46 *
	100	21,93 *	4,00 *	25,93 *	36,27 *
	1000	29,72 *	5,42 *	35,14 *	41,17 *

* significativo a 5% pelo teste de Dunnett;

^{n.s.} não significativo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett.

As médias com asterisco diferem da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

O teor de clorofila na casca de banana varia de acordo com o cultivar ou condição do tratamento, podendo estar em torno de 52 a 103 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de massa fresca em frutos verdes para quase zero em frutos maduros (MENG *et al.*, 1997). Dessa forma, sempre há uma degradação com conseqüente queda nos seus teores ao longo do amadurecimento.

Neste trabalho, o comportamento da clorofila total foi normal com degradação ao longo do tratamento (Figura 13), assim como para as clorofilas a e b.

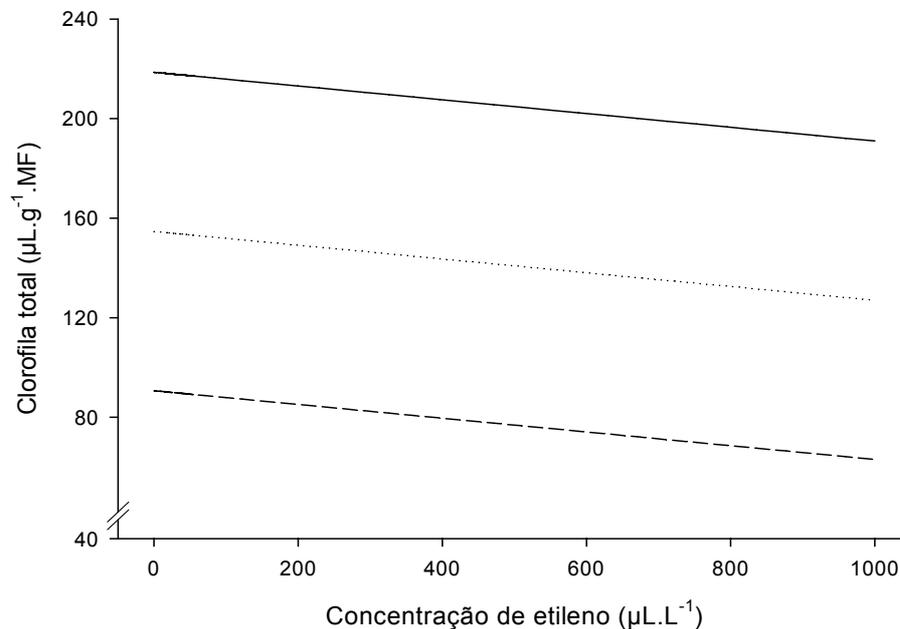
$$\hat{Y} = 282,58 - 0,028^{**}T - 2,66^{**}TE$$

$$R^2 = 0,53$$

_____ 24 h

..... 48 h

--- 72 h



**significativo a 1% pelo teste "t".

Figura 13 – Estimativa do teor de clorofila total da casca de banana 'Prata' após o tratamento em função de diferentes concentrações de etileno (T), para os respectivos tempos de exposição ao tratamento (TE).

O conteúdo de clorofila total variou de 274 µg.g⁻¹ de massa fresca (M.F.) em frutos verdes para 25 µg.g⁻¹ M.F. em frutos mais amarelos que verdes, sendo quase todo pigmento degradado (Tabela 10).

Analisando o teor de clorofila total e clorofila "a" que apresentaram o mesmo comportamento, todos os tratamentos, com exceção de sem etileno por 48 e 72 horas diferiram da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett e para clorofila "b" apenas o tratamento sem etileno por 24 horas não diferiu da testemunha nestas mesmas condições.

Quanto à relação entre os pigmentos, os resultados foram semelhantes aos de OLIVEIRA (2000) que estudando o amadurecimento de banana 'Prata Anã', obteve em frutos maduros os valores de carotenóides totais superiores aos de clorofilas, que neste experimento foi alcançado com as concentrações de 100 e 1000 µL.L⁻¹ de etileno por 72 horas, onde os frutos já foram retirados do tratamento com coloração da casca predominantemente amarela.

SEYMOUR (1993) registrou as alterações na composição de carotenóides totais da casca de banana durante o amadurecimento, indicando uma redução nos estádios iniciais (de 200 para 100 $\mu\text{g}\cdot 10\text{g}^{-1}$ M.F.) seguido por uma biossíntese do estádio verde-amarelo para o totalmente amarelo (160 para 190 $\mu\text{g}\cdot 10\text{g}^{-1}$ M.F., respectivamente). Neste trabalho, todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett, sendo estatisticamente inferiores (Tabela 10), com valores maiores e menores de 78,47 e 36,27 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ M.F., respectivamente. Esse comportamento pode ser caracterizado por um desmascaramento dos carotenóides à medida que ocorre a degradação da clorofila.

6. Conclusões

- ✓ O tempo de exposição ao tratamento e a concentração de etileno não alteraram o comportamento normal de degradação de clorofila e amido, síntese de carboidratos solúveis totais, açúcares redutores e açúcares não redutores, além do desmascaramento de pigmentos carotenóides totais quando comparados à testemunha.
- ✓ A concentração de $1000 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno utilizada comercialmente reduziu a vida de prateleira e elevou o grau de amadurecimento dos frutos após o tratamento.
- ✓ A concentração de $50 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno por 24 à 36 horas resultou em frutos com a coloração e a vida de prateleira adequada.
- ✓ A combinação de maiores concentrações de etileno e tempos de exposição ao tratamento originou menor vida de prateleira, maior perda de massa após 36 horas de tratamento e coloração excessiva (verde com pontos amarelos) após 48 horas por aceleração do amadurecimento dos frutos. O tempo de exposição exerceu maior influência do que a concentração de etileno, indicando que o controle da temperatura, umidade relativa e tempo de tratamento são cruciais para uma qualidade final do produto.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B. Fruit ripening, abscission, and postharvest disorders. In: ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. New York: Academic Press, 1992. p. 182-221.

AGRIBUS. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2002. p. 521.

ALVES, E. J. Colheita e manejo pós-colheita. In: ALVES, E. J.; MEDINA, V. M.; OLIVEIRA, M. A. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: Embrapa- SPI/Cruz das Almas; Embrapa-CNPMP, 2000. p. 453-485.

ARTECA, R. N. Chemistry, biological effects, and mechanism of action of plant growth substances. In: _____ **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman and Hall, 1995. p. 73-80.

AYUB, R. A. **Estudos para a determinação do ponto de colheita de banana 'Prata' (*Musa AAB* subgrupo Prata)**. 1990. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BEAUDRY, R. M.; PAZ, N.; BLACK, C. C.; KAYS, S. J. Banana ripening: implications of changes in internal ethylene and CO₂ concentrations, pulp fructose 2,6-bisphosphate concentration, and activity of some glycolytic enzymes. **Plant Physiology**, n. 85, p. 277-282, 1987.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. E.; OLMSTEAD, A. Fruit respiration & ethylene production. **Plant Physiology**, v.29, p. 168-174, 1954.

BIALE, J. B. Growth, maturation and senescence in fruits. **Science**, v.146, p. 880-888, 1964.

BOUDHRIOUA, N.; MICHON, C.; CUVELIER, G.; BONAZZI, C. Influence of ripeness and air temperature on changes in banana texture during drying. **Journal of food Engineering**, 7 p., 2002.

BRADY, C. J.; O'CONNELL, P. B. H.; SMYDZUK, J.; WADE, N. L. Permeability, sugar accumulation, and respiration rate in ripening banana fruits. **Australian Journal Biology Science**, v. 23, p.1143-1152, 1970.

BURG, S. P; BURG, E. A. Role of ethylene in fruit ripening. **Plant Physiology**, v. 37, p. 179-189, 1962.

BURG, S. P; BURG, E. A. Ethylene action and ripening of fruits. **Science**, v. 148, p. 1190-1196, 1965.

CANO, M. P.; ANCOS, B. de; MATALLANA, M. C.; CÁMARA, M.; REGLERO, G.; TABERA, J. Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v. 59, n. 3, p. 411-419, 1997.

CARVALHO, H. A. **Qualidade de banana 'Prata' previamente armazenada em saco de polietileno, amadurecida em ambiente com elevada umidade relativa**. 1984. 92 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, H. A. de; CHITARRA, M. I. F.; CARVALHO, H. S. de; CHITARRA, A. B.; CARVALHO, V. D. de. Banana 'Prata' amadurecida sob umidade relativa elevada. I. Perda de peso, relação polpa/casca, coloração e respiração dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 12, p. 1331-1338, 1988a.

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

CHAUCA, M. N. C. **Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação da banana (*Musa spp. Nanica (AAA)*)**. 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. [s.n.]. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. **Annual Review Plant Physiology**, v. 27, p. 208-228, 1976.

CORRÊA, P. C. **Estudio de los índices de madurez y calidad del aguacate tratado por frío mediante ensayos no destructivos**. 1992. 270 f. Dissertação (Tesis doctoral) – Universidad politécnica de Madrid, Madrid, Espanha.

DELWICHE, M. J.; BAUMGARDNER, R. A. Ground color measurements of Peach. **Journal of American Society Horticulture Science**, v. 108, n. 6, p. 1012-1016, 1983.

DELWICHE, M. J.; BAUMGARDNER, R. A. Ground color as a Peach maturity index. **Journal of American Society Horticulture Science**, v. 110, n. 1, p. 53-57, 1985.

DESAI, B. B.; DESHPANDE, P. B. Chemical control of ripening in banana. **Physiologia Plantarum**, v. 44, p. 238-240, 1978.

FAO. FAOSTAT Database results [2002]. Disponível em: <
[http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary & Domain = Production & servlet = 1 & language = EN & hostname = apps.fao.org & version = default](http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&language=EN&hostname=apps.fao.org&version=default)>. Acesso em: Abr. 2003.

FERNANDES, K. M.; CARVALHO, V. D. de; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of silver bananas. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 4, p. 1254-1255, 1979.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L. F.; PASSOS, M. Carotenóides. **Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento**, ano II, n. 13, p. 40-45, mar/abr. 2000.

FRANCIS, F. J. Color quality evaluation of horticultural crops. **HortScience**, v. 15, n. 1, p. 58-59, 1980.

FRUTISÉRIES. **BANANA**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Minas Gerais. n. 6, 8 p. ago. 2000.

GONNET, J. F. A colorimetric look at the RHS Chart: perspectives for an instrumental determination of colour codes. **Journal of Horticultural Science**. v. 70, n. 2, p. 191-206, 1995.

GOTTRICH, M.; TEMKIN – GORODEISKI, N.; PELED, A.; SPODHEIM, R.; AHARONI, Y. The determination of the stage of ripeness of bananas by colorimetry. **Tropical Agriculture**, v. 46, n. 3, p. 239-245, 1969.

INABA, A.; NAKAMURA, R. Numerical expression for estimating the minimum ethylene exposure time necessary to induce ripening in banana fruit. **Journal of American Society Horticulturæ Science**, v. 113, n. 4, p. 561-564, 1988.

JOHN, P.; MARCHAL, J. Ripening and biochemistry of the fruit. In: ROBINSON, J. C. **Bananas and plantains**. London: Chapman and Hall, 1995. p. 434-467.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. London: Chapman and Hall, 1991. 532p.

LICHTEMBERG, L. A. Colheita e pós-colheita da banana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 73-90, jan./fev.1999.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIU, F. W. Banana response to low concentrations of ethylene. **Journal of American Society Horticulturae Science**, v. 101, n. 3, p. 222-224, 1976a.

LIU, F. W. Correlation between banana storage life and minimum treatment time required for ethylene response. **Journal of the American Society Horticulturae Science**, v. 101, n. 1, p. 63-65, 1976b.

MARRIOT, J.; ROBINSON, M.; KARIKARI, S. K. Starch and sugar transformation during the ripening of plantains and bananas. **Journal Science Agriculturae**, v. 32, p. 1021-1026, 1981.

MATHOOKO, F. M. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 247-264, 1996.

McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables: application to Peas. **Analytical Chemistry**, v. 22, n. 9, p. 1156-1158, 1950.

MEDINA, V. M.; MORAES, J. R. T.; BARBOSA, K. C.; SILVA, S. O. Climatização de bananas com ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 18, n. 1, p. 43-54, 1996.

MEDLICOTT, A. P.; SEMPLE, A. J.; THOMPSON, A. J.; BLACKBOURNE, H. R.; THOMPSON, A. K. Measurement of colour changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. **Tropical Agriculture**, v. 69, n. 2, p. 161-166, 1992.

MENG L.; SLAUGHTER, D. C.; THOMPSON, J. F. Optical chlorophyll sensing system for banana ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, n. 3, p. 273-283, 1997.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1999. CD-ROM.

MOTA, R. V. da; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa* spp.) durante o amadurecimento. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 17, n. 2, p. 94-97, 1997.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for determination of glucose. **J. Biology Chemistry**, v.135, p.136-75, 1944.

OLIVEIRA, E. F. **Influência da temperatura de armazenamento na qualidade da banana 'Prata-Anã' produzida no Norte de Minas Gerais**. 2000. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAULL, R. E. Ethylene, storage and ripening temperatures affect Dwarf Brazilian banana finger drop. **Postharvest Biology and Technology**, v. 8, p. 65-74, 1996.

PEACOCK, B. C. Role of ethylene in the initiation of fruit ripening. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v. 29, p. 137-145, 1972.

PEPPELENBOS, H. W.; TIJSKENS, L. M. M.; VAN'T LEVEN, J.; WILKINSON, E. C. Modelling oxidative and fermentative carbon dioxide production of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 283-295, 1996.

ROBINSON, J. C. **Bananas and plantains**. [S.l.: s.n.]. Institute for tropical and subtropical crops, 1996. 214 p.

ROSSIGNOLI, P. A. **Atmosfera modificada por filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de bananas 'Prata' em condições ambiente**. 1983. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SAMSON, J.A. **Tropical Fruits**. [s.n.]. London: Longman, 1980. 145 p.

SEMPLE, A. J.; THOMPSON, A. K. Influence of the ripening environment on the development of finger drop in bananas. **Journal Science Food Agriculture**, v. 46, p. 139-146, 1988.

SEYMOUR, G. B. Banana. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. 3. ed. London: Chapman and Hall, 1993. p. 83 – 106.

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

SIMMONS, N. W. **Bananas**. 2. ed. London: Longman, 1966. 512 p.

VILAS BOAS, E. V. B. **Modificações pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) γ -irradiada**. 1995. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. 4. ed. New York: CAB international, 1998. 262p.

WILLS, R. B. H.; HARRIS, D. R.; SEBERRY, J. A. Delayed ripening of bananas through minimization of ethylene. **Tropical Agriculture**, v. 76, n. 4, p. 279-282, 1999.

WILLS, R. B. H.; WARTON, M. A.; MUSSA, D. M. D. N.; CHEW, L. P. Ripening of climacteric fruits initiated at low ethylene levels. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 1, p. 89-92, 2001.

WITHERSPOON, J. M.; JACKSON, J. F. Analysis of fresh and dried apricot. In: LINSKENS, H. F.; JACKSON, J. F. **Fruit Analysis: Modern Methods of Plant Analysis**, v. 18, p. 111-130, 1996.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

APÊNDICE

Quadro 1 - Evolução das coordenadas \underline{L} , \underline{a} e \underline{b} da casca de banana 'Prata' após o tratamento em função de vários níveis de etileno (T) para os respectivos tempos de exposição (TE), sendo que cada dado é a média de 6 valores.

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	R	L	a	b	
0	0	1	44,18	-48,37	19,70	
		1	41,28	-52,55	15,81	
		2	40,00	-50,65	13,81	
	10	0	3	35,91	-51,21	12,08
			1	45,81	-53,88	17,73
			2	35,82	-52,62	15,40
		50	3	42,39	-54,14	18,64
			1	35,77	-54,72	16,56
			2	41,88	-54,01	17,26
	24	100	3	46,38	-51,68	19,11
			1	49,36	-49,82	18,64
			2	35,85	-51,98	16,07
1000		3	42,31	-56,69	20,31	
		1	44,63	-50,09	18,28	
		2	43,69	-55,53	20,78	
48	0	3	44,95	-53,00	19,97	
		1	45,39	-34,45	21,77	
		2	43,46	-36,22	21,08	
		3	41,32	-39,24	18,99	
		1	46,89	-40,74	19,51	
		2	36,53	-33,42	13,95	
	10	3	40,87	-43,21	19,29	
		1	40,20	-45,18	19,79	
		2	41,52	-41,16	15,30	
		3	45,70	-39,14	18,72	
		1	45,90	-38,19	18,32	
		2	37,71	-52,18	20,53	
	50	3	44,32	-43,52	16,76	
		1	47,76	-45,61	18,89	
		2	43,86	-56,82	19,81	
		3	46,85	-55,78	23,34	
		1	53,40	-11,90	36,45	
		2	55,35	-13,60	36,55	
72	0	3	49,60	-13,25	33,55	
		1	62,25	-0,80	55,50	
		2	64,20	0,10	54,05	
		3	64,45	2,60	52,20	
		1	63,35	-1,30	56,35	
		2	66,80	-2,20	52,85	
	10	3	67,60	0,10	52,85	
		1	66,70	-1,50	53,65	
		2	67,50	-1,40	55,70	
		3	64,30	1,40	54,00	
		1	68,90	1,10	55,80	
		2	67,90	-0,15	56,65	
1000	3	68,50	2,10	53,05		

Quadro 2 - Diferença de cor da casca (ΔE) de banana 'Prata' em relação ao tempo de exposição ao etileno (TE) à 18°C sob diversas concentrações (T).

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	R	ΔL	Δa	Δb	ΔE	
0	0	1	0	0	0	0	
24	0	1	-2,90	-4,18	-3,89	6,40	
		2	-4,19	-2,28	-5,89	7,57	
		3	-8,27	-2,84	-7,62	11,60	
	10	1	1,63	-5,51	-1,97	6,07	
		2	-8,36	-4,25	-4,30	10,32	
		3	-1,79	-5,77	-1,06	6,13	
	50	1	-8,41	-6,35	-3,14	10,99	
		2	-2,30	-5,64	-2,44	6,56	
		3	2,20	-3,31	-0,59	4,02	
	100	1	5,18	-1,45	-1,06	5,48	
		2	-8,33	-3,61	-3,63	9,78	
		3	-1,87	-8,32	0,61	8,55	
	1000	1	0,45	-1,72	-1,42	2,27	
		2	-0,49	-7,16	1,08	7,26	
		3	0,77	-4,63	0,27	4,70	
	48	0	1	1,21	13,92	2,07	14,12
			2	-0,72	12,15	1,38	12,25
			3	-2,86	9,13	-0,71	9,59
10		1	2,71	7,63	-0,19	8,10	
		2	-7,65	14,95	-5,75	16,96	
		3	-3,31	5,16	-0,41	6,14	
50		1	-3,98	3,19	0,09	5,09	
		2	-2,66	7,21	-4,40	8,85	
		3	1,52	9,23	-0,98	9,40	
100		1	1,72	10,18	-1,38	10,42	
		2	-6,47	-3,81	0,83	7,55	
		3	0,14	4,85	-2,94	5,67	
1000		1	3,58	2,76	-0,81	4,59	
		2	-0,32	-8,45	0,11	8,46	
		3	2,67	-7,41	3,64	8,68	
72		0	1	9,22	36,47	16,75	41,18
			2	9,17	34,77	16,85	39,71
			3	5,42	35,12	13,85	38,14
	10	1	18,07	47,57	35,80	62,22	
		2	20,02	48,27	34,35	62,53	
		3	20,27	50,97	32,50	63,76	
	50	1	19,17	47,07	36,65	62,66	
		2	22,62	46,17	33,15	61,17	
		3	23,42	48,47	33,15	63,22	
	100	1	22,52	46,87	33,95	62,10	
		2	23,32	46,97	36,00	63,61	
		3	20,12	49,77	34,30	63,70	
	1000	1	24,72	49,47	36,10	66,04	
		2	23,72	48,22	36,95	65,21	
		3	24,32	50,47	33,35	65,20	

Quadro 3 - Diferença de cor da casca (ΔE) de banana 'Prata' em relação às concentrações de etileno (T) à 18°C sob diversos tempos de exposição ao tratamento (TE).

TE (h)	T ($\mu\text{L.L}^{-1}$)	R	ΔL	Δa	Δb	ΔE
24	0	1	0	0	0	0
		2	0	0	0	0
		3	0	0	0	0
	10	1	6,74	-2,41	3,83	8,12
		2	-3,25	-1,15	1,50	3,76
		3	3,32	-2,67	4,74	6,37
	50	1	-3,30	-3,25	2,66	5,34
		2	2,81	-2,54	3,36	5,06
		3	7,31	-0,21	5,21	8,98
	100	1	10,29	1,65	4,74	11,45
		2	-3,22	-0,51	2,17	3,92
		3	3,24	-5,22	6,41	8,88
	1000	1	5,56	1,38	4,38	7,21
		2	4,62	-4,06	6,88	9,23
		3	5,88	-1,53	6,07	8,59
48	0	1	0	0	0	0
		2	0	0	0	0
		3	0	0	0	0
	10	1	3,50	-4,10	-1,10	5,50
		2	-6,86	3,22	-6,66	10,09
		3	-2,52	-6,57	-1,32	7,16
	50	1	-3,19	-8,54	-0,82	9,15
		2	-1,87	-4,52	-5,31	7,22
		3	2,31	-2,50	-1,89	3,89
	100	1	2,51	-1,55	-2,29	3,73
		2	-5,68	-15,54	-0,08	16,54
		3	0,93	-6,88	-3,85	7,94
	1000	1	4,37	-8,97	-1,72	10,12
		2	0,47	-20,18	-0,80	20,20
		3	3,46	-19,14	2,73	19,64
72	0	1	0	0	0	0
		2	0	0	0	0
		3	0	0	0	0
	10	1	9,47	12,12	19,98	25,21
		2	11,42	13,02	18,53	25,36
		3	11,67	15,52	16,68	25,60
	50	1	10,57	11,62	20,83	26,09
		2	14,02	10,72	17,33	24,73
		3	14,82	13,02	17,33	26,26
	100	1	13,92	11,42	18,13	25,55
		2	14,72	11,52	20,18	27,51
		3	11,52	14,32	18,48	26,06
	1000	1	16,12	14,02	20,28	29,46
		2	15,12	12,77	21,13	28,95
		3	15,72	15,02	17,53	27,93

Quadro 4 – Relação entre o percentual de perda de massa de banana ‘Prata’ após e antes o tratamento em função dos diferentes níveis de etileno (T) para os respectivos tempos de exposição (TE).

T (mL.L ⁻¹)	TE (h)					
	12	24	36	48	60	72
0	1,60	1,30	1,95	1,40	1,33	1,52
10	1,94	1,30	1,90	1,48	1,47	1,39
50	0,90	1,35	1,98	1,32	1,34	1,44
100	1,98	1,30	1,90	1,40	1,43	1,37
1000	1,66	1,38	1,91	1,51	1,37	1,37

Quadro 5 – Média da taxa respiratória (mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹) nos baldes durante o tratamento de banana ‘Prata’ em função da concentração de etileno (T) para as respectivas amostragens no período de 24 a 36 horas de tratamento.

T (μL.L ⁻¹)	Amostragem (horas de exposição ao tratamento)		
	27	30,5	34
0	6,43	20,54	17,51
10	14,75	52,63	45,76
50	16,58	50,82	43,82
100	17,24	53,36	44,26
1000	13,39	53,09	42,57

Cada valor é a média de 3 repetições com o total de 6 leituras.

Quadro 6 - Média da taxa respiratória (mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹) nos baldes durante o tratamento de banana ‘Prata’ em função da concentração de etileno (T) para as respectivas amostragens no período de 48 a 60 horas de tratamento.

T (μL.L ⁻¹)	Amostragem (horas de exposição ao tratamento)		
	51	54,5	58
0	16,28	15,88	14,51
10	80,31	76,21	64,98
50	85,37	76,23	64,66
100	70,31	70,28	61,65
1000	68,23	68,95	59,69

Cada valor é a média de 3 repetições com o total de 6 leituras.

Quadro 7 – Resumo das análises de variância de CO₂ no período de 24 a 36 horas de tratamento (CO₁), CO₂ de 48 a 60 horas de tratamento (CO₂), clorofila total da casca (CLT), clorofila a (CLA), clorofila b (CLB), carotenóides (CAR), coordenadas colorimétricas L, a e b relacionadas com a casca de banana ‘Prata’ tratada com etileno exógeno.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADO MÉDIO								
		CO1	CO2	CLT	CLA	CLB	CAR	L	a	b
Tratamentos	14	933,41**	1696,13**	17192,07**	8579,48**	1534,80**	126,05*	351,99**	1558,18**	818,23**
Resíduo	30	1,22	17,65	603,93	337,48	47,90	56,99	12,58	10,75	3,68
CV - %		3,36	7,05	16,58	17,16	16,80	16,89	7,17	9,96	6,62

** e * - F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 8 - Resumo das análises de variância da perda de massa durante (PMD) e após (PMA) o tratamento de banana ‘Prata’ com etileno exógeno.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO	
		PMD	PMA
Tratamentos	29	0,499**	0,707**
Resíduo	60	0,178	0,246
CV - %		34,39	27,59

** - F significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 9 – Resumo das análises de variância da diferença de cor da casca de banana 'Prata' tratada com etileno exógeno, em relação ao tempo de exposição.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Tratamentos	11	256,80**
Resíduo	24	9,57
CV - %		21,15

** - F significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 10 – Resumo das análises de variância de carboidratos solúveis totais (CHST), amido (AM), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) da polpa de banana 'Prata' tratada com etileno exógeno.

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		CHST	AM	AR	ANR
Tratamentos	14	55,57**	31,49**	38,42**	1,85**
Resíduo	30	0,72	1,89	0,49	0,42
CV - %		15,62	9,48	15,53	68,70

** - F significativo a 1% de probabilidade.