

CARLOS REYS VUKOMANOVIC

EFEITO DA MATURAÇÃO E DA BAIXA TEMPERATURA
NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NO ESCURECIMENTO
INTERNO DO ABACAXI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das exi-
gências do curso de Pós-Graduação em
Ciência dos Alimentos, para obtenção do
grau de "Mestre".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1988

EFEITO DA MATURAÇÃO E DA BAIXA TEMPERATURA NA COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA E NO
ESCURECIMENTO INTERNO DO ABACAXI

APROVADA:

Vânia Déa de Carvalho

Dra. Vânia Déa de Carvalho

Adimilson

Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra

José Eduardo Brasil Pereira Pinto

Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira Pinto

à memória de minha avó,

dedico

Meu espírito, toma cuidado. Nada de meios de
salvação violentos. Exercita-te! - Ah! a ciência não
progride bastante para nós.

J.A. Rimbaud

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, pela possibilidade de realização deste trabalho dentro de sua programação de pesquisa - PEP - Abacaxi.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPE, pelo apoio na publicação deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos professores do Departamento de Ciência dos Alimentos Fábio de Borja Portela, José Cal Vidal e Evódio Ribeiro Vilela e em especial à Profa. Maria Isabel Fernandes Chitarra.

Ao Prof. José Eduardo B. Pereira Pinto e em especial ao Prof. Adimilson Bosco Chitarra pelo apoio e orientação.

À Profa. Antonia dos Reis Figueira pelo equipamento fornecido e ao Prof. Costódio B. dos Santos pelo equipamento e pela orientação durante a condução dos experimentos.

Às secretárias Maristela Carvalho da S. Alves e Gicelda Aparecida de Souza pelos inúmeros préstimos no decorrer do curso.

Aos laboratoristas Constantina Braga Torres, Eliane Botelho, Ismael Alves, Meire Lourdes Silva, Samuel Rosa de Brito, Sandra Mara Lacerda, Wilma Teixeira A. Valarelli e Mércia Guimarães pela amizade e colaboração nas análises.

À José Francisco Faria pela orientação e realização das análises estatísticas.

Aos colegas Jefferson Carlos Dias, Laerte Costa, Maria do Socorro A. Kato, José Maria Correa da Costa e Angela Diniz Campos, pelo apoio e convívio.

Ao Téc. Agr. Aloísio Maia e ao Eng^o Agr^o José Roberto da Silva pelo auxílio e orientação técnica na coleta dos frutos.

À minha família, ao meu Pai e minha Mãe, pelo estímulo e incentivo.

Ao Sr. Plínio Ghirello e Família, pelo apoio durante a realização deste trabalho.

Em especial à Pesquisadora Dra. Vânia Déa de Carvalho pela orientação, ensinamentos e amizade.

BIOGRAFIA DO AUTOR

CARLOS REYS VUKOMANOVIC, filho de Dragisa Vukomanovic e Maria José Reys Vukomanovic, nasceu em São Paulo, Estado de São Paulo, no dia 20 de novembro de 1963.

Seus estudos básicos foram iniciados em São Paulo no Colégio "Regina Mundi" e completados em 1980, no colégio Objetivo em Campinas.

Em 1985, diplomou-se em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Iniciou, em março de 1985, o curso de mestrado em Ciência dos Alimentos no Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, concluindo-o em 1988.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
AVALIAÇÃO DO ESCURECIMENTO INTERNO	14
ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS	15
3.1. Acidez titulável	15
3.2. pH	15
3.3. Sólidos solúveis totais	16
3.4. Açúcares totais, redutores e não redutores após a inversão ..	16
3.5. Pectinas totais, solúveis e protopectina	16
3.6. Cálcio	16
3.7. Ácido ascórbico, dehidroascórbico e vitamina C	17
3.8. Compostos fenólicos	17
3.9. Atividade fenilalanina amônio liásica	17
3.10. Atividade polifenol oxidásica	17
3.11. Proteína	18
ANÁLISES ESTATÍSTICAS	18

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Índice de escurecimento interno	19
4.2. % de acidez titulável	21
4.3. pH	23
4.4. Sólidos solúveis totais	23
4.5. Açúcares totais, não redutores e redutores	24
4.6. Pectina total, protopectina, pectina solúvel e % de pectina solúvel	27
4.7. Cálcio	30
4.8. Ácido ascórbico, % de ácido ascórbico, dehidroascórbico e vi- tamina C	30
4.9. Compostos fenólicos	33
4.10. Atividade fenilalanina amônio liásica	37
4.11. Atividade polifenol oxidásica	38
4.12. Considerações gerais	39
5. CONCLUSÃO	43
6. RESUMO	44
7. SUMMARY	46
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE	57

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Classificação dos frutos de abacaxi quanto a porcentagem de área afetada pelo EI	15
2	Valores médios dos principais parâmetros de maturação obtidos logo após a colheita para os 3 estádios de maturação ..	20
3	Valores médios dos parâmetros físicos e químicos obtidos dos frutos em 3 graus de maturação logo após a colheita ...	58
4	Valores médios dos parâmetros físicos e químicos de abacaxis em 3 estádios de maturação, armazenados à 12 ^o C seguido de 1 semana a temperatura ambiente	59
5	Níveis de significância da análise de variância referente aos parâmetros físicos e químicos de abacaxis em 3 estádios de maturação, armazenados à 12 ^o C seguido de 1 semana a temperatura ambiente	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Teores médios do índice de EI, da acidez titulável, pH e dos SST, obtidos dos frutos em 3 graus de maturação	22
2	Teores médios dos açúcares totais, não redutores e redutores obtidos dos frutos em 3 graus de maturação	26
3	Teores médios da pectina total, da protopectina, da pectina solúvel e sua % em relação a total, e do cálcio, obtidos dos frutos em 3 graus de maturação	28
4	Teores médios do ácido ascórbico, e sua % em relação a vitamina C, do ác. dehidroascórbico, e da vitamina C, obtidos dos frutos em 3 graus de maturação	32
5	Teores médios dos c. fenólicos EM, EM-A, EA e totais, obtidos dos frutos em 3 graus de maturação	36
6	Teores médios das atividades FAlíasicas proteolíticas e específicas e das PFoxidásicas proteolíticas e específicas, obtidos dos frutos em 3 graus de maturação	
7	Curvas de regressão entre o índice de EI e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	

FIGURA

Página

8	Curvas de regressão entre a % de acidez titulável e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação, expressas em % de ác. cítrico	63
9	Curvas de regressão entre o pH e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	64
10	Curvas de regressão entre o pH e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	64
11	Curvas de regressão entre os SST e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	65
12	Curvas de regressão entre os sólidos totais e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	65
13	Curvas de regressão entre os açúcares totais e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	66
14	Curvas de regressão entre os açúcares não redutores e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação .	66
15	Curvas de regressão entre os açúcares redutores e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	67
16	Curvas de regressão entre os açúcares totais e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	67
17	Curvas de regressão entre os açúcares não redutores e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	68
18	Curvas de regressão entre os açúcares redutores e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	68
19	Curvas de regressão entre a pectina total e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	69

FIGURA		Página
20	Curvas de regressão entre a protopectina e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	69
21	Curvas de regressão entre o ácido ascórbico e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	70
22	Curvas de regressão entre a % de ácido ascórbico e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	70
23	Curvas de regressão entre o ácido dehidroascórbico e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação .	71
24	Curvas de regressão entre a vitamina C e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	71
25	Curvas de regressão entre o ácido dehidroascórbico e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	72
26	Curvas de regressão entre a vitamina C e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	72
27	Curvas de regressão entre os c. fenólicos EM e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	73
28	Curvas de regressão entre os c. fenólicos EM-A e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	73
29	Curvas de regressão entre os c. fenólicos EA e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	74
30	Curvas de regressão entre os c. fenólicos totais e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	74
31	Curvas de regressão entre os c. fenólicos EM e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	75
32	Curvas de regressão entre os c. fenólicos EM-A e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	75

FIGURA

Página

33	Curvas de regressão entre os c. fenólicos EA e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	76
34	Curvas de regressão entre os c. fenólicos totais e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	76
35	Curvas de regressão entre a atividade FAL e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	77
36	Curvas de regressão entre a atividade FAL específica e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	77
37	Curvas de regressão entre a atividade FAL e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	78
38	Curvas de regressão entre a atividade FAL específica e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	78
39	Curvas de regressão entre a atividade PFO e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	79
40	Curvas de regressão entre a atividade PFO específica e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação	79
41	Curvas de regressão entre a atividade PFO e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	80
42	Curvas de regressão entre a atividade PFO específica e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação	80

LISTA DE ABREVIATURAS

- EI - escurecimento interno
UR - umidade relativa
PVP - polivinil pirrolidona
DO - densidade ótica
SST - sólidos solúveis totais
PE - pectinesterase
PG - poligalacturonase
EM - extraíveis em metanol
EM-A - extraíveis em metanol e água
EA - extraíveis em água
FAL - fenilalanina amônio liase
PFO - polifenol oxidase

1. INTRODUÇÃO

Atualmente Minas Gerais possui uma posição de destaque na produção de abacaxi, a qual aumentou do ano de 1980-1984, 78%. O abacaxi destina-se às indústrias paulistas de conservas e sucos, ao consumo "in natura", atendendo, preferencialmente, aos mercados centro-sul do país e ainda as exportações para a Argentina, ESTANISLAU (16). Com o aumento das exportações para a Europa e Estados Unidos, juntamente com a utilização de containers refrigerados, o EI passará a desempenhar um papel importante, limitando o armazenamento e a exportação de abacaxi "in natura", como acontece aos países grandes exportadores do produto (1, 2, 41, 48, 55, 59, 70).

O EI, também conhecido como 'endogenous brown spot' e 'brunissement interne', é o distúrbio fisiológico mais importante no abacaxi, causado pela exposição dos frutos às baixas temperaturas, por um período superior à 3 dias, SMITH (55).

Os sintomas do distúrbio começam com o desenvolvimento de manchas escuras na base das infrutescências, próximo ao cilindro central. Quando a severidade do distúrbio aumenta, as manchas coalescem, e o tecido finalmente transforma-se em uma massa escura, ROHRBACH & PAULL (48).

O escurecimento enzimático nos frutos é causado pela oxidação catalítica de o-difenóis, seguido de condensação ou polimerização, RENSBURG & ENGELBRECHT (45). Os substratos iniciais são a tirosina e a fenilalanina. A

mentos foram verificados na atividade da FAL em tomates, sendo também sugerida a atividade tirosina amônio liásica em abacaxis, duas enzimas que controlam uma etapa importante na síntese dos substratos (39, 41, 46). TEISSON (59) e VAN LELYVELD & DE BRUYN (67), encontraram um aumento na atividade da PFO responsável por esta oxidação, juntamente com o acúmulo de compostos fenólicos nos frutos injuriados pelas baixas temperaturas.

O ácido ascórbico reduz as quinonas produzidas pela oxidação enzimática, convertendo-se em ácido dehidroascórbico, atuando também como inibidor da atividade polifenol oxidásica. Enquanto são mantidos os níveis da forma não oxidada no tecido, o escurecimento é prevenido (21, 35, 41, 59, 67). Os níveis de ácido ascórbico geralmente diminuem com a maturação (34, 38, 52), porém MILLER (33), encontrou teores mais elevados nos frutos colhidos no estágio ideal de maturação, quando comparados aos frutos verde maduros.

Vários autores consideram o EI um fenômeno de "chilling", uma disfunção fisiológica marcante que ocorre quando os frutos são mantidos abaixo de uma determinada temperatura crítica ($10-12^{\circ}\text{C}$), acima do ponto de congelamento (2, 30, 35, 41, 70). Esta disfunção conduz a um desequilíbrio na distribuição dos compostos químicos, juntamente com um prejuízo da atividade enzimática PANTASTICO (39).

Condições climáticas, estádios de maturação e diferenças varietais exercem influência acentuada na composição química do abacaxi, com conseqüente influência no grau de EI dos frutos (15, 18, 23, 33, 34, 35, 38, 41, 59).

O fator que se encontra mais relacionado a resistência do fruto ao EI é o teor de ácido ascórbico da polpa: a abordagem genética será, evidentemente, a solução mais radical do problema, através da seleção dos clones menos sensíveis ao EI e da hibridação da variedade 'Smooth Cayenne', que apresenta muitas vantagens, encontrando-se consolidada no comércio mundial, com variedades mais ricas em ácido ascórbico, TEISSON et alii (61). Com o progresso da engenharia genética, estes problemas serão facilmente resolvidos, e

apenas os responsáveis pelos fatores limitantes serão transmitidos, preservando-se todas as características desejáveis da variedade.

Esta solução, porém, realizar-se-á em um tempo demasiadamente longo, e considerando-se que a produção de abacaxi em Minas Gerais tem aumentado acentuadamente, e que este aumento corresponderá a futura exportação dos frutos sobre condição de refrigeração para os mercados da Europa e Estados Unidos, com conseqüentes problemas de EI, torna-se necessária a realização de trabalhos urgentes relacionando o grau de maturação, o tempo de exposição à baixa temperatura, e as mudanças na composição química e físico química de frutos da variedade 'Smooth Cayenne', com o grau de EI dos frutos.

O presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito de diferentes estádios de maturação dos frutos e do tempo de exposição dos mesmos à baixa temperatura, na composição bioquímica e no grau de escurecimento interno da polpa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O escurecimento interno é um distúrbio fisiológico severo em abacaxis que pode se desenvolver logo após a colheita do fruto ou em estádios posteriores durante a comercialização, SMITH (55).

O sintoma característico do EI é o desenvolvimento de manchas escuras na base das infrutescências, próximo ao cilindro central. Nos primeiros estádios de desenvolvimento as manchas apresentam um aspecto encharcado ("watery") e à medida que a severidade do distúrbio aumenta, vão aumentando em tamanho e escurecendo. Nos casos mais severos as manchas escuras coalescem e as áreas afetadas transformam-se em uma massa de tecido escuro, AKAMINE et alii (2). O desenvolvimento dos sintomas de EI pode ser dividido em duas fases. A primeira fase ocorre durante o armazenamento em temperaturas de "chilling" e não possui sintomas evidentes. A segunda fase desenvolve-se a partir da remoção dos frutos das baixas temperaturas para temperaturas na faixa de 18° à 30°C , quando desenvolvem-se os sintomas de EI. O desenvolvimento dos sintomas é mais severo, com maior quantidade de frutos afetados à 12°C que em temperaturas inferiores, quando o período de exposição for inferior à duas semanas. Períodos de exposição prolongados em temperaturas inferiores à $10^{\circ}-12^{\circ}\text{C}$ conduzem a uma redução no desenvolvimento dos sintomas juntamente com uma quantidade menor de frutos afetada, atribuída a alterações no mecanismo metabólico que conduz ao escurecimento, PAULL & ROHRBACH (41), WILLS et alii (70). Em contraste, o armazenamento em temperaturas de $10^{\circ}-12^{\circ}\text{C}$ conduz a um aumento na incidência

de EI sem nenhuma redução nos sintomas com o período de armazenamento prolongado.

Os frutos tropicais e subtropicais exibem uma disfunção fisiológica marcante quando expostos à baixas temperaturas, acima do ponto de congelamento a qual é conhecida como "chilling", LYONS (30). A temperatura crítica para o abacaxi situa-se abaixo de 12°C , PAULL & ROHRBACH (41), porém, recentemente SMITH (55), sugeriu que a temperatura crítica situa-se abaixo de 21°C .

Vários autores consideram o EI um fenômeno de "chilling" (2, 15, 35, 48, 59) e SMITH (55), sumariza as evidências do EI desenvolvendo - se conforme um modelo de "chilling" em: o escurecimento desenvolve-se apenas quando os frutos são mantidos por um certo período de tempo abaixo de uma determinada temperatura crítica; o distúrbio aumenta em severidade e incidência com prolongamento da exposição em temperaturas abaixo da crítica; a suscetibilidade do fruto aumenta substancialmente próximo ao início do amadurecimento; os frutos mantidos em temperaturas intermediárias de 15° e 18°C tendem a um aumento na suscetibilidade quando comparados aos frutos mantidos em temperaturas mais altas.

Alguns autores relacionam o distúrbio causado pelas baixas temperaturas no abacaxi, com um decréscimo na acidez dos frutos afetados (40, 59, 63). VAN LELYVELD & DE BRUYN (68), encontram decréscimos significativos nos ácidos cítrico e málico nos frutos afetados pelo EI, respectivamente de 10.0 e 1.1 m.eq.100 ml suco, quando comparados a 21.0 e 2.8 m.eq.100 ml suco para o ácido cítrico e málico nos frutos sadios. MILLER & HEILMAN (35), entretanto, não encontraram diferenças significativas na acidez total dos frutos sadios e afetados pelo EI.

A acidez total no abacaxi varia com a estação da colheita e os frutos colhidos no inverno possuem maior acidez em relação aos colhidos no verão. Os ácidos principais presentes são o cítrico e o málico (15). Segundo GORTNER (22), o conteúdo de ácido málico é sensível as mudanças de irradiação

solar ou condições que favoreçam a evaporação de água. Já o ácido cítrico não se altera sobre estes fatores mas varia principalmente com o estágio de desenvolvimento do fruto. CHAN et alii (11), verificaram que o ácido cítrico predomina no verão e no inverno, correspondendo a 87% do total de ácidos, seguido pelo málico (13%), e o succínico (0.52%), juntamente com traços dos ácidos malônico, glicólico, tartárico e galacturônico. DULL (15), comparou o resultado das análises do conteúdo de ácidos no abacaxi durante vários anos e sumariza os resultados obtidos em: ácido cítrico (0.32-1.22%), ácido málico (0.1-0.47%), ácido ascórbico (0.010-0.025%), e ácido oxálico (0.005%), todas as porcentagens em peso fresco. Conforme SGARBIERI (52), o teor de ácido cítrico geralmente perfaz de 20 a 70% da acidez total, enquanto o málico permanece constante com 20%.

O pH de frutos varia de 2-4 o que é frequentemente incompatível com a atividade polifenol oxidásica, cujo ótimo situa-se em torno de 5. Entretanto, os valores do pH do suco refletem sobretudo o pH do vacúolo e não o local de envolvimento do sítio ativo da proteína, TEISSON (59). Em abacaxi, os valores de pH oscilam no intervalo de 3.6-4.0, CHADRA et alii (10), HARDENBURG & HANDERSON (25). SINGLETON & GORTNER (54), encontraram um comportamento quase linear para o pH da polpa nos primeiros estádios de desenvolvimento, de 5.5 até 3.3 com uma semana ou duas antes do amadurecimento, quando cessa o declínio e começam os acréscimos. MILLER (33), armazenando abacaxis à 5°C por 28 horas encontrou uma diminuição no pH quando comparados aos frutos mantidos em temperatura ambiente. Este efeito pode ser explicado por uma etapa específica no distúrbio de EI, ou por um atraso no amadurecimento. O tratamento dos frutos de abacaxi com emulsões de ceras produz uma atmosfera modificada que mantém o pH do fruto normal, diminuindo a taxa de acidez ativa nos períodos de armazenamento prolongados (4 semanas). Inicialmente há um aumento no pH do suco, seguido de um decréscimo nos frutos com ou sem tratamento. De acordo com TEISSON et alii (63), as variações de pH traduzem fielmente as variações da acidez titulável, e os frutos armazenados à 8°C apresentaram uma pequena diminuição no pH nos frutos sensíveis ao EI.

A suscetibilidade dos frutos de abacaxi ao EI têm sido associada à uma baixa quantidade de açúcares totais e individuais, PAULL & ROHRBACH (41). A redução nos sintomas de EI pode ser relacionada também a um ligeiro aumento no conteúdo de sólidos solúveis totais (SST) (34, 35, 40, 68). Foram encontrados no abacaxi, sacarose, glicose e frutose, FLATH (17), PAIVA (38). Nos primeiros estádios de desenvolvimento do fruto os açúcares redutores compreendem a maior porção do conteúdo total de açúcares até aproximadamente 70 dias antes da colheita quando o nível de sacarose começa a elevar-se rapidamente, juntamente com um pequeno decréscimo nos açúcares redutores, permanecendo em torno de 3 a 4%. Aos 35 a 40 dias antes do amadurecimento a quantidade de açúcares redutores começa a subir com uma taxa paralela ao aumento de sacarose. No começo da última semana de amadurecimento o nível de açúcares redutores correspondeu à 1/3 da quantidade total de açúcares, FLATH (17). O amadurecimento no abacaxi também é acompanhado por um aumento no conteúdo de (SST), MILLER (33). PAIVA (38), encontrou uma tendência contínua para o aumento no teor de SST no decorrer da maturação para as variedades 'Pérola' e 'Smooth Cayenne'. Nesse trabalho as variedades apresentaram uma relação de duas partes de sacarose para uma de açúcares redutores. HUET (26), encontrou 66% do açúcar total na forma de sacarose e 34% na forma dos açúcares redutores glicose e frutose. Segundo SINGLETON & GORTNER (54), nos primeiros estádios de desenvolvimento do fruto de abacaxi o conteúdo de sacarose foi inferior à 1% e assim mais de 80% dos açúcares presentes encontravam-se como açúcares redutores. DULL (15), comparou o resultado das análises do conteúdo de açúcares no abacaxi durante vários anos e sumariza os resultados obtidos em: Brix (10.8-17.5%), glicose (1.0-3.2%) frutose (0.6-2.3%) e sacarose (5.9-12.0%), parte da variação sendo provavelmente devido às variações da colheita verão-inverno. Em contraste, LODH et alii (28), em trabalho realizado na Índia com a variedade Kew, encontraram um rápido aumento no conteúdo de açúcares redutores durante o período de aproximadamente 90 até 165 dias após o florescimento, quando o fruto foi considerado maduro. Neste ponto os valores foram de 8.76% de açúcares totais, 1.53% de açúcares não redutores e 7.15% de açúcares redutores. Os valores publicados para os açú

cares totais, açúcares redutores totais e sacarose variam e isto não é surpreendente quando são observados alguns fatores como a variedade, a subvariedade e as condições de crescimento. No verão os abacaxis apresentam valores ligeiramente superiores no conteúdo de SST, FLATH (17), SINGLETON & GORTNER (54). Segundo BOLAND et alii (7), quando o abacaxi é colhido verde os teores de SST e sacarose mostram-se significativamente baixos. CANCEL (9), armazenou frutos de abacaxi à 4.4^o, 7.2^o e 10^oC por 7 dias e após 14 dias à 15.6^oC os frutos verdes apresentaram um menor conteúdo de açúcares totais (7.8%) e SST (8.5^o brix) quando comparados com 12.27% de açúcares totais e 13.7^o brix para os frutos armazenados 1/4 maduros. VAN LELYVELD & DE BRUYN (68), estudando abacaxis sadios e afetados pelo EI encontraram uma menor quantidade significativa nos açúcares totais e individuais nos frutos afetados pelo EI.

Segundo SGARBIERI (52), a consistência da polpa de abacaxi depende do conteúdo de certos constituintes hidrocarbonatados de elevado peso molecular tais como: celulose, hemicelulose, pectinas e protopectina. As pectinas encontram-se principalmente depositadas na parede celular, atuando como material cimentante. Elas são derivadas dos ácidos poligalacturônicos e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pectínicos e pectina. As pectinas encontram-se nos frutos em formas diversas, caracterizadas por diferentes solubilidades, dependendo do estágio de maturação, cada uma se apresentando com possíveis funções na constituição da textura. A pectina solúvel é normalmente extraída com água (a quente ou a frio), e a protopectina, com oxalato de amônio, EDTA e também por meio de soluções com despolimerases. As pectinas apresentam uma menor solubilidade graças a associação entre cadeias simples, o que produz um maior peso molecular. As pectinas localizadas no exterior das paredes celulares, na região das lamelas médias dos tecidos vegetais estão ligadas a celulose, constituindo a protopectina, o que explica a sua pequena solubilidade, CHITARRA (13). Segundo PILNIK & VORAGEN (42), o termo protopectina é aplicado a substância pectínica insolúvel em água que ocorre em vegetais e sobre hidrólise restrita produz ácidos pectínicos. Para BRAVERMAN (8), as pectinas localizadas no exterior das paredes celulares, na região das lamíolas centrais dos tecidos ve-

getais, estariam ligadas as celuloses, constituindo a protopectina, o que explicaria a sua pequena solubilidade. Segundo PAIVA (38), na grande maioria dos frutos, o teor de protopectina tende a diminuir com o amadurecimento e a pectina solúvel, a aumentar, o mesmo ocorrendo para as variedades 'Pérola' e 'Smooth Cayenne' estudadas.

Dentre as enzimas responsáveis pela degradação da fração pectica em frutos, a PE e a PG são as principais. Alguns autores sugerem que "in vivo" a PE inicialmente hidroliza o grupo metil da cadeia pectica, seguida pela atividade PG que então cliva a cadeia glicosídica entre as unidades desesterificadas dos ácidos galacturônicos (71). As pectinas podem estar relacionadas a injúria de "chilling" via ativação de certas enzimas responsáveis pela degradação da fração pectica, como a pectina metil esterase, LYONS (30).

Segundo POOVAIAH (42), o cálcio desempenha um papel importante na manutenção da qualidade de frutas e hortaliças. Por exemplo, em maçãs o tratamento com cálcio ajuda na manutenção da firmeza do fruto, no aumento do conteúdo de vitamina C, na redução do CO_2 e na evolução de etileno. Em tomates um aumento de 4 vezes no conteúdo de cálcio dos frutos em qualquer estágio de desenvolvimento inibe o amadurecimento posterior, via inibição da PE e da PG, pois a degradação das substâncias pecticas constitui uma etapa chave na iniciação de muitas mudanças que ocorrem durante o processo de amadurecimento. O cálcio também desempenha um papel importante, regulando o metabolismo do fruto e reduzindo distúrbios como: "water core", "bitter pit" e "internal breakdown" em maçãs, através da estabilização das membranas (14, 27, 49, 65, 71).

De acordo com BANGERTH (5), muitas desordens fisiológicas que afetam os órgãos de armazenamento como os frutos, estão relacionados ao conteúdo de cálcio nos respectivos tecidos, e SHEAR (53), lista mais de 30 distúrbios relacionados a deficiência de cálcio, sendo que esta lista provavelmente será estendida com o progresso das pesquisas neste campo. Em abacates CHAPLIN & SCOTT (12), verificaram que o cálcio desempenha um papel importante na suscetibilidade à injúria de "chilling", e TEISSON et alii (61), verificaram

um pequeno efeito favorável da aplicação de cálcio no EI, sendo que os teores aplicados por via foliar proporcionaram uma pequena elevação nos teores do elemento no fruto. Já na aplicação direta no solo o cálcio pode agir indiretamente, suprimindo a absorção de oligo elementos, como o cobre, parte integrante da PFO, diminuindo sua atividade. Vários autores (25, 32, 49, 50, 51, 69), porém, trabalharam com sucesso, através da suplementação pós-colheita do cálcio em infiltração, elevando os teores do elemento no fruto e controlando distúrbios como o "bitter pit", "internal breakdown" e "cork spot". Segundo PAIVA (38), na variedade 'Pérola' o cálcio apresentou uma tendência para diminuir no decorrer da maturação, e na variedade 'Smooth Cayenne' o comportamento mostrou-se irregular. O cálcio reage também com os grupamentos carboxílicos das pectinas com formação de pectato de cálcio insolúvel, localizado nos espaços intercelulares existindo também a possibilidade das pectinas solubilizarem-se pela separação deste mineral, PAIVA (38).

Os níveis de ácido ascórbico têm sido associados a intensidades dos sintomas de EI causados pelo "chilling" (33, 35, 36, 41, 62, 67). Os níveis de ácido ascórbico variam com fatores ambientais, fertilizantes e tratamentos com emulsões de ceras (36, 40, 60). De acordo com MILLER (33), os abacaxis coletados no estágio ideal de maturação contém mais ácido ascórbico que os coletados 'de vez'. SGARBIERI (52), entretanto, conclui que o teor de vitamina C diminui com o amadurecimento do fruto. O teor de ácido ascórbico é variável nas partes internas dos frutos, PAIVA (38). No abacaxi, o ácido ascórbico apresenta uma maior concentração na parte superficial, logo abaixo da casca, SGARBIERI (52), e MILLER & HALL (34) encontraram uma maior concentração de ácido ascórbico e acidez titulável na porção superior, descendo progressivamente até a base. Este gradiente pode, em parte, explicar a ocorrência dos sintomas de "chilling" inicialmente próximo ao cilindro central, embora este tecido devesse ser mais suscetível a injúria de "chilling" que o tecido vizinho. Em outros vegetais o teor desta vitamina hidrossolúvel aumenta com a maturação e sua síntese é estimulada pela exposição à luz solar. Em abacaxis observou-se também, uma diminuição de vitamina C no decorrer da maturação (38, 41, 52).

A forma biologicamente ativa principal da vitamina C é o ácido L-ascórbico mas o produto de sua oxidação, o ácido L-dehidroascórbico também é ativo. Como ocorre em maçãs e bananas, o ácido ascórbico pode diminuir a oxidação de compostos fenólicos e enquanto os níveis são mantidos no tecido, a injúria de "chilling" é reduzida, até a elevação dos níveis da PFO quando então o escurecimento ocorre. O ácido ascórbico atua reduzindo as quinonas produzidas pela oxidação de fenóis, PAULL & ROHRBACH (41), atuando também na inibição da atividade polifenol oxidásica, WILLS et alii (72).

Os compostos fenólicos e seus precursores têm sido associados aos distúrbios provocados pelas baixas temperaturas em várias espécies vegetais, como a tirosina em batatas e o ácido clorogênio em maçãs e pimentas. Em bananas, os compostos fenólicos de baixo peso molecular declinaram quando em baixas temperaturas, enquanto o conteúdo das formas polimerizadas aumentou. No abacaxi, o maior conteúdo de compostos fenólicos das formas solúveis presentes nos frutos verdes têm sido associado a maior suscetibilidade dos mesmos ao EI, quando comparados aos frutos mais maduros (33, 35, 39, 59). VAN LELYVELD & DEBRUYN (67), estudando abacaxis sadios e afetados pelo EI encontraram maiores quantidades nos frutos afetados, em ordem de significância quantitativa: ácido p-cumárico, ácido cafêico, e ácido ferrúlico, compostos derivados do ácido cinâmico e que constituem uma etapa chave na formação de outros compostos fenólicos mais complexos, VAN BUREN (66).

A enzima fenilalanina amônio liase FAL, cataliza a eliminação de amônia da fenilalanina produzindo ácido transcinâmico. Esta reação é a primeira etapa do metabolismo de fenilpropanóides em vegetais, o que resulta na diversificação da L-fenilalanina para o metabolismo secundário com a subsequente produção de ligninas, flavonóides e outros compostos fenólicos, TENA et alii (64). O conteúdo extraído da FAL aumenta quando várias espécies vegetais são injuriadas por temperaturas de "chilling" ($< 12^{\circ}\text{C}$) e os exemplos incluem o tomate, a maçã, a batata e a batata doce, sendo também sugerida para o abacaxi (24, 41, 46).

O escurecimento do tecido vegetal é o resultado da oxidação de substâncias o-dihidroxifenólicas, VAN LELYVELD & DEBRUYN (67). Embora teoricamente duas enzimas possam intervir nesse processo, a PFO e a peroxidase, TEISSON (59) e VAN LELYVELD & DE BRUYN (67), encontraram atividade peroxidásica no abacaxi sem, contudo, haver conexão com o EI.

A função mais importante da PFO é a sua capacidade de oxidar inicialmente monofenóis (atividade cresolásica), seguida por uma oxidação posterior para o-quinonas (atividade catecolásica). Ambas as reações utilizam oxigênio molecular. Este mecanismo de escurecimento pode então ser sumarizado pela oxidação de o-quinonas que são convertidas em pigmentos escuros. Estes pigmentos não contém nitrogênio e portanto são diferentes das melaninas, PAULL & ROHRBACH (41), VAN LELYVELD & DE BRUYN (67). Segundo TEISSON (59), a atividade da PFO "in vivo" não depende apenas da concentração ou quantidade da enzima, dos substratos, de ativadores ou inibidores naturais, mas também das características citológicas do meio.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de abacaxi analisados foram coletados no município de Monte Alegre, no estado de Minas Gerais. O município de Monte Alegre acha-se situado à 18° 52' de latitude sul, e 48° 52' de longitude WGr, a uma altitude de 730m. Apresenta uma precipitação média anual de 1300mm, uma temperatura mínima do ar média de 12,1°C, uma temperatura máxima do ar média de 23,3°C, e uma temperatura média do ar de 22,7°C. A região apresenta clima tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen. O solo onde foram coletados os frutos é do tipo latossolo vermelho alio profundo, com uma textura média. Os frutos foram colhidos maduros, com tamanho uniforme e peso médio de 1 kg, nos estádios de maturação descritos por GIACOMELLI (20):

1. região basal do fruto amarela, sem atingir porém, mais que duas fileiras de olhos;
2. cor amarela, envolvendo mais que duas fileiras de olhos sem ultrapassar a metade da superfície total da casca;
3. cor amarela, envolvendo mais da metade da superfície total da casca.

Após a colheita os pedúnculos cortados foram colocados em contato com uma solução de benlate à 50% (p:v), acondicionados e transportados em contentores plásticos até o laboratório do Departamento de Ciência dos Alimentos, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (DCA/ESAL), em Lavras-MG, onde foram reclassificados por estágio de maturação e analisados. Parte dos

frutos (tratamento 0 dias) foi armazenada à temperatura ambiente (21.5°C - 27.5°C e 73 à 81% UR), e neste departamento a seleção dos estádios foi completada pela determinação dos principais parâmetros de maturação do fruto, conforme a Tabela 2, pela qual verificamos a correspondência entre a separação dos estádios baseada na coloração externa da casca e o grau de maturação interna do fruto.

Os frutos do demais tratamentos foram imediatamente transportados e armazenados à 12°C com 95% de UR, nas câmaras climáticas da Sul Minas S/A em Jesuânia-MG, por 7, 14 e 21 dias, após o que foram retransportados ao Departamento de Ciência dos Alimentos, onde permaneceram à temperatura ambiente (21.5°C - 27.5°C e 73-81% UR) por 7 dias para o desenvolvimento dos sintomas de escurecimento interno. Após o período de armazenamento foram feitas as avaliações de EI e as análises físicas e químicas.

AVALIAÇÃO DO ESCURECIMENTO INTERNO

Os frutos foram descascados e cortados longitudinalmente, sendo avaliados com relação ao desenvolvimento dos sintomas de EI, pelo índice de EI, determinado de acordo com um método topográfico. Depois dos frutos descascados e cortados as manchas e o contorno do fruto foram copiadas em folhas de plástico transparente, com o auxílio de uma caneta apropriada. Estas folhas foram fotocopiadas e a % de área afetada de cada fruto determinada do seguinte modo: as manchas e a área total de cada fruto foram recortadas e pesadas em balança analítica, calculando a seguir a porcentagem de área afetada. Os frutos foram enquadrados em classes, conforme a tabela 1, sendo então determinadas as médias de cada parcela.

Depois da avaliação do índice de EI, foram selecionados frutos íntegros, em cuja polpa homogenizada foram determinadas as seguintes análises enzimáticas, em que a polpa foi previamente congelada.

TABELA 1 - Classificação dos frutos de abacaxi quanto a percentagem de área afetada pelo EI.

Classe	% da área afetada
0	0
1	0-1
2	0-10
3	10-20
4	20-30
5	30-40
6	40-50
7	50-60

ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

3.1. Acidez titulável

Foi obtida pela técnica preconizada pela AOAC (4), e expressa em porcentagem de ácido cítrico.

3.2. pH

Foi obtido por potenciometria em eletrodo de vidro, segundo técnica da AOAC (4).

3.3. Sólidos solúveis totais

Foram determinados pelo refratômetro de ABBE, segundo técnica da AOAC (4).

3.4. Açúcares totais, redutores e não redutores após a inversão

Foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (4), e a determinação foi feita segundo técnica de Somogyi, adaptada por NELSON (37). Os resultados foram expressos em porcentagem de glicose.

3.5. Pectinas totais, solúveis e protopectina

Foram extraídas de acordo com a técnica de McCREADY & McCOMB (31), e determinadas segundo técnica de BITTER & MUIR (6), a protopectina foi estimada pela diferença entre as pectinas total e solúvel, expressas em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

3.6. Cálcio

Foi determinado pelo método de espectrofotometria de absorção atômica, segundo a técnica recomendada por ALLAN (3).

3.7. Ácido ascórbico, dehidroascórbico e vitamina C

Foram determinados pelo método colorimétrico de Roe & Kue-ther, citados por STROHECKER & HENNING (56).

3.8. Compostos fenólicos

Foram extraídos pelo método de SWAIN & HILLIS (57), e doseados de acordo com o método de Folin-Denis, descrito pela AOAC (4).

3.9. Atividade fenilalanina amônio liásica

A extração foi feita triturando-se 10 g de polpa congelada em 60 ml de meio de extração - tampão fosfato + PVP + EDTA + sacarose à pH = 6.0, e o doseamento com fenilalanina à 50 μ M e tampão fosfato, foram baseados na técnica preconizada por RHODES & WOOLTORTON (47). A atividade enzimática foi expressa em U/h, definida como o conteúdo de enzima que produz um aumento na absorção à 290 nm de 0.01 por hora, ZUCKER (73).

3.10. Atividade polifenol oxidásica

A extração foi feita triturando-se 100 g de polpa congelada em 100 ml de tampão tris-glicina 0.25 M de pH = 8.4, e o doseamento com catecol à 0.1 M (leitura à 425 nm) foram feitos segundo a técnica preconizada por

TEISSON (59).

3.11. Proteína

A proteína foi determinada, após a precipitação em ácido perclórico, pelo método de LOWRY (29).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados 3 x 4 (estádios x período de armazenamento), com 4 repetições contendo 10 frutos cada. A diferença entre os tratamentos foi determinada por análise de variância utilizando-se o teste de Tukey à nível de 5%. Também foram feitas análises de correlação entre os parâmetros físicos e químicos X: períodos de exposição à baixas temperaturas e índice de EI.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Índice de escurecimento interno

Os resultados obtidos encontram-se nas Figuras e nas correlações no Apêndice. Segundo a Tabela 2, a seleção dos estádios baseada na coloração externa da casca correspondeu ao grau de maturação interna do fruto. Observa-se ter havido uma correlação significativa entre os índices de EI e o tempo de exposição à baixas temperaturas para todos os estádios de maturação, Figura 7 (Apêndice). Os estádios de maturação 1 e 3 apresentaram um desenvolvimento crescente com o decorrer do armazenamento, com os maiores índices de EI para o grau de maturação 1. O grau de maturação 2, contudo, a partir da 2ª semana apresentou uma redução nos sintomas com o prolongamento da refrigeração, apresentando na última semana um valor 6 vezes inferior ao grau de maturação 1 e 4 vezes inferior ao grau de maturação 3, Figura 1a e Tabela 4 do Apêndice.

Segundo FLORES DE MADRID (18), a aparição dos danos provocados pelo frio depende do grau de desenvolvimento do fruto de abacaxi a ser colhido e da temperatura de armazenamento, sendo que os frutos com um grau de desenvolvimento insuficiente (verdes), mostram-se mais suscetíveis aos danos causados pelo frio, o que é confirmado pelos maiores índices de EI observados para o grau de maturação 1, fruto verde. O grande desenvolvimento dos sintomas observados para o grau de maturação 3, maduro, também foi observado pelo trabalho de SMITH (55), em que o aumento no grau de maturação dos frutos acompanhou

TABELA 2 - Valores médios dos principais parâmetros de maturação obtidos logo após a colheita para os 3 estágios de maturação.

Grau de maturação	Parâmetros						
	SST (° Brix)	Açúcares totais (% glicose)	Açúcares não redutores (% glicose)	Açúcares redutores (% glicose)	% Ácido ascórbico (mg/100g)	Pectina total (mg/100g)	pH
1	14.58 b	11.08 b	5.90 a	4.86c	44.60 a	282.20 a	3.18 a
2	15.75 b	11.14 b	4.94 a	5.93 b	39.42 ab	234.37 a	3.10 ab
3	16.92 a	13.46 a	5.84 a	6.51 a	31.74 b	220.02 a	3.03 b

* Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

o aumento no número e na intensidade de manchas.

WILLS et alii (70), armazenando abacaxis à 10°C não encontraram redução na incidência com o prolongamento da armazenagem, e PAULL & ROHR - BACH (41), armazenando abacaxis em temperaturas de 12°C por 5 semanas encontraram um aumento na incidência e severidade dos sintomas até 2 semanas de armazenamento, após o que houve uma estabilização dos mesmos. No presente trabalho, as variações nos sintomas de EI foram dependentes da maturação, ou seja, acréscimos constantes nos estádios 1 e 3 e aumentos seguidos de decréscimos para o grau de maturação 2.

4.2. % de acidez titulável

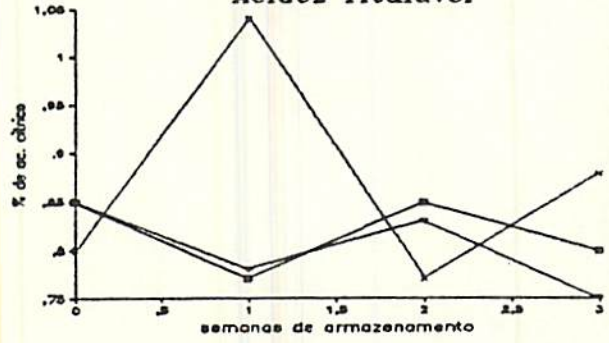
Através dos resultados obtidos verifica-se que o comportamento dos graus de maturação 1 e 3 foram semelhantes, apresentando pequenas variações. Já para o grau de maturação 2, a % de acidez titulável aumentou acentuadamente com um ponto de máxima por volta da 1ª semana, decaindo até um valor mínimo por volta da 2ª semana, seguindo-se um pequeno aumento, finalizando a refrigeração com um valor superior aos demais, Figura 1b.

Segundo VAN LELYVELD & DE BRUYN (68), embora a acidez titulável não desempenhe um papel importante no desenvolvimento do EI, é significativo o decréscimo observado nos ácidos cítrico e málico com o aparecimento dos sintomas de EI. De acordo com MILLER (33) e MILLER & HEILMAN (35), os frutos afetados não diferem estatisticamente dos sadios com relação a acidez total. Segundo PY et alii (44), todos os fatores que tendem a aumentar a acidez dos frutos proporciona uma diminuição na incidência do EI, o mesmo ocorrendo no presente trabalho, e de acordo com o trabalho de outros autores (40, 59, 63), na qual verifica-se uma relação entre o decréscimo na acidez titulável e o aumento dos sintomas de EI. Os estádios mais afetados, os graus 1 e 3 apresentaram

Índice de EI



Acidez Titulável



pH



Sólidos Solúveis

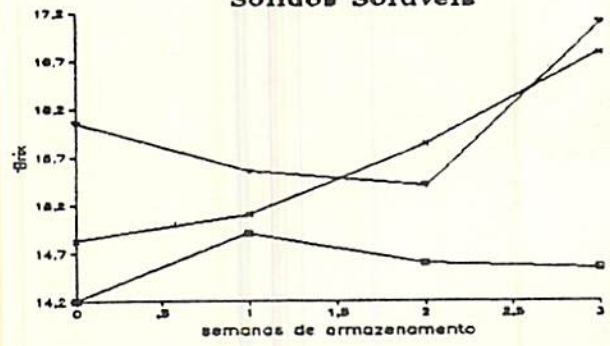


FIGURA 1 - Teores médios do índice de EI (a), da acidez titulável (b), pH (c) e dos SST (d), obtidos dos frutos em 3 graus de maturação: 1 (—■—) 2 (—x—) e 3 (—▽—).

pequenas flutuações, decaindo na última semana de refrigeração. Já para o estágio 2, os menores sintomas coincidiram com maiores valores de acidez titulável sendo que a diminuição dos sintomas observados neste estágio, na última semana de refrigeração pode ser associado ao aumento nos teores da % de acidez titulável neste período, ou seja, os frutos com acidez mais elevada possuíram um maior potencial de armazenamento refrigerado.

4.3. pH

Para os valores de pH durante a refrigeração, Figura 1c, verificou-se que os estágios 1 e 3, com os maiores desenvolvimentos de sintomas, também apresentaram valores de pH ligeiramente superiores. Isto confirmou-se quando estes resultados foram ajustados em curvas de regressão, Figura 9 do apêndice. Todos os graus aumentaram significativamente até aproximadamente a 2ª semana, decaindo a seguir até o final do armazenamento refrigerado. O grau de maturação 3 sobressaiu-se com os maiores valores, seguindo-se o grau e 1 2. Estes dados encontram-se de acordo com o trabalho de TEISSON et alii (63), onde os frutos sensíveis ao EI apresentaram maiores valores de pH em relação aos poucos sensíveis ao EI. Os maiores valores de pH para o grau de maturação 3, com menor desenvolvimento de sintomas em relação ao grau de maturação 1, pode indicar para este caso a influência do amadurecimento neste aumento adicional de pH.

4.4. Sólidos solúveis totais

No início da refrigeração os valores de SST oscilaram de acordo com o grau de maturação, com maiores valores para os estágios mais madu-

ros, respectivamente de 16.05, 14.82 e 14.20^o Brix para os estádios 3, 2, e 1, Figura 1d e Tabela 4 do Apêndice, de acordo com vários autores (15, 17, 34,38, 32), que têm observado o aumento progressivo dos SST no abacaxi durante o amadurecimento. Quando submetido a refrigeração, alguns trabalhos (33, 35), não encontraram diferenças significativas no teor de SST nos abacaxis sadios e afetados pelo EI. PAULL & ROHRBACH (40), contudo, verificaram um decréscimo não significativo nos SST em abacaxis armazenados à 8^oC, que apesar da não significância foi consistente em todos os experimentos. No presente trabalho verificamos esta diminuição no teor dos SST com o armazenamento refrigerado no grau de maturação 1, que concomitantemente aos maiores sintomas de EI apresentou os menores valores de SST, apresentando a partir da 1^a semana uma queda que persistiu até o final da refrigeração. Para o grau de maturação 3 a refrigeração também afetou os valores de SST, e o aumento que normalmente ocorre com o amadurecimento só foi verificado na última semana de armazenamento refrigerado. Já o grau 2 apresentou os menores sintomas de EI e aumento de SST durante toda a refrigeração. Para a falta de significância na correlação entre os teores de SST e o tempo de refrigeração, no grau 1, Figura 1l do Apêndice, podem ter contribuído, além da refrigeração, a colheita do fruto antes do ponto adequado de maturação.

4.5. Açúcares totais, não redutores e redutores

Os açúcares totais apresentaram durante o período de refrigeração um comportamento semelhante para os 3 estádios, Figura 2a, com um aumento nos valores até a 2^a semana seguido de um decréscimo até o final do período de armazenamento. O grau de maturação 1 apresentou os menores resultados, embora inicialmente possuísse um valor superior ao grau 2.

O desenvolvimento dos sintomas de EI aparecimento encontra-se associado a uma diminuição nos teores dos açúcares totais. Este decréscimo

também foi observado por VAN LELYVELD & DE BRUYN (68), nos frutos sensíveis ao EI, juntamente com o decréscimo nos açúcares individuais. No presente trabalho esta tendência pode ser observada nos frutos mais afetados pelos sintomas de EI. O grau de maturação 1 apresentou os menores valores, com um decréscimo na 1ª semana, e o grau 3, mesmo apresentando o maior valor na 2ª semana, decresceu acentuadamente, terminando a refrigeração com um valor semelhante ao grau 1. O grau de maturação 2 em contrapartida, terminou a refrigeração com um valor superior a estes, concomitantemente a diminuição nos sintomas de EI observada apenas para este estágio de maturação na última semana. Estas tendências foram confirmadas quando estes valores foram ajustados estatisticamente em correlação, conforme a Figura 13 do Apêndice.

O comportamento dos açúcares não redutores foi muito semelhante ao dos açúcares totais, Figura 2b, exceto para o grau de maturação 2 que aumentou mais acentuadamente até a 2ª semana, apresentando por volta desta o maior valor.

Segundo VAN LELYVELD & DE BRUYN (68), os principais açúcares encontrados nos frutos de abacaxi sadios e afetados pelo EI são a sacarose e a frutose. Eles também encontraram um decréscimo significativo nos açúcares individuais com o aparecimento do EI, o que também foi verificado no presente trabalho, com a queda acentuada observada após a 2ª semana para os açúcares não redutores, sendo que da 2ª para a 3ª semana de refrigeração os estádios mais afetados pelo EI, os graus 1 e 3, possuíram maiores decréscimos nos açúcares não redutores em relação ao grau de maturação 2. Estes valores também foram confirmados pelas análises estatísticas na correlação da Figura 14 no Apêndice.

Os açúcares redutores apresentaram durante o armazenamento refrigerado uma tendência para o aumento nos valores em todos os estádios de maturação. Figura 2c, confirmado na correlação estatística da Figura 15 no Apêndice. Segundo o trabalho de VAN LELYVELD & DE BRUYN (68) e TEISSON (59), os frutos de abacaxi com sintomas de EI apresentaram-se menos ricos em açúcares

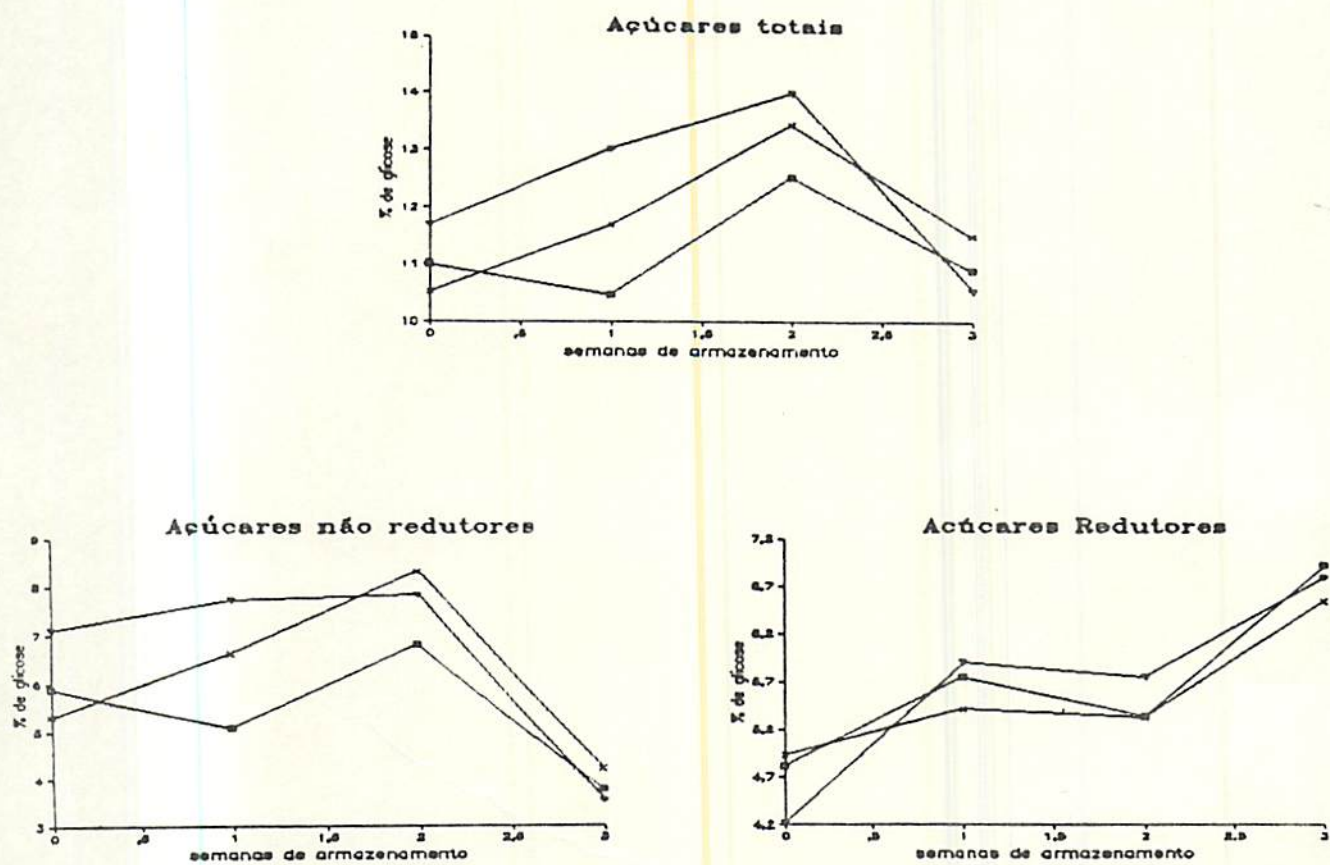


FIGURA 2 - Teores médios dos açúcares totais (a), não redutores (b) e redutores (c), obtidos em frutos em 3 graus de maturação: 1 (—□—), 2 (—×—), e 3 (—△—).

redutores, sendo que no presente trabalho, porém, os valores destes açúcares não se relacionaram a suscetibilidade ao EI, nos diferentes estádios de maturação.

4.6. Pectina total, protopectina, pectina solúvel e % de pectina solúvel

Os valores de pectina total no primeiro dia de armazenamento foram determinadas pelo estádio de maturação do fruto, com maiores valores para os estádios menos maduros. Com o decorrer da maturação os estádios apresentaram um comportamento semelhante, decaindo até a 1ª semana, aumentando a seguir até o final da refrigeração, quando os estádios 1 e 3 (maiores sintomas) apresentaram os menores valores, Figura 3a e Figura 19 do Apêndice.

No início do armazenamento refrigerado os valores de protopectina encontraram-se associados ao estágio de maturação, e os frutos menos maduros apresentaram valores superiores. Com o decorrer da refrigeração, contudo, os estádios mais afetados pelo EI, os graus 1 e 3, apresentaram conteúdos inferiores de protopectina, sendo que o grau 2 sobressaiu-se com os maiores valores durante quase todo o armazenamento refrigerado, Figura 3b.

Para os valores de pectina solúvel durante a refrigeração, Figura 3c, todos os estádios de maturação comportaram-se de modo semelhante. Os valores inicialmente decaíram até valores mínimos na 1ª semana de armazenamento, aumentando até o ponto de máxima por volta da 2ª semana, decaindo a seguir até o final do armazenamento.

Quando estes valores foram expressos em % de pectina solúvel em relação a pectina total, Figura 3d, verifica-se um comportamento semelhante para os estádios 1 e 3. O grau de maturação 2 sobressaiu-se com os menores valores, e o grau de maturação 1, apesar de apresentar no início da refrigeração os menores valores, aumentou acentuadamente durante o armazenamento, apresen-

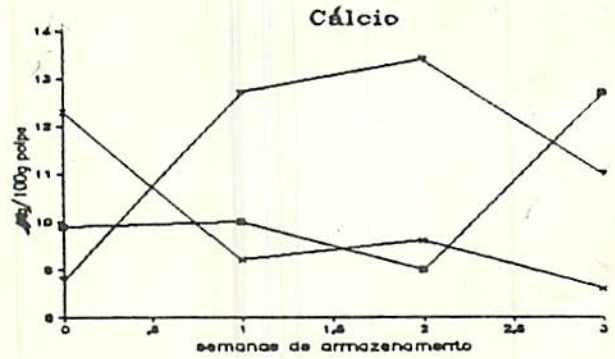
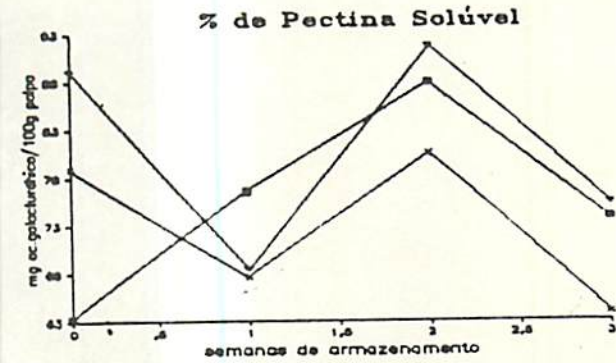
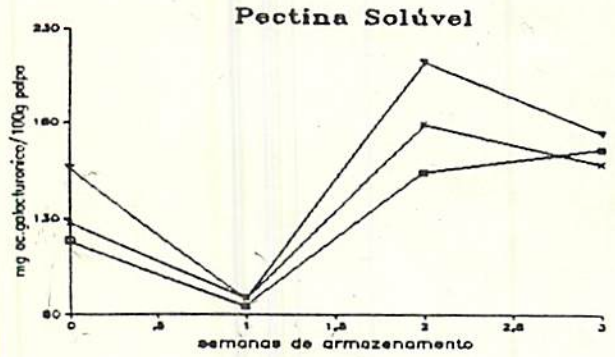
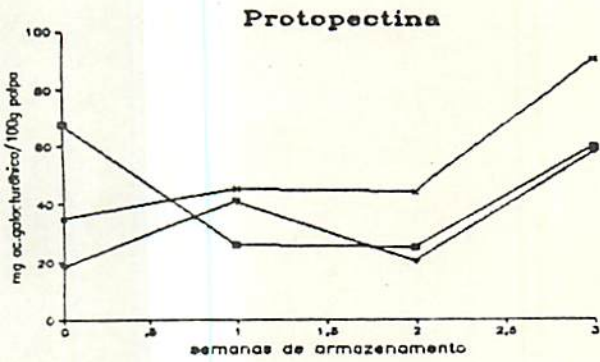
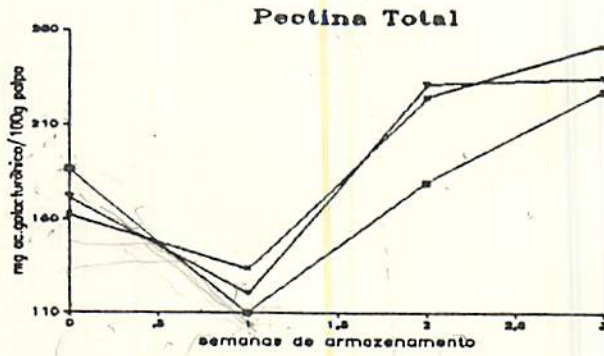


FIGURA 3 - Teores médios da pectina total (a), da protopectina (b), da pectina solúvel (c) e sua % em relação a total (d), e do cálcio (e), obtidos dos frutos em 3 graus de maturação: 1 (□), 2 (×) e 3 (▽).

tando na última semana valores aproximados ao grau 3.

As pectinas encontram-se nos frutos em formas diversas com uma solubilidade diferente dependendo do estágio de maturação, e cada uma delas, com possíveis funções na determinação da textura, CHITARRA (13).

Segundo SGARBIERI (52), as substâncias pécticas, como a pectina total, a solúvel e a protopectina são de grande importância, sendo responsáveis pela firmeza dos frutos. De acordo com PAIVA (38), os valores de pectina total e de protopectina diminuem continuamente e a pectina solúvel aumenta no decorrer da maturação do abacaxi.

As principais enzimas em frutos e vegetais que provocam a quebra das substâncias pécticas são a pectinesterase (PE) e a poligalacturonase (PG). WILLS & RIGNEY (71). Segundo LYONS (30), durante a injúria de "chilling" muitos sistemas enzimáticos isolados apresentam uma atividade alterada, e dentre eles a pectina metil esterase é reportada com um aumento em sua atividade. O aumento da atividade de enzimas hidrolíticas associadas a degradação das pectinas provavelmente desempenha um papel importante no presente trabalho, onde os estádios com maior desenvolvimento de sintomas de EI, os graus 1 e 3, caracterizaram-se por apresentar menores teores de protopectina, sobressaindo-se também com maiores valores de % de pectina solúvel, o que indica uma textura menos firme dos frutos destes estádios, o que por sua vez pode ter contribuído para a menor resistência deste tipo de fruto ao EI. Existe também uma tendência verificada em todos os estádios de maturação para o aumento da pectina total e da protopectina, contrária a verificada no amadurecimento normal dos frutos de abacaxi, indicando que a maior exposição à baixas temperaturas tende a tornar os frutos mais firmes.

4.7. Cálcio

Os teores de cálcio apresentaram variações inconstantes durante o armazenamento refrigerado, sem relação com a suscetibilidade dos estádios ao EI, Figura 3e. As correlações dos teores de cálcio com o período de refrigeração e índices de EI não foram significativas para nenhum estágio de maturação. Este comportamento está de acordo com o trabalho de PAIVA (38) e LODH et alii (28), que também verificaram um comportamento irregular para este mineral nas variedades 'Smooth Cayenne' e 'Kew' estudadas. Torna-se então necessária a realização de estudos específicos com o cálcio através do isolamento de parede celular.

4.8. Ácido ascórbico, % de ácido ascórbico, dehidroascórbico e vitamina C

Os gráficos para os valores de ácido ascórbico e sua % em relação a vitamina C total encontram-se nas Figuras 4a e 4b e nas correlações estatísticas nas Figuras 21 e 22 do Apêndice. Os resultados relativos ao ácido ascórbico e sua % foram muito semelhantes. O grau de maturação 2 não apresentou muitas variações, aumentando na última semana concomitantemente ao decréscimo observado nos sintomas de EI neste período apenas para este estágio de maturação. O grau de maturação 1 apresentou os menores valores durante quase todo o armazenamento, de acordo com os maiores sintomas observados para o mesmo. Os aumentos nos valores de ácido ascórbico no grau 3, a partir da 1ª semana, explicam em parte o menor desenvolvimento de sintomas deste, quando comparado ao grau de maturação 1.

Os resultados relativos ao ácido dehidroascórbico confirmam o verificado para o ácido ascórbico, Figura 4c. O grau maturação 1, apesar de começar a refrigeração com o menor valor, superou os demais no decorrer da re-

frigeração, apresentando um modelo linear de desenvolvimento, segundo a correlação estatística da Figura 23 no Apêndice. O grau 2 não apresentou grandes variações, e o grau 3, uma queda acentuada na última semana de armazenamento também confirmada pela correlação estatística.

Os valores de vitamina C, Figura 4d, inicialmente variaram conforme o estágio de maturação. No decorrer do armazenamento refrigerado, entretanto, os estádios apresentaram uma tendência para o aumento dos teores, sendo que o grau 3 inicialmente decaiu até a 1ª semana, apresentando neste período o menor valor.

TEISSON (63), ao comparar abacaxis mais resistentes e sensíveis ao EI, observaram que os teores de ácido ascórbico do primeiro era o dobro do apresentado pelo segundo, e que durante a refrigeração por 10 dias ocorreram acréscimos para o ácido ascórbico nos dois tipos de frutos. Após a refrigeração, quando os frutos foram mantidos por 8 dias à 20°C observou-se que nos sensíveis houve uma perda total de ácido ascórbico e nos mais resistentes houve um decréscimo até valores próximos aos níveis observados no momento da colheita.

No presente trabalho, no momento da colheita os frutos apresentaram uma quantidade de ácido ascórbico determinada pelo estágio de maturação, com os frutos maduros apresentando as menores quantidades, Tabela 3 (Apêndice), o que está de acordo com a literatura, onde o amadurecimento e o desaparecimento da clorofila da casca acompanharam os decréscimos na quantidade do ácido ascórbico e da vitamina C do fruto (34, 38, 52). Existe também uma tendência durante o armazenamento refrigerado para os valores de vitamina C aumentarem, que difere dos normalmente relatados na literatura para o amadurecimento.

De acordo com vários pesquisadores (35, 40, 63, 67), os frutos de abacaxi sadios possuem uma quantidade de ácido ascórbico significativamente maior que os frutos afetados pelo EI, e este resultado tem sido associado ao escurecimento do tecido. No presente trabalho este comportamento foi confirmado pela associação entre os estádios com maiores sintomas observados de

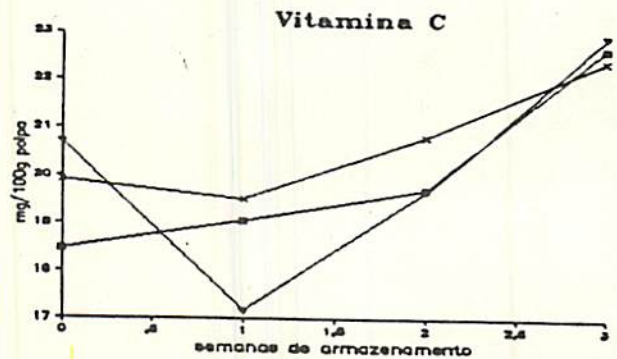
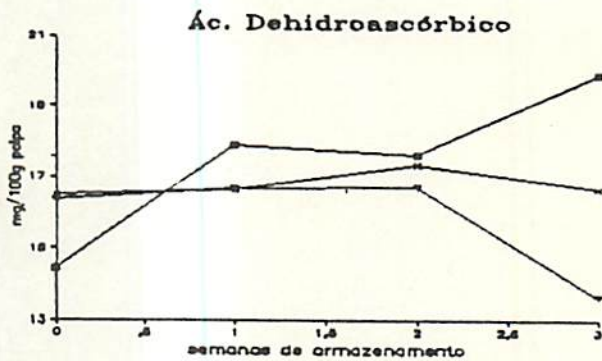
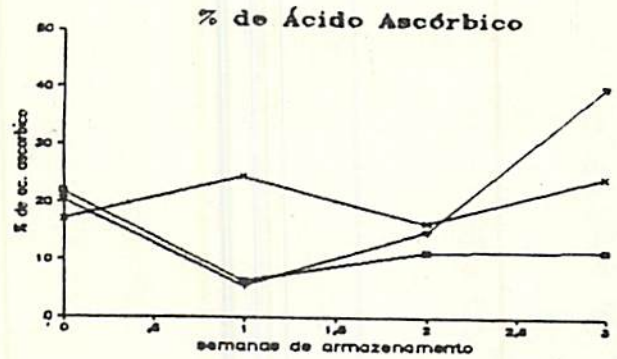


FIGURA 4 - Teores médios do ácido ascórbico (a), e sua % em relação a vitamina C (b), do ácido dehidroascórbico (c), e da vitamina C (d), obtidos dos frutos em 3 graus de maturação: 1 (■), 2 (×) e 3 (▾).

EI e menores quantidades de ácido ascórbico apresentadas pelos mesmos, juntamente com maiores teores de ácido dehidroascórbico, contrastando-se ao grau de maturação 2, onde menores variações nos teores de ácido ascórbico e dehidroascórbico, aliada a uma quantidade marcadamente superior de ácido ascórbico durante toda a refrigeração, foram associados ao menor desenvolvimento de sintomas apresentados por este estágio, sendo que o aumento acentuado no teor de ácido ascórbico na última semana para o grau 3 provavelmente foi o responsável pelo menor desenvolvimento de sintomas deste, quando comparado ao grau 1.

O ácido ascórbico também tem sido relacionado a prevenção do escurecimento de polifenóis em maçãs e bananas. Nestes frutos os tecidos escurecidos possuíam níveis de ácido ascórbico relativamente baixos, juntamente com uma alta atividade PFOxidásica. Como resultado desta atividade, os o-difenóis são oxidados à o-quinonas. Este produto, contudo, é imediatamente reduzido à fenóis na presença do ácido ascórbico que por seu turno é convertido em ácido dehidroascórbico. Enquanto uma quantidade adequada de ácido ascórbico encontra-se presente as quinonas são reduzidas e o escurecimento prevenido, PAULL & ROHRBACH (40). Quatro sistemas são então propostos, na qual o ácido ascórbico pode ser oxidado: diretamente através da ácido ascórbico oxidase; através das o-quinonas produzidas pela PFO, através das o-quinonas produzidas pela peroxidase e; através do sistema do citocromo. No caso do abacaxi, não encontrou-se atividade ácido ascórbico oxidásica, nem correlação entre o EI e atividade peroxidásica, VAN LELYVELD & DE BRUYN (67), sendo que no presente trabalho a proteção exercida pelo ácido ascórbico sobre o EI dos frutos do estágio 2 pode ser atribuída ao seu efeito sobre as o-quinonas produzidas pelo PFO.

4.9. Compostos fenólicos

Os valores dos compostos fenólicos extraíveis em Metanol encontram-se na Figura 5a. Observa-se com o decorrer da maturação que todos os

estádios apresentaram aumentos nos teores após um decréscimo inicial ocorrido na 1ª semana de armazenamento. Os estádios mais afetados foram os únicos significativos na correlação estatística, Figura 27 no Apêndice. O grau 1 aumentou linearmente, e o grau 3 apresentou um aumento acentuado na última semana de armazenamento refrigerado, terminando o mesmo com um valor ligeiramente superior do grau 1. Quando foram feitas correlações estatísticas com o índice de EI, o grau de maturação 1 foi o único significativo, aumentando linearmente com os índices de EI, o que confirma a associação entre frutos mais sensíveis ao EI com o aumento nos teores de fenólicos EM.

Para as substâncias fenólicas extraíveis em Metanol e água e o período de refrigeração, Figura 5b, todos os estádios aumentaram no decorrer da refrigeração, apresentando pequenos pontos de mínima na 1ª semana, e máxima na 2ª, exceto para o grau 3, que a partir da 1ª semana aumentou acentuadamente até o final do armazenamento. Quando estes valores foram examinados nas correlações estatísticas da Figura 28 do Apêndice, verificou-se que os frutos mais afetados pelo EI aumentaram os teores durante a refrigeração, sendo que o grau 1 aumentou linearmente e o grau 3 aumentou acentuadamente no final do armazenamento. Já para o grau de maturação 2 a diminuição nos sintomas de EI observada na última semana de armazenamento coincidiu com o decréscimo no teor dos compostos fenólicos EM-A verificado neste período.

A Figura 5c mostra os valores das substâncias fenólicas extraíveis em água no decorrer do armazenamento refrigerado. Os teores de fenólicos para os graus de maturação 1 e 2 mantiveram-se relativamente constantes, com um aumento observado até a 1ª semana para o grau 2 e decréscimo para o grau 1. O grau de maturação 3 apresentou um decréscimo acentuado nos valores durante toda a refrigeração, que foi também constatado na correlação estatística da Figura 29 no Apêndice.

Para o desenvolvimento dos teores das substâncias fenólicas totais no decorrer do armazenamento refrigerado, Figura 5d, os estádios apresentaram comportamentos similares, decaindo até a 1ª semana e aumentando a se-

guir, cabendo ressaltar que este acréscimo foi mais acentuado no grau de maturação 1. Quando estes resultados foram analisados em correlação estatística, apenas o grau de maturação 1 foi significativo, aumentando linearmente com a refrigeração. Figura 30 do Apêndice, confirmando a associação entre o aumento nos compostos fenólicos totais, e maiores suscetibilidades ao EI.

Segundo VAN LELYVELD & DE BRUYN (67), existe uma associação definida entre o escurecimento e as substâncias fenólicas no abacaxi. Em seu trabalho os frutos afetados pelo EI possuíram quantidades significativamente superiores para os ácidos cumárico, cafêico e ferrúlico (extraíveis em metanol), em comparação aos frutos sadios. No presente trabalho esta associação também foi observada, sendo o maior desenvolvimento dos sintomas do grau 1, fruto verde, atribuída ao aumento nas substâncias fenólicas EM decorrentes de uma maior atividade de enzimas relacionadas a síntese destes compostos, e não por estes frutos (verdes) possuírem maiores quantidades destes fenólicos, conforme sugerido por MILLER & HEILMAN (35), pois de acordo com a Tabela 3 do Apêndice, no momento da colheita, no presente trabalho, estes frutos apresentaram menores teores destes compostos quando comparados aos frutos mais maduros. Para o grau de maturação 3, esta associação não é tão definida, embora ainda desempenhe um papel importante no desenvolvimento de sintomas deste estágio de maturação. Já o menor desenvolvimento dos sintomas observado no grau 2 talvez sendo devido a uma menor quantidade de substâncias fenólicas EM-A na última semana de armazenamento, além de não apresentar acréscimos nos valores dos c. fenólicos EM nas correlações estatísticas da Figura 27 no Apêndice. A maior ocorrência dos sintomas de EI observada para o grau 1 também pode ser correlacionada ao aumento nos teores de fenólicos totais quando estes valores foram ajustados na correlação estatística, Figura 30. Já no grau 3 a queda acentuada nos c. fenólicos EA, Figura 5c, provavelmente seja a responsável pelos menores teores de fenólicos totais observado para frutos deste estágio no final da refrigeração, Figura 5d. TEISSON et alii (63), verificaram também um aumento pequeno na quantidade dos c. fenólicos totais, sendo este atribuído a acréscimos nos ortodifenóis após a transferência à 20°C.

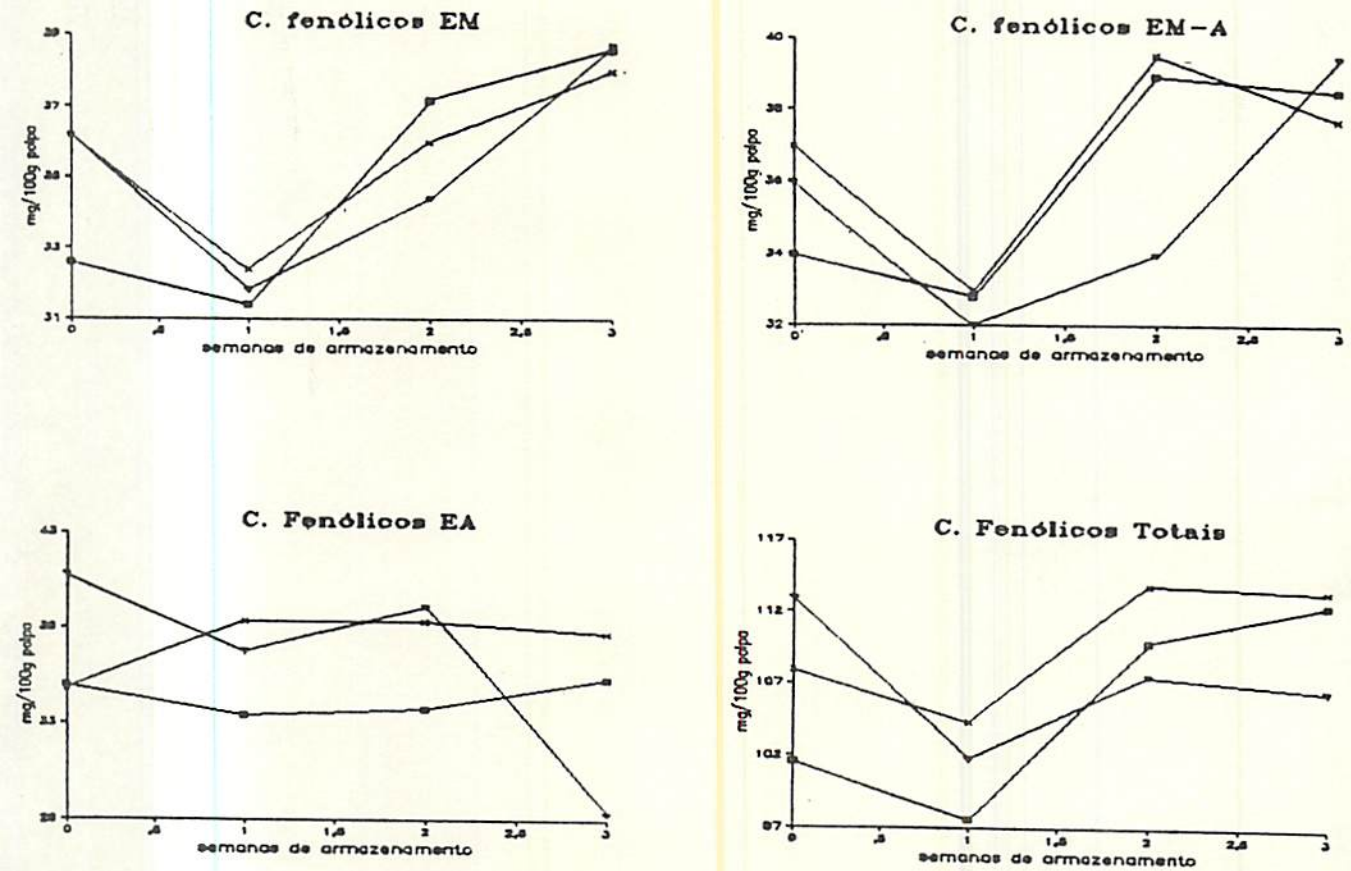


FIGURA 5 - Teores médios dos c. fenólicos EM (a), EM-A (b), EA (c) e totais(d) obtidos dos frutos em 3 graus de maturação: 1 (—■—), 2 (—◄—) e 3 (—▼—).

4.10. Atividade fenilalanina amônio liásica

A Figura 6a mostra os valores da atividade fenilalanina amônio liásica proteolítica no decorrer do armazenamento refrigerado. A atividade encontrou-se relacionada ao estágio de maturação até a 2ª semana de armazenamento, e os estádios mais maduros apresentaram os maiores valores, com um destaque para o grau de maturação 1, com o menor valor. A partir da 2ª semana, o grau 1 sobressaiu-se com o maior valor até o final do armazenamento, seguido pelo grau 3, sendo que em contrapartida o grau 2 apresentou neste período o menor valor. Estes comportamentos foram confirmados na correlação estatística na Figura 35 do Apêndice.

Quando estes valores foram expressos em atividade específica, Figura 6b, o comportamento dos estádios variou conforme o grau de maturação, durante quase toda a refrigeração, com os estádios mais maduros apresentando os maiores valores, exceto no final da refrigeração, quando este comportamento se inverteu.

Segundo ZUCKER (73), a FAL cataliza a primeira reação do ácido hidroxinâmico. Seu produto, o ácido trans-cinâmico, é substrato para vários tipos de compostos fenólicos. Consecutivamente, qualquer alteração na atividade desta enzima afetará o nível de muitos tipos de compostos fenólicos no tecido vegetal. Observa-se no presente trabalho esta relação no decréscimo dos compostos fenólicos EM-A no grau 2, na última semana de refrigeração, juntamente com a diminuição da atividade fenilalanina amônio liásica proteolítica observada neste estágio, em contraste aos graus de maturação 1 e 3, em que os aumentos neste período corresponderam aos aumentos nos c. fenólicos EM, EM-A e totais, observados para estes estádios nas correlações estatísticas, Figuras 27, 28 e 30.

O conteúdo extraível da FAL aumenta quando vários tecidos vegetais são submetidos à baixas temperaturas, e os exemplos incluem a maçã, a

batata e a batata doce, sendo também sugerida para o abacaxi. Em maçãs, as baixas temperaturas estimulam a acumulação da FAL, e reduzem o nível do sistema inativador da FAL (FAL-IS). Este inibidor possui um alto peso molecular e é presumivelmente uma proteína (24, 41, 46, 58). Segundo GRAHAM & PATERSON (24), a FAL é rapidamente degradada em temperatura normal, e o seu nível provavelmente aumenta em baixas temperaturas devido a sua síntese sofrer menor redução que a taxa de degradação.

Têm sido propostos 3 mecanismos básicos de regulação para explicar o aumento na atividade fenilalanina amônio liásica: aumento na síntese enzimática; aumento na ativação de uma forma inativa pré-existente e; decréscimo na degradação enzimática, TENA et alii (64). Neste trabalho, o comportamento das atividades fenilalanina amônio liásicas proteolíticas e específicas indicam a existência de dois mecanismos de regulação, ou seja: atividade de uma forma pré-existente e síntese "de novo" enzimática. A síntese enzimática predomina para os graus 2 e 3 até a 2ª semana de armazenamento, sendo que na última semana predomina no grau de maturação 1, Figura 6a e 6b.

4.11. Atividade polifenol oxidásica

Os valores das atividades polifenol oxidásicas proteolíticas durante o período refrigerado encontram-se na Figura 6c. Todos os estádios aumentaram acentuadamente até a 2ª semana, decaindo a seguir até o final do armazenamento. As atividades corresponderam ao desenvolvimento dos sintomas de EI durante todo o período de armazenamento, respectivamente para os graus de maturação 1, 3 e 2. Este comportamento foi confirmado nas correlações estatísticas da Figura 39 no Apêndice, onde todos os estádios apresentaram um desenvolvimento linear no decorrer da refrigeração. Dentre todos os parâmetros estudados, a atividade polifenol oxidásica apresentou-se mais relacionada a suscetibilidade do fruto ao EI.

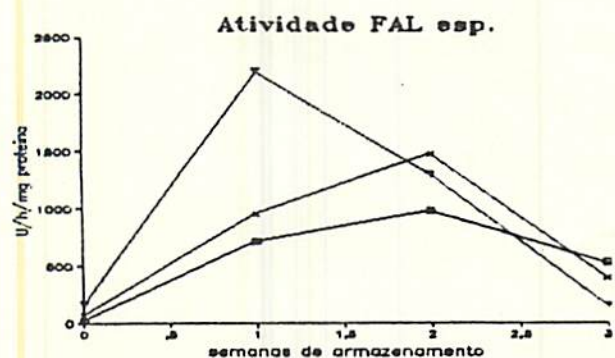


FIGURA 6 - Teores médios das atividades fenilalanina amônio liásicas proteolíticas (a) e específicas (b) e das polifenol oxidásicas proteolíticas (c) e específicas (d), obtidos dos frutos em 3 graus de maturação: 1 (■), 2 (×) e 3 (▽).

Quando estes valores foram expressos em atividade específica na Figura 6d, o comportamento dos estádios foi similar, exceto para a diminuição dos valores para o grau de maturação 1 em relação ao grau 3.

De acordo com TEISSON (59), a atividade polifenol oxidásica é praticamente nula no momento da colheita e durante toda a conservação à 8°C, permanecendo em níveis muito baixos nos frutos não sensíveis após a transferência à 20°C. Já os frutos sensíveis após a transferência apresentaram um aumento de 30 vezes em sua atividade polifenol oxidásica no trabalho de PAULL & ROHRBACH (41) e 3.5 vezes segundo VAN LELYVELD & DE BRUYN (67), sendo que no presente trabalho, na 2ª semana de armazenamento refrigerado, os frutos apresentaram um aumento na atividade específica de 2.5, 2.0 e 3.5 vezes para os graus de maturação 1, 2 e 3, respectivamente.

Os resultados das atividades proteolíticas e específicas também indicam que no aumento da atividade polifenol oxidásica a síntese e a ativação enzimática desempenham, ambas, um papel importante.

4.12. Considerações gerais

No presente trabalho os parâmetros estudados relacionaram-se a suscetibilidade dos frutos ao EI de 2 maneiras: diretamente através dos mecanismos de escurecimento do tecido e desintegração da parede celular e; indiretamente devido ao fato de que os frutos mais maduros apresentam-se mais suscetíveis ao EI, SMITH (55). Isto é acompanhado por uma variação nestes parâmetros que estão relacionados a maturação, quando os processos metabólicos atingem o climax, VAN LELYVELD & DE BRUYN (68), tais como o pH, a acidez titulável os sólidos solúveis e os açúcares. Estas variações encontram-se relacionadas ao amadurecimento do fruto em si, e não a uma etapa específica do distúrbio de EI.

Dentre os parâmetros relacionados ao escurecimento do tecido encontram-se as enzimas FAL e PFO, os compostos fenólicos, o teor de ácido ascórbico e sua forma oxidada, o ácido dehidroascórbico. Já entre os parâmetros relacionados a integridade de membrana que foram estudados, encontram-se as pectinas total e solúvel, a protopectina e o cálcio. Segundo FRENCH (19), o amolecimento de frutos como o damasco é acelerado quando quelantes, tais como os ânions dos ácidos orgânicos, removem o cálcio estrutural da parede celular, quando esta parede é modificada (por calor ou refrigeração). Frutos muito ácidos têm realmente um maior potencial de armazenamento. Entretanto, quando a parede celular é modificada, eles (os ânions) atuam no sentido da quelação. Os resultados deste estudo para a acidez titulável, contudo, sugerem o aumento do potencial de armazenamento com o aumento nos teores de acidez titulável, rejeitando assim, a hipótese de quelação sugerida por este autor.

Quando analisados de acordo com estas 2 maneiras, a suscetibilidade do grau de maturação 1, fruto verde, ao EI encontra-se associada aos mecanismos de escurecimento do tecido, decorrentes dos aumentos das atividades polifenol oxidásicas e fenilalanina amônio liásicas, esta última condicionando o aumento observado nos compostos fenólicos, sobretudo os EM, EM-A e os totais, aliado a uma quantidade inferior de ácido ascórbico e níveis elevados de ácido dehidroascórbico.

Para o grau de maturação 3, a suscetibilidade do EI encontrou-se mais relacionada ao estágio de maturação elevado. Assim a variação de certos parâmetros relacionados a maturação, como a acidez e os açúcares, decorreram do amadurecimento do fruto e não do distúrbio de EI em si, além da influência dos parâmetros citados anteriormente, como a atividade enzimática e os compostos fenólicos. Os graus de maturação 1 e 3 apresentaram ainda, quando comparados ao grau de maturação 2, uma textura menos firme, caracterizada por maiores valores de % de pectina solúvel e menores valores de protopectina, que se correlacionou a maior suscetibilidade dos mesmos ao EI.

Contribuiu para a menor suscetibilidade do grau de maturação

2, além da influência dos parâmetros discutidos anteriormente, como a diminuição da atividade enzimática, dos compostos fenólicos, e o alto teor de ácido ascórbico, constante durante todo o armazenamento, sobretudo os valores superiores de acidez titulável.

5. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos conclui-se que:

- Os estádios de maturação influenciaram a suscetibilidade do fruto ao EI. Os graus de maturação 1 e 3 apresentaram os maiores sintomas, aumentando durante todo o armazenamento. O grau de maturação 2 apresentou o menor desenvolvimento de sintomas, com uma redução após a 2ª semana de armazenamento.

- Os estádios mais sensíveis ao EI, os graus 1 e 3, caracterizaram-se por apresentar menores valores de acidez titulável e SST, maiores atividades Pfoxidásicas, sendo que na última semana apresentaram maiores atividades Faliásicas e teores de compostos fenólicos EM, EM-A e totais, juntamente com uma textura menos firme, caracterizada por menores valores de protopectina e maiores valores para a porcentagem de pectina solúvel em relação a pectina total.

- O desenvolvimento dos valores de cálcio durante a refrigeração não relacionaram-se com os sintomas de EI observados.

- Contribuíram para o decréscimo nos sintomas de EI observado no grau de maturação 2 na última semana de armazenamento, o aumento no teor de ácido ascórbico e acidez titulável, além da diminuição nas atividades Pfoxidásicas e Faliásicas e nos compostos fenólicos EM, EM-A e totais.

6. RESUMO

EFEITO DA MATURAÇÃO E DA BAIXA TEMPERATURA NA COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA E NO ESCURECIMENTO INTERNO DO ABACAXI

No presente estudo, foram determinados os efeitos de diferentes estádios de maturação dos frutos e do tempo de exposição dos mesmos à baixa temperatura na composição bioquímica e no grau de escurecimento interno da polpa. Os frutos foram coletados em 3 diferentes estádios de maturação em Monte Alegre, no estado de Minas Gerais. Foram realizadas análises do índice de escurecimento interno e das características químicas e físicas, após o armazenamento à temperatura ambiente, em 3 estádios de maturação: verde, maduro e de vez.

Verificou-se que os estádios de maturação influenciaram a suscetibilidade do fruto ao escurecimento interno, sendo que os graus 1 e 3, mais sensíveis, aumentaram durante toda a refrigeração, e o grau 2 apresentou menores sintomas, com uma redução nos mesmos na última semana de refrigeração. Os frutos mais sensíveis caracterizaram-se por apresentar menores valores de acidez titulável e sólidos solúveis totais, maiores atividades enzimáticas (polifenol oxidásicas e fenilalanina amônio liásicas) e teores de compostos fenólicos extraíveis em metanol, metanol e água e totais, juntamente com menores valores de protopectina e maiores valores de pectina solúvel, proporcionando maior firmeza aos mesmos. Já para o decréscimo nos sintomas do estágio 2, contribuíram o



SECRET - INFORMATION IS TO BE KEPT IN THE CONFIDENTIALITY OF THE SOURCE
DURING THE LIFE OF THE SECRET

The information contained in this document is classified as secret
because it is of such a nature that its disclosure to unauthorized
persons could be injurious to the national defense. It is intended
for the use of authorized personnel only and is not to be
distributed outside the organization.

This document is classified as secret because it contains information
the disclosure of which could be injurious to the national defense.
It is intended for the use of authorized personnel only and is not
to be distributed outside the organization. The information contained
herein is the property of the organization and is not to be
disclosed to unauthorized persons.

aumento no teor de ácido ascórbico e acidez titulável, além da diminuição nas atividades enzimáticas e nos compostos fenólicos extraíveis em metanol, metanol e água e totais. Verificou-se também que os valores de cálcio se relacionaram à diferente suscetibilidade dos estádios ao escurecimento interno.

7. SUMMARY

EFFECT OF RIPENING AND LOW TEMPERATURE IN THE BIOCHEMISTRY COMPOSITION AND INTERNAL BROWNING OF PINEAPPLE FRUITS

This work was carried out with the objective of determining the effects of different stages of ripening and exposure time of the fruits to low temperature upon both biochemical composition and the internal browning of flesh ratio. The fruits were harvested in 3 different stages of ripening at Monte Alegre country, State of Minas Gerais, Brazil. Analyses on the index of internal browning and the chemical and physical traits were made, after storage at room temperature and at 12°C during 0, 7, 14 and 21 days, followed by 1 week storage at room temperature, in 3 stages of fruit ripening: green, yellow and 1/2 yellow.

The stages of ripening were found to affect the susceptibility of the fruit to internal browning. Stages 1 and 3, the most sensitive ones, increased during the whole refrigeration period, whereas stage 2 showed less symptoms, specially during the last week of refrigeration. The least sensitive fruits showed lower values of titratable acidity and total soluble solids, higher enzymatic activities (polyphenol oxidases and phenylalanine ammonium lyase) and amount of phenolic compounds extractable in methanol, methanol and water and totals, lower values of protopectin and higher values of soluble

pectin, which made them firmer. The increase in ascorbic and titratable acidity along with reduction of enzymatic activities and phenolic compounds extractable in methanol, methanol and water and totals have contributed to reduce the symptoms at stage 2. The amount of calcium was not found to relate to different susceptibility of the stages to internal browning.

E. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKAMINE, E.K. Postharvest control of endogenous brown spot in fresh Australian pineapple with heat. HortScience, Mount Vernon, 11(6):586-8, Dec. 1976.
2. _____; GOD, T.; STEEPY, T.; GREIDANUS, T. & IAOKA, N. Control of endogenous brown spot of fresh pineapple in postharvest handling. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 100(1):60-7, Jan. 1975.
3. ALLAN, J.E. Agricultural analysis by atomic absorption. California, Varian Aerograph, 1969. 16p.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 11.ed. Washington, 1970. 1015p.
5. BANGHERT, F. Calcium related physiological disorders of plants. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, 17:97-122, 1979.
6. BITTER, T. & MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. Analytical Biochemistry, New York, 4:330-4, 1962.

7. BOLAND, F.E.; BLONQUIST, V.H. & ESTRIN, B. Chemical composition of mexican pineapple. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, 55(1):200-1, Jan. 1972.
8. BRAVERMAN, J.B.S. Substancia pecticas. In: _____. Introducion a la bioquimica de los alimentos. Barcelona, Omega, 1967. cap.9, p.111-24.
9. CANCEL, H.L. Harvesting conditions for pineapples of the Red Spanish variety. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, Rio Piedras, 58(2):162-9, 1974.
10. CHADRA, K.L.; MELANTA, K.R.; LODH, S.B. & SELVARAJ, Y. Biochemical changes associated with growth and development of pineapple variety Kew. 1. Changes in physico-chemical constituents. The Indian Journal of Horticulture, Bangalore, 29(1):54-7, 1972.
11. CHAN, H.T.; CHENCHIN, E. & VONNAHME, P. Nonvolatile acids in pineapple juice. Journal of Agricultural Food Chemistry, Washington, 21(2):208-11, Mar./Apr. 1973.
12. CHAPLIN, G.R. & SCOTT, K.J. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored avocados. HortScience, Mount Vernon, 15(4):514-5 Aug. 1980.
13. CHITARRA, A.B. O mamelo (Cydonia vulgaris, L.) e sua polpa no decorrer do processo de maturação: características bromatológicas. São Paulo, USP, 1973. 64p. (Tese MS).
14. DRAKE, M.; BRAMLAGE, W.J. & BAKER, J.H. Correlations of calcium content of 'Balwin' apples with leaf calcium, tree yield, and occurrences of physiological disorders and decay. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 99(4):379-80, July 1974.

15. DULL, G.G. The pineapple: general. In: HULME, A.C., ed. The biochemistry of fruits and their products. England, Academic Press, 1971. v.2. cap. 9A, p.303-24.
16. ESTANISLAU, M.L.L. Aspectos econômicos da abacaxicultura. Informe Agro - pecuário, Belo Horizonte, 11(130):1-2, out. 1985.
17. FLATH, R.A. Pineapple. In: NAGY, S. & SHAW, P.E., eds. Tropical and subtropical fruits. Westport, AVI, 1980. cap.3, p.157-83.
18. FLORES DE MADRID, M.C. Studies on pineapple storage. Proceedings of the Tropical Region American Society for Horticultural Science, Londres, 17: 186-202, 1973.
19. FRENCH, D.A. Softening of canned apricots; a chelation hypothesis. Davis, University of California, 1986. 49p. (Tese MS).
20. GIACOMELLI, E.J. Tipos de dados considerados em experimentos de abacaxicultura. In: _____. Plano dos experimentos do programa trienal de abacaxicultura do nordeste. s.l, s.ed., 1974. 6p.
21. GOLAN-GOLDHIRSH, A. & WHITAKER, J.R. Effect of ascorbic acid, sodium bisulfite, and thiol compounds on mushroom polyphenol oxidase. Journal of Agricultural Food Chemistry, Washington, 32(5):1003-9, Sept./Oct. 1984.
22. GORTNER, W.A. A short-term effect of weather on malic acid in pineapple fruit. Journal of Food Science, Chicago, 28(2):191-2, Mar./Apr. 1963.
23. _____ & SINGLETON, V.L. Chemical and physical development of the pineapple fruit. III. Nitrogenous and enzyme constituents. Journal of Food Science, Chicago, 30(1):24-9, Jan./Feb. 1965.

24. GRAHAM, D. & PATERSON, B.D. Responses of plants to low, nonfreezing temperatures: proteins, metabolism, and acclimation. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 33:347-72, 1972.
25. HARDENBURG, R.E. & ANDERSON, R.E. Keeping qualities of 'Stayman' and 'Delicious' apples treated with calcium chloride, scald inhibitors, and other chemicals. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 106(6):776-9, Nov. 1981.
26. HUET, R. La composition chimique de l'ananas. Fruits, Paris, 13(5):183-97, mai 1958.
27. LIEBERMAN, M. & WANG, S.Y. Influence of calcium and magnesium on ethylene production by apple tissue slices. Plant Physiology, Washington, 69(5):1150-5, May 1982.
28. LODH, S.B.; SELUARAJ, Y.; CHADHA, K.L. & MELANTA, K.R. Biochemical changes associated with growth and development of pineapple fruit variety Kew. II. Changes in carbohydrate and mineral constituents. Indian Journal of Horticulture, Bangalore, 29(3/4):287-91, 1972.
29. LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L. & RANDALL, R.J. Protein measurement with folin-phenol reagent. The Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 193(1):265-75, Nov. 1951.
30. LYONS, J.M. Chilling injury in plants. Annual Review of Plant Physiology Palo Alto, 24:445-66, 1973.
31. MCCREADY, R.M. & MCCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials. Analytical Chemistry, Washington, 24(12):1986-8, Dec. 1952.

32. MASON, J.L.; JASMIN, J.J. & GRANGER, R.L. Softening of 'MacIntosh' apples reduced by a post-harvest dip in calcium chloride solution plus tki - ckner. HortScience, Mount Vernon, 10(5):524-5, Oct. 1975.
33. MILLER, E.V. Physiological studies of the fruits of the pineapple (Ananas comosus (L.) Merr.) with special reference to physiological breakdown. Plant Physiology, Washington, 26(1):66-75, Jan. 1951.
34. _____ & HALL, G.D. Distribution of total soluble solids, ascorbic acid, total acid, and bromelin activity of the Natal pineapple. Plant Physiology, Washington, 28(3):532-4, July 1953.
35. _____ & HEILMAN, A.S. Ascorbic acid and physiological breakdown in the fruits of pineapple. Science, Washington, 116(3019):505-6, Nov. 1952.
36. _____ & MARSTELLER, R.L. The effect of parachlorophenoxy acetic on physiological breakdown of the fruits of the pineapple (Ananas comosus (L.) Merr.). Food Research. Chicago, 18(4):421-5, July/Aug. 1953.
37. NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemists, Baltimore, 153(1):375-80, 1944.
38. PAIVA, M.J.G. de. Características físicas, químicas e ponto de colheita do abacaxi (Ananas comosus L.) cvs. 'Pérola' e 'Smooth Cayenne'. Lavras, ESAL, 1978. 82p. (Tese MS).
39. PANTASTIO, E.B. Chilling injury. In: _____. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. Westport, AVI, 1976. cap.17, p.339-62.

- X 40. PAULL, R.E. & ROHRBACH, K.G. Juice characteristics and internal atmosphere of waxed 'Smooth Cayenne' pineapple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 107(3):448-52, May 1982.
41. _____ & _____. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 110(1):100-5, Jan. 1985.
42. PILMIK, W. & VORAGEM, A.G.J. Pectic substances and other uronides. In: HULME, A.C., ed. The biochemistry of fruits and their products. London, Academic Press, 1970. v.1, p.43-7.
43. POOVAIAH, B.W. Role of calcium prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technology, Chicago, 40(5):86-9, May 1986.
- X 44. PY, C.; LACOEUILHE, J.J. & TEISSON, C. L'anasas; sa culture, ses produits. Paris, G.P. Maison Neuve et Larouse ACCT, 1984. 562p.
45. RENSBURG, E.J. & ENGELBRECHT, A.U.P. Effect of calcium salts on susceptibility to browning of avocado fruit. Journal of Food Science, Chicago, 51(4):1067-8, July/Aug. 1986.
46. RHODES, M.J.C. & WOOLTORTON, L.S.C. Changes in the activity of enzymes of phenylpropanoid metabolism in tomatoes stored at low temperatures. Phytochemistry, Oxford, 16(6):655-9, May 1977.
47. _____ & _____. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parship root tissue. Phytochemistry, Oxford, 10:1989-97, 1971.
48. ROHRBACH, K.G. & PAULL, R.E. Incidence and severity of chilling induced internal browning of waxed 'Smooth Cayenne' pineapple. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 107(3):453-7, May 1982.

49. SAMS, C.E. & CONWAY, W.S. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of 'Golden delicious' apple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 109(1):53-7, Jan. 1984.
50. SCOTT, K.J. & WILLS, R.B.H. Postharvest application of calcium as a control for storage breakdown of apples. HortScience, Mount Vernon, 10(1):75-6, Feb. 1975.
51. _____ & _____. Vacuum infiltration of calcium chloride: a method for reducing bitter pit and senescence of apples during storage at ambient temperatures. HortScience, Virginia, 12(1):71-2, Feb. 1977.
52. SGARBIERI, V.C. Estudo da composição química do abacaxi. Boletim do Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos, Campinas, (7):37-50, ago. 1966.
53. SHEAR, C.B. Calcium related disorders of fruits and vegetables. Hort - Science, Virginia, 10(4):361-5, Aug. 1975.
54. SINGLETON, V.L. & GORTNER, W.A. Chemical and physical development of the pineapple fruit. II Carbohydrate and acid constituents. Journal of Food Science, Chicago, 30(1):19-23, Jan./Feb. 1965.
55. SMITH, L.G. Cause and development of blackheart in pineapples. Tropical Agriculture, Trinidad, 60(1):31-5, Jan. 1983.
56. STROHECKER, R. HENNING, H.M. Análisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid, Paz Montalvo, 1967. 428p.
57. SWAIN, T. & HILLIS, W.G. The phenolic constituents of Prunus domestica. Journal of the Science of Food and Agriculture, London, 10:63-8, Jan. 1969.

58. TAN, S.C. Relationships and interactions between phenylalanine ammonia-lyase, phenylalanine ammonia-lyase inactivation system, and anthocyanin in apples. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 104(5):581-6, Aug. 1979.
59. TEISSON, C. Le brunissement interne de l'ananas. I - Historique. II - Matériel et méthodes. Fruits, Paris, 34(4):245-61, avr. 1979.
60. _____ & COMBRES, J.C. Le brunissement interne de l'ananas. III - Symptomatologie. Fruits, Paris, 34(5):315-29, mai 1979.
61. _____; LACQUEUILHE, J.J. & COMBRES, J.C. Le brunissement interne de l'ananas. V - Recherches des moyens de lutte. Fruits, Paris, 34(6):399-415, juin 1979.
62. _____; MARTIN-PRÉVEL, P.; COMBRES, J.C. & PY, C. A propos du brunissement interne de l'ananas, accident de la réfrigération. Fruits. Paris, 33(1):48-50, jan. 1978.
63. _____; _____ & MARCHAL, J. Le brunissement interne de l'ananas. VI- Approche biochimique du phénomène. Fruits, Paris, 34(5):329-39, mai 1979.
64. TENA, M.; LOPES-VALBUENA, R. & JORRÍN, J. Induction of phenylalanine ammonia-lyase in hypocotys of sunflower seedlings by light, excision and sucrose. Physiologia Plantarum, Copenhagen, 60(2):159-65, Feb. 1984.
65. TINGWA, P.O. & YOUNG, R.E. The effect of calcium on the ripening of avocado (Persea americana Mill.) fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 99(6):540-2, Nov. 1974.

- X 66. VAN BUREN, J. Fruits fenolics. In: HULME, A.C., ed. The biochemistry of fruits and their products. London, Academic Press, 1970. v.1, p.269-304.
67. VAN LELYVELD, L.J. & DE BRUYN, J.A. Polyphenols, ascorbic acid and related enzyme activities associated with blackheart in cayenne pineapple fruit. Agrochemophysica, South Africa, 9(1):1-6, Mar. 1977.
- X 68. _____ & _____. Sugars and organic acids associated with black heart in cayenne pineapple fruits. Agrochemophysica, South Africa, 8:65-8, 1976.
69. WATKINS, C.B.; HARMAN, J.E.; FERGUSON, I.B. & REID, M.S. The action of lecithin and calcium dips in the control of bitter pit in apple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 107(2):262-5, Mar. 1982.
- X 70. WILLS, B.B.H.; HASSAN, A. & SCOTT, K.J. Effect of storage time at low temperature on the development of black heart in pineapple. Tropical Agriculture, Trinidad, 62(3):199-200, July 1985.
71. _____ & RIGNEY, C.J. Effect of calcium on activity of mitochondria and pectic enzyme isolated from tomato fruits. Journal of Food Biochemistry, Westport, 3(2/3):103-10, 1980.
- X 72. _____; WIMALASIRI, P. & GREENFIELD, H. Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. Journal of Agricultural Food Chemistry, Washington, 32(4):836-8, July/Aug. 1984.
73. ZUCKER, M. Induction of phenylalanine decarboxylase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. Plant Physiology, Baltimore, 40(5):779-84, Sept. 1965.

APÉNDICE

TABELA 3 - Teores médios dos parâmetros físicos e químicos obtidos dos frutos em 3 graus de maturação logo após a colheita.

Grau de Maturação	Parâmetros				
	Índice de E.I.	F.A.L. (u/ml)	F.A.L. esp. (u/ml/mg proteína)	P.F.O. (u/ml/30')	P.F.O. esp. (u/ml/30'/mg proteína)
1	0,00	0,889	12,303	0,180	1,649
2	0,00	2,667	44,445	0,020	0,121
3	0,00	0,778	8,953	0,010	0,056

Grau de Maturação	Parâmetros				
	C. Fenólicos E.M. (mg ác.tân./100g)	C. Fenólicos E.M-A (mg ác.tân./100g)	C. Fenólicos E.A. (mg ác.tân./100g)	C. Fenólicos Totais (mg ác.tân./100g)	Ácido Ascórbico (mg/100g)
1	32,98	27,22	24,84	85,06	10,90
2	33,18	38,55	30,01	101,76	8,98
3	37,95	36,56	33,78	108,37	7,03

Grau de Maturação	Parâmetros				
	% Ác. Ascórbico (mg/100g)	Ác. Dehidroascórbico (mg ác.ascórbico/100g polpa)	Vitamina C (mg/100g polpa)	% Acidez Titulável (ácido cítrico)	pH
1	44,60	13,54	22,44	0,9123	3,17
2	39,43	13,75	22,74	0,9960	3,10
3	31,75	15,09	22,13	1,0360	3,02

Grau de Maturação	Parâmetros				
	Sólidos Solúveis Totais (° Brix)	Açúcares Totais (% glicose)	Açúcares não Redutores (% glicose)	Açúcares Redutores (% glicose)	Pectina Total (mg ác.galacturônico/100g polpa)
1	14,57	11,08	5,90	4,86	282,20
2	15,75	11,14	4,94	5,93	234,37
3	17,02	13,46	6,59	6,51	220,02

Grau de Maturação	Parâmetros			
	Protopectina (mg ác.galacturônico/100g polpa)	% Pectina Solúvel (mg ác.galacturônico/100g polpa)	Pectina Solúvel (mg ác.galacturônico/100g polpa)	Sólidos Totais (mg/100g)
1	185,01	36,40	97,19	16,17
2	104,32	56,32	130,05	17,48
3	112,12	49,27	107,90	18,89

TABELA 4 - Valores médios dos parâmetros físicos e químicos de abacaxis em 3 estádios de maturação, armazenados à 12°C seguido de 1 semana à temperatura ambiente.

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	Índice de EI			Ativ. Pfoxidásica (00/30'/à 425 nm)			Ativ. Pfoxidásica esp. (00/30'/mg proteína)		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 a	0,02 b	0,00 c	0,00 a	0,15 a
7	5,50 a	3,25 b	3,75 ba	0,04 cb	0,00 a	0,01 b	0,29 b	0,00 a	0,03 a
14	9,50 a	5,75 a	7,00 a	0,35 a	0,26 a	0,32 a	2,53 a	2,07 a	3,63 a
21	12,00 a	2,00 b	8,00 a	0,29 bc	0,17 a	0,21 bc	1,91 ba	1,09 a	1,88 a
DMS	9,8871	1,7053	5,1707	0,2612	-	0,2149	1,7538	-	-
C.V. (%)	69,75	46,35	52,53	67,77	116,46	67,76	65,85	114,68	116,48

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	Ativ. FAlisica (u/h/à 290 nm)			Ativ. FAlisica esp. (u/h/mg proteína)			Comp. Fenólicos EM (mg/100 g ác. tânico)		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	0,67 c	2,89 c	8,44 b	15,67 a	63,33 b	168,89 a	32,59 cb	36,17 a	36,17 a
7	40,22 a	54,88 a	57,11 a	717,04 a	954,53 bc	2211,11 a	31,41 c	32,40 a	31,61 a
14	25,33 b	14,89 b	13,11 b	988,89 a	1488,88 a	1311,10 a	37,16 ba	35,97 a	34,39 a
21	15,33 b	4,00 c	10,44 b	537,04 a	400,00 b	102,23 a	38,56 a	37,97 a	38,69 a
DMS	14,2933	9,3396	16,3911	-	905,7515	-	5,1604	-	-
C.V. (%)	30,95	21,51	32,48	68,18	55,02	128,70	7,03	9,09	9,12

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	Comp. fenólicos EM-A (mg ác.tânico/100g polpa)			Comp. fenólicos EA (mg ác.tânico/100g polpa)			Comp. fenólicos totais (mg ác.tânico/100g polpa)		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	33,99 a	35,97 a	35,97 b	34,98 a	34,78 a	40,74 a	101,57 a	107,93 a	112,89 a
7	32,80 a	32,99 a	32,00 b	33,42 a	38,35 a	35,77 a	97,61 a	104,35 a	101,77 a
14	38,95 a	39,55 a	33,99 ba	33,78 a	38,35 a	39,15 a	109,89 a	113,87 a	107,53 a
21	38,56 a	37,76 a	39,49 a	35,38 a	37,77 a	28,35 b	112,50 a	113,50 a	106,54 a
DMS	-	-	6,1164	-	-	5,4742	-	-	-
C.V. (%)	9,01	10,09	8,24	11,58	6,43	7,19	7,00	6,77	5,80

* Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

4,03
14,42
18,45

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	Ác. ascórbico (mg/100 g)			Ác. Dehidroascórbico (mg ác. ascórbico/100g polpa)			Vitamina C (mg ác. ascórbico/100g polpa)		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	4,03 a	3,41 a	4,32 b	14,42 a	16,50 a	16,36 a	18,45 b	19,91 a	20,68 b
7	1,23 a	3,79 a	0,47 c	17,88 a	16,64 a	16,68 a	19,05 ba	19,50 a	17,15 c
14	2,11 a	3,48 a	2,96 cb	17,60 a	17,33 a	16,71 a	19,71 ba	20,81 a	19,67 b
21	2,76 a	5,72 a	9,28 a	19,90 a	16,67 a	13,66 b	22,66 a	22,40 a	22,94 a
DMS	-	-	2,7845	-	-	2,6352	3,6886	-	1,8109
C.V. (%)	63,82	60,89	31,13	14,15	12,98	7,92	8,80	7,02	4,29

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	% Ácido Ascórbico			% Acidez Titulável (ácido cítrico)			pH		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	22,04 a	17,02 a	20,54 a	0,65 a	0,80 ba	0,65 a	3,10 c	3,10 b	3,10 c
7	6,36 a	24,60 a	5,48 a	0,77 a	1,04 a	0,78 a	3,40 b	3,42 a	3,50 a
14	11,57 a	16,68 a	15,03 a	0,65 a	0,77 b	0,83 a	3,46 a	3,41 a	3,45 ba
21	11,98 a	25,10 a	40,68 a	0,80 a	0,88 ba	0,75 a	3,40 b	3,40 a	3,43 b
DMS	-	-	-	-	0,2476	-	0,0514	0,0556	0,0514
C.V. (%)	70,33	43,78	31,29	12,87	13,52	5,93	0,72	0,78	0,70

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	Açúcares Totais (% glicose)			Açúcares não Redutores (% glicose)			Açúcares Redutores (% glicose)		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	11,01 ba	10,52 b	11,68 cb	5,90 ba	5,31 cb	7,09 a	4,81 b	4,93 b	4,22 c
7	10,45 b	11,69 b	13,02 ba	5,09 cb	6,63 b	7,74 a	5,75 ba	5,41 b	5,90 b
14	12,54 a	13,46 a	14,01 a	6,84 a	8,34 a	7,85 a	5,34 b	5,32 b	5,75 b
21	10,90 ba	11,50 b	10,53 c	3,78 c	4,22 c	3,55 b	6,93 a	6,54 a	6,79 a
DMS	1,7311	1,4131	1,4476	1,6774	1,3358	1,4006	1,1865	0,9457	0,6984
C.V. (%)	7,34	5,71	5,60	14,80	10,39	10,17	9,90	8,11	5,87

* Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	Pectina Total (mg ác.galacturônico/100g polpa)			Protopectina (mg ác.galacturônico/100g polpa)			Pectina Solúvel (mg ác.galacturônico/100g polpa)		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	160,54 ba	162,63 c *	172,18 b	67,92 a	34,82 b	18,36 c	118,64 cb	127,80 b	156,43 b
7	110,06 c	133,92 b	120,59 b	25,87 a	45,15 b	40,88 ba	84,18 c	88,78 c	88,78 c
14	179,85 b	224,78 a	231,51 a	25,25 a	44,17 b	20,28 cb	154,60 ba	180,61 a	213,75 a
21	227,71 a	251,88 a	234,76 a	60,30 a	90,68 a	58,16 a	167,42 a	159,95 a	176,53 ba
DMS	45,4566	28,6016	59,0360	-	35,1189	21,7010	46,1977	23,5806	42,0375
C.V. (%)	12,57	7,05	14,81	59,70	31,14	30,02	16,77	8,06	12,60

Dias de Refrigeração	Parâmetros								
	% Pectina Solúvel			Sólidos Totais (mg/100 g)			Cálcio (μ g/100 g)		
	Graus de Maturação								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	63,26 a	78,90 a	89,60 a	15,76 a	16,46 c	17,82 a	9,90 a	12,30 a	8,80 a
7	76,50 a	67,58 a	68,41 b	16,54 a	16,76 cb	17,26 a	10,00 a	9,20 a	12,70 a
14	87,82 a	80,43 a	91,62 a	16,21 a	17,57 b	17,09 a	9,00 a	9,60 a	13,40 a
21	73,78 a	63,81 a	75,19 b	16,15 a	18,63 a	18,98 a	12,70 a	8,60 a	11,00 a
DMS	-	-	8,8321	-	0,8358	-	-	-	-
C.V. (%)	15,95	12,58	5,18	4,35	2,29	13,40	24,98	29,73	37,04

* Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5 - Níveis de significância da análise de variância referente aos parâmetros físicos e químicos de abacaxis em 3 estádios de maturação, armazenados a 12°C seguido de 1 semana à temperatura ambiente.

Parâmetros	Nível de significância		
	Graus de maturação		
	1	2	3
Índice de EI	1,8370	0,0292	0,2542
Ativ. PFO	1,2700	8,3281	0,9883
Ativ. PFO esp.	1,0298	6,4353	8,7216
Ativ. FAL	0,0385	0,0001	0,0093
Ativ. FAL esp.	7,3922	1,0846	20,4927
C. fenólicos EM	0,3458	15,7244	5,9453
C. fenólicos EM-A	4,1803	13,8177	2,0107
C. fenólicos EA	87,9765	16,1961	0,0100
C. fenólicos totais	4,6884	25,8170	14,6394
Ácido ascórbico	14,9112	53,5213	0,0006
% ácido ascórbico	5,9393	40,7893	0,0039
Ác. dehidroascórbico	5,4958	14,9266	1,3228
Vitamina C	2,4556	6,5304	0,0006
% acidez titulável	64,9943	2,8382	5,067
p-	< 0,0000	< 0,0000	< 0,0000
Sólidos totais	50,5775	0,0026	24,1593
Açúcares totais	1,9666	0,0413	0,0065
Açúcares não redutores	0,1106	0,0006	0,0002
Açúcares redutores	0,1268	0,1763	0,0001
Pectina total	0,0066	< 0,0000	0,0235
Protopectina	8,4041	0,2135	0,0405
Pectina solúvel	0,0723	< 0,0000	0,0012
% pectina solúvel	8,4125	6,0193	0,0010
Cálcio	26,1801	36,4254	43,7819

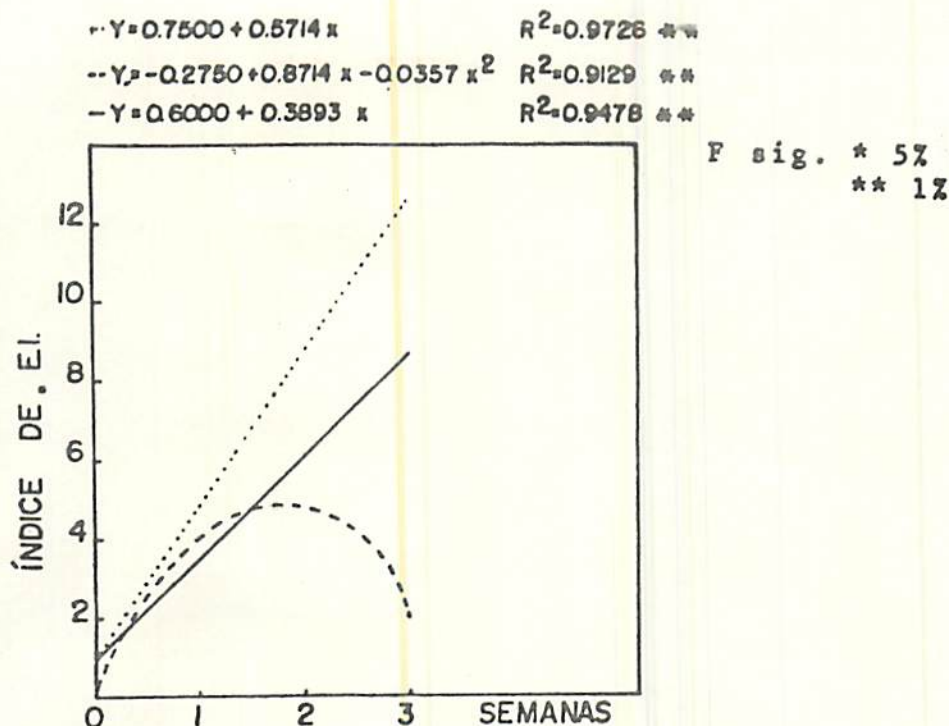


Figura 7 - Curvas de regressão entre o índice de EI e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—).

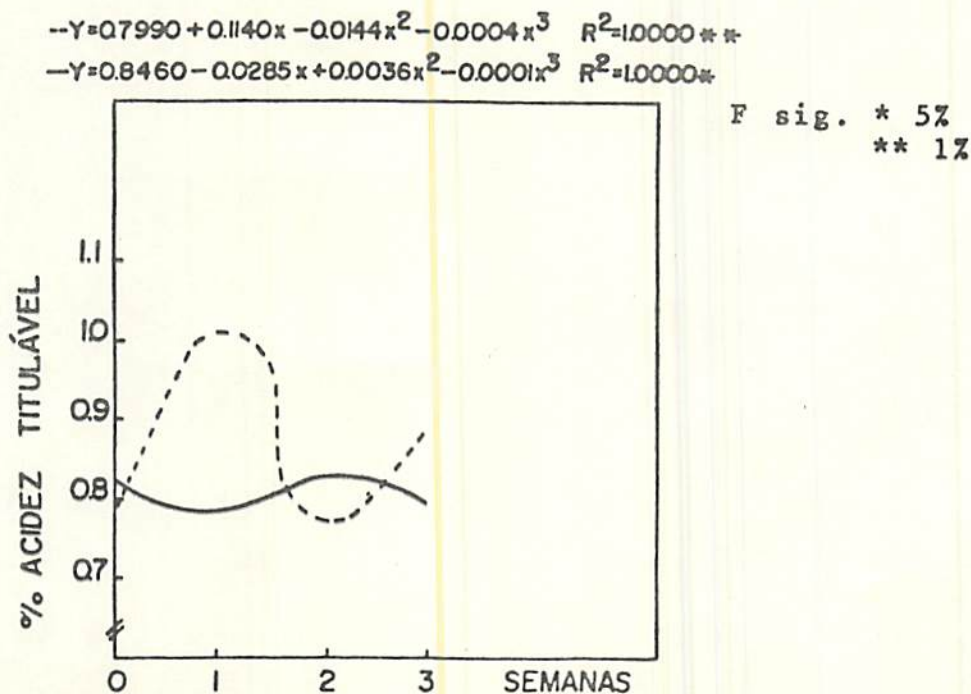


Figura 8 - Curvas de regressão entre a % de acidez titulável e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—), expressas em % de ácido cítrico.

$$-Y=3.1056 + 0.0526x - 0.0019x^2 \quad R^2=0.9922 **$$

$$-Y=3.1173 + 0.0485x - 0.0017x^2 \quad R^2=0.9183 **$$

$$-Y=3.1241 + 0.0583x - 0.0021x^2 \quad R^2=0.8839 **$$

F sig. * 5%
** 1%

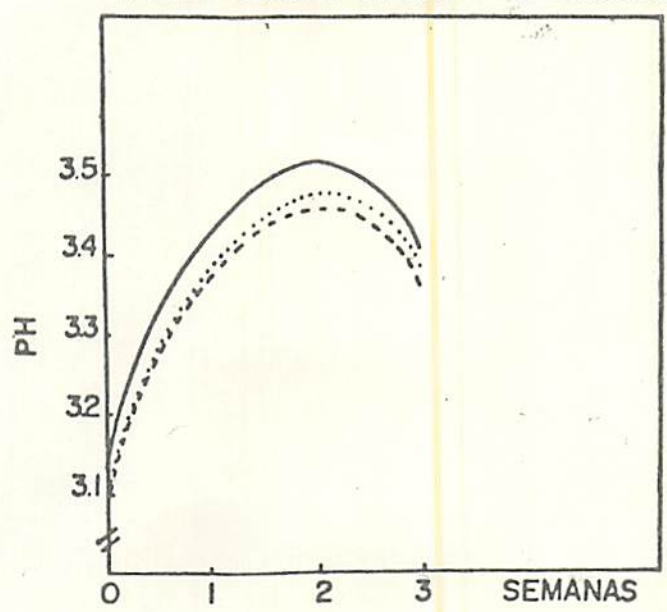


Figura 9 - Curvas de regressão entre o pH e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—).

3 5 7 9 11 13 grau 3

F sig. * 5%
** 1%

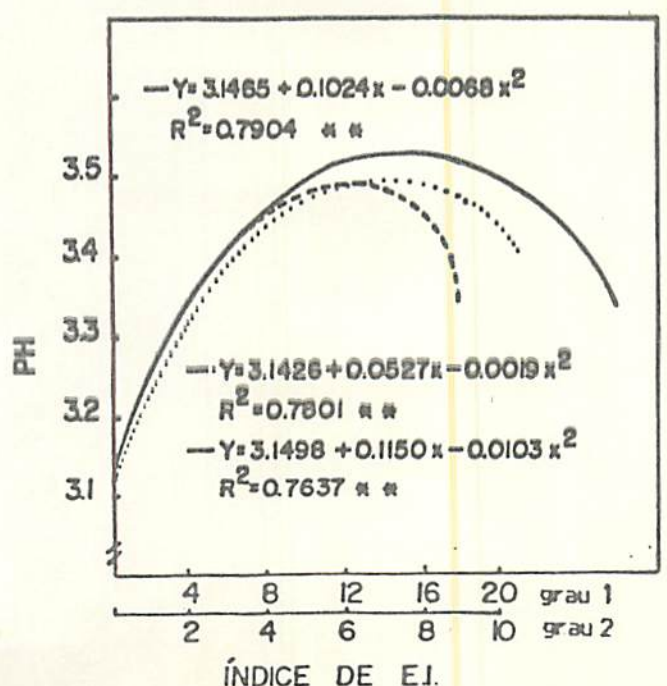


Figura 10 - Curvas de regressão entre o pH e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—).

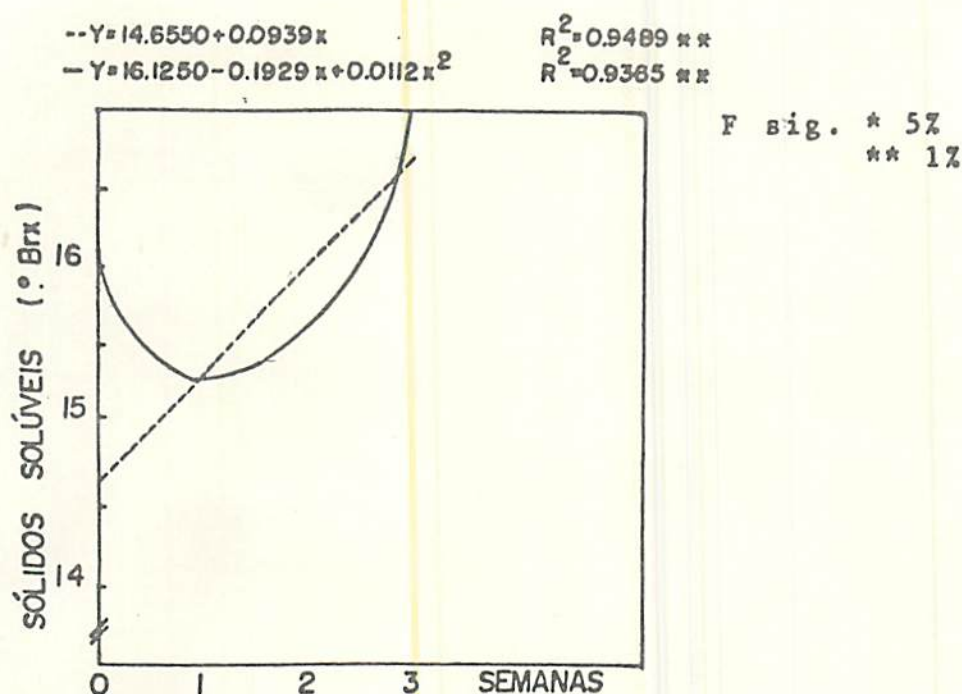


Figura 11 - Curvas de regressão entre os sólidos solúveis totais e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(—) e 3-(—), expressas em °Brix.

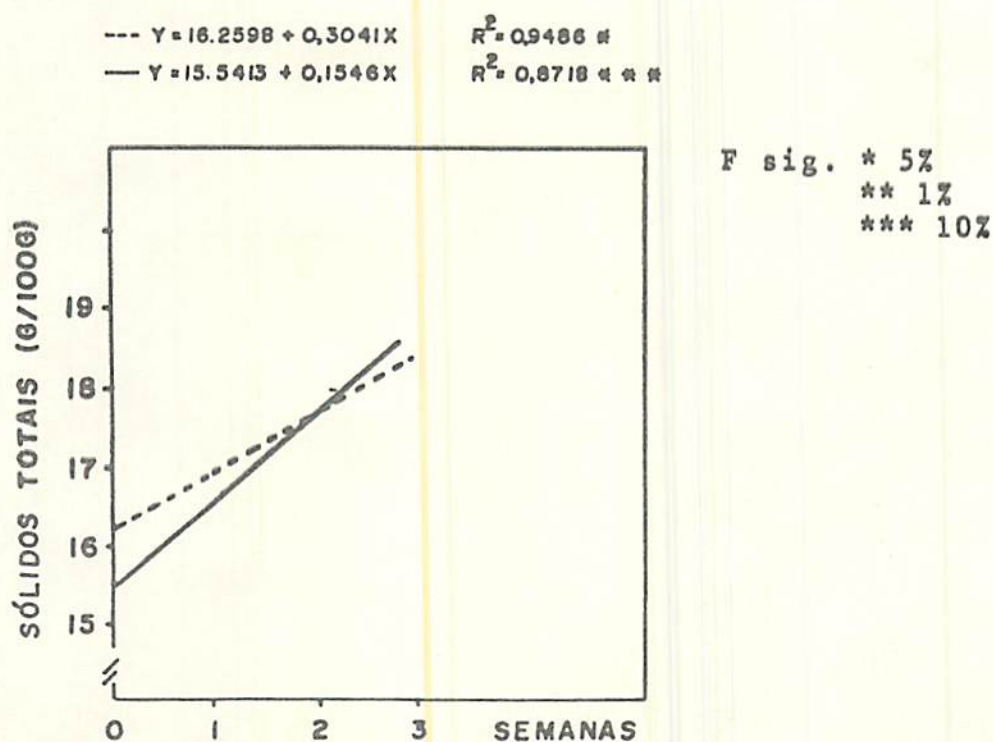


Figura 12 - Curvas de regressão entre os sólidos totais e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(—) e 3-(—).

$$-Y = 11.0125 - 0.5596x + 0.0917x^2 - 0.0031x^3 \quad R^2 = 1.0000 \quad **$$

$$-Y = 10.5200 - 0.0814x + 0.0502x^2 - 0.0021x^3 \quad R^2 = 1.0000 \quad *$$

$$-Y = 11.6775 + 0.0224x + 0.0382x^2 - 0.0020x^3 \quad R^2 = 1.0000 \quad *$$

F sig. * 5%
** 1%

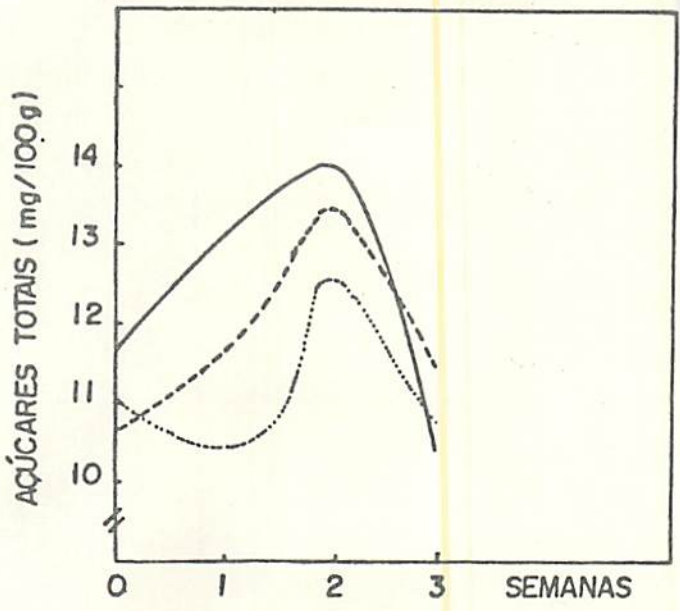


Figura 13 - Curvas de regressão entre os açúcares totais e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—), expressas em % de glicose.

$$-Y = 5.9000 - 0.6508x + 0.1014x^2 - 0.0036x^3 \quad R^2 = 1.0000 \quad **$$

$$-Y = 5.3125 - 0.1389x + 0.0679x^2 - 0.0030x^3 \quad R^2 = 1.0000 \quad **$$

$$-Y = 7.0925 - 0.0539x + 0.0340x^2 - 0.0019x^3 \quad R^2 = 1.0000 \quad *$$

F sig. * 5%
** 1%

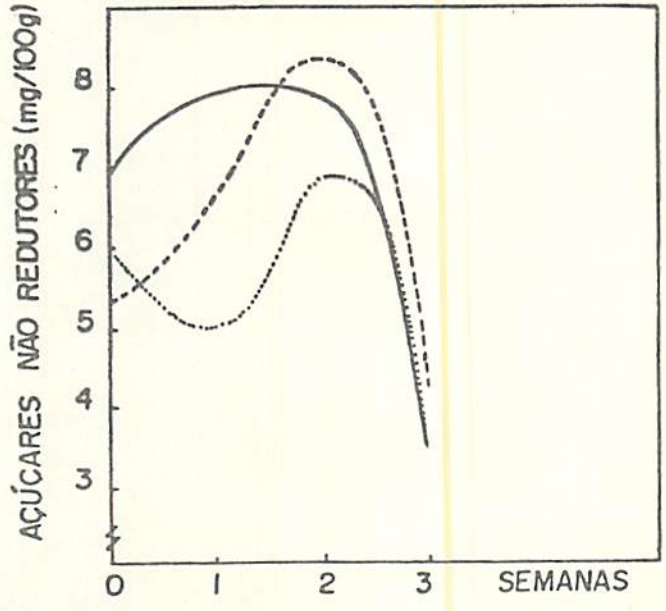


Figura 14 - Curvas de regressão entre os açúcares não redutores e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—), expressas em % de glicose.

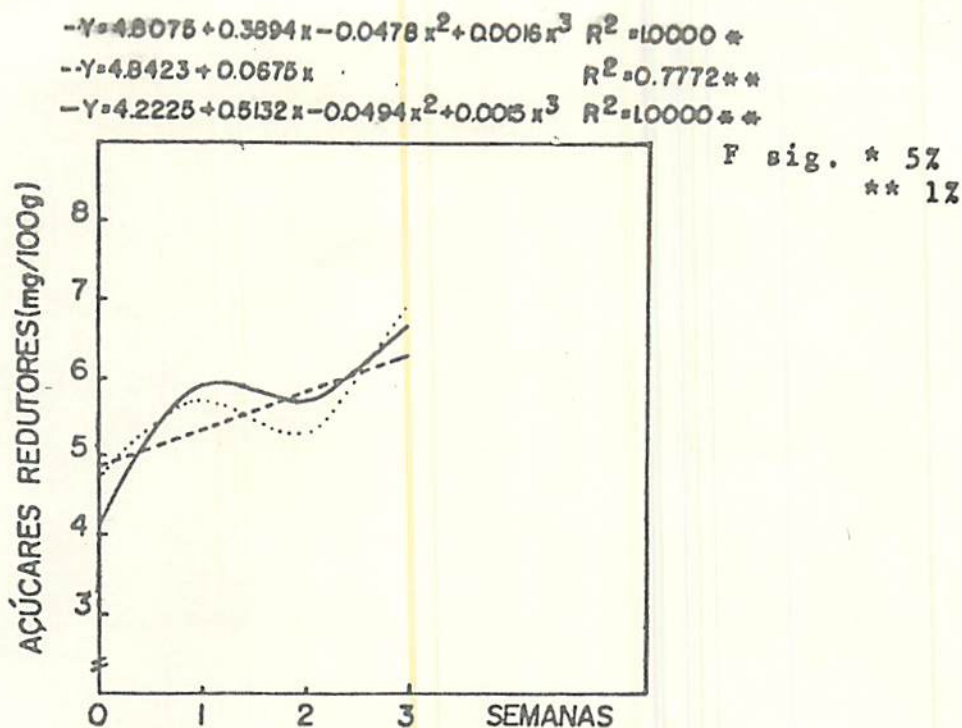


Figura 15 - Curvas de regressão entre os açúcares não redutores e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—), expressas em % de glicose.

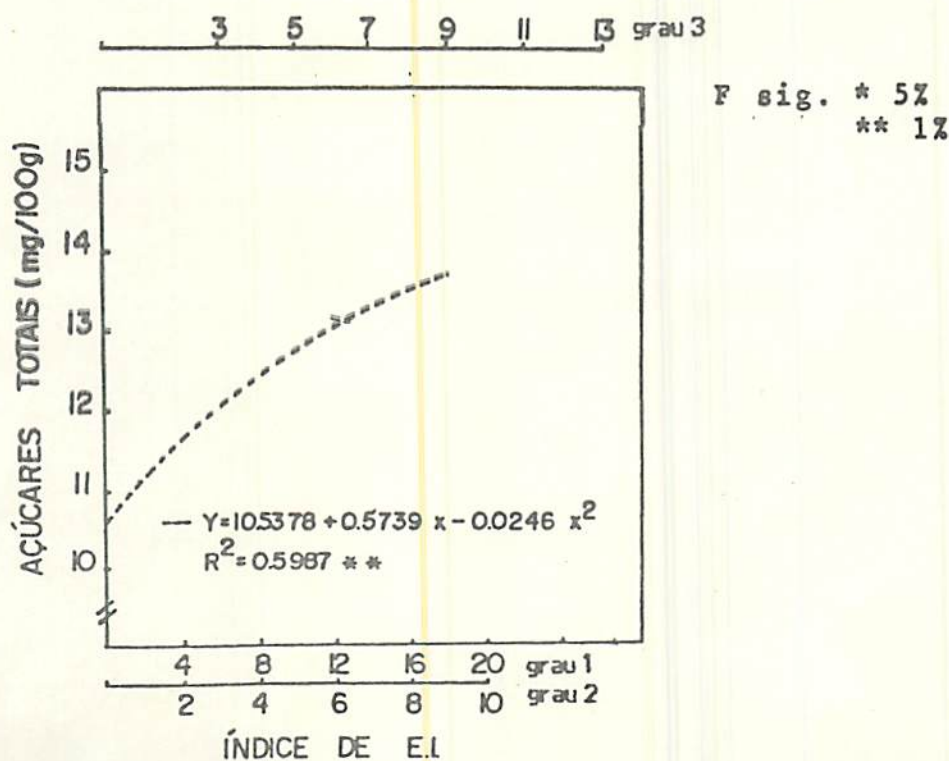


Figura 16 - Curvas de regressão entre os açúcares totais e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—), expressas em % de glicose.

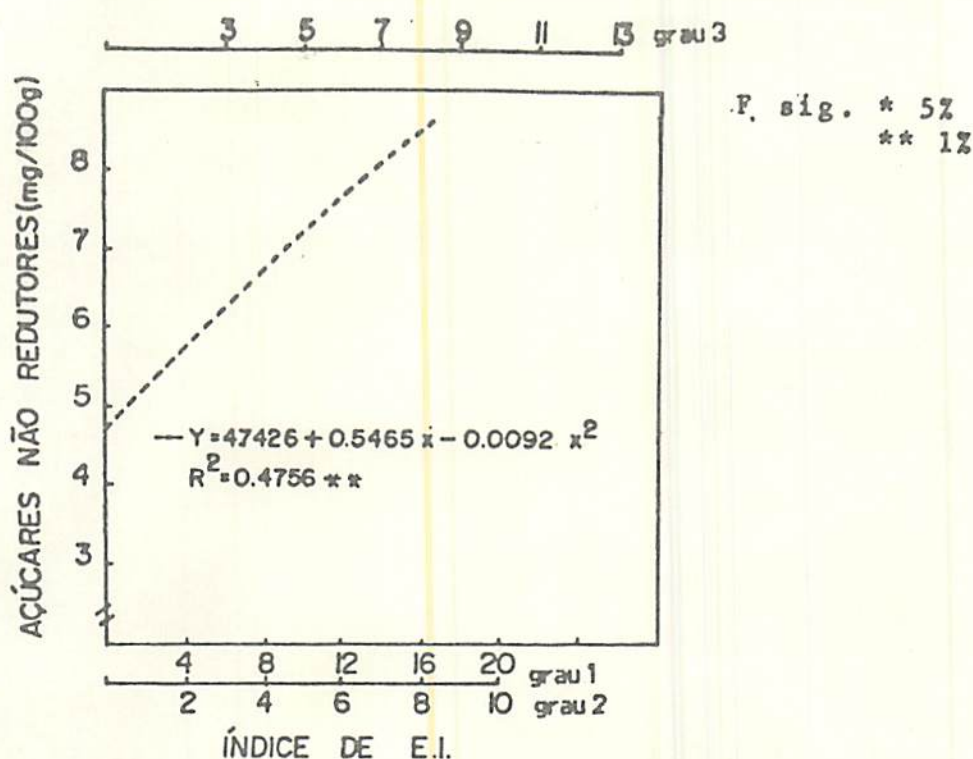


Figura 17 - Curvas de regressão entre os açúcares redutores e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(--), e 3-(—), expressas em % de glicose.

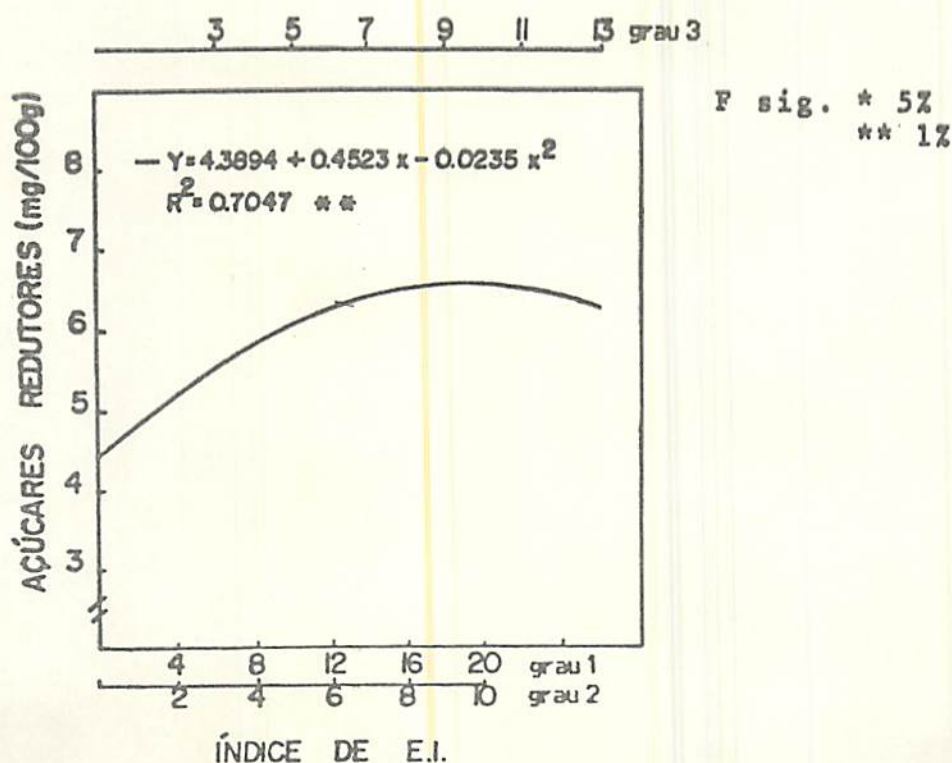


Figura 18 - Curvas de regressão entre os açúcares redutores e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(--), e 3-(—), expressas em % de glicose.

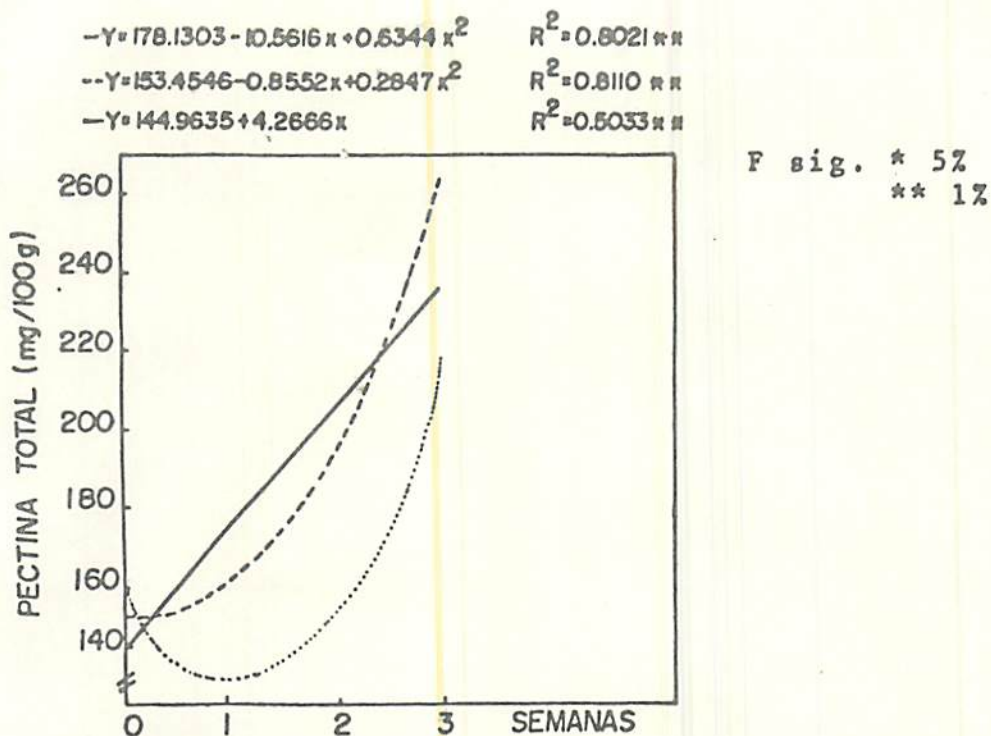


Figura 19 - Curvas de regressão entre a pectina total e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido galacturônico/100g polpa.

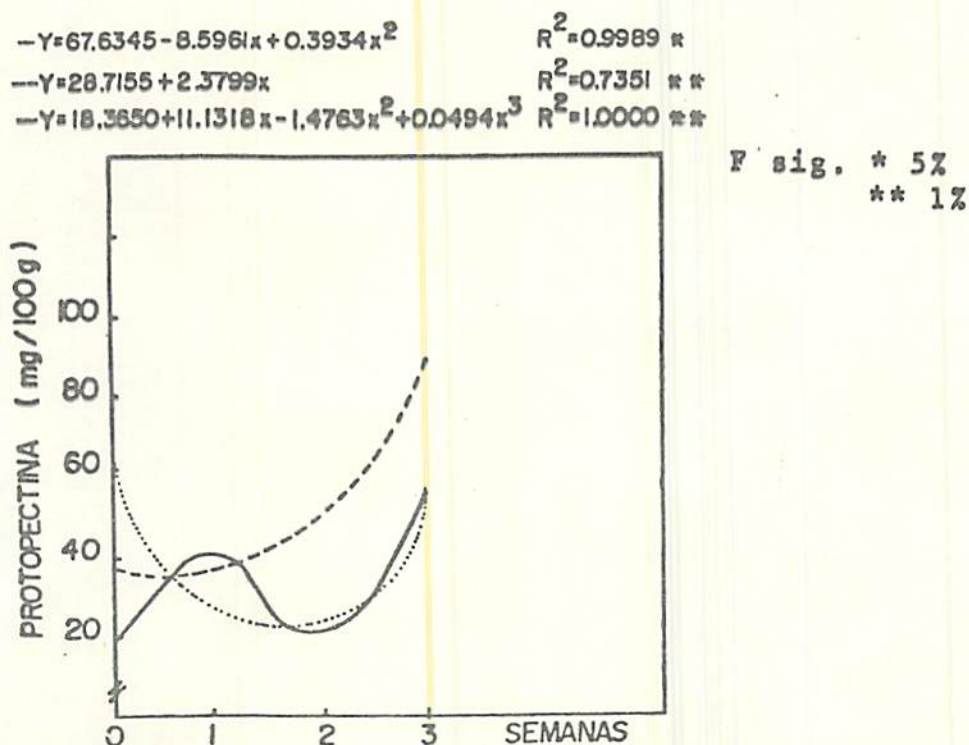


Figura 20 - Curvas de regressão entre a protopectina e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido galacturônico/100g polpa.

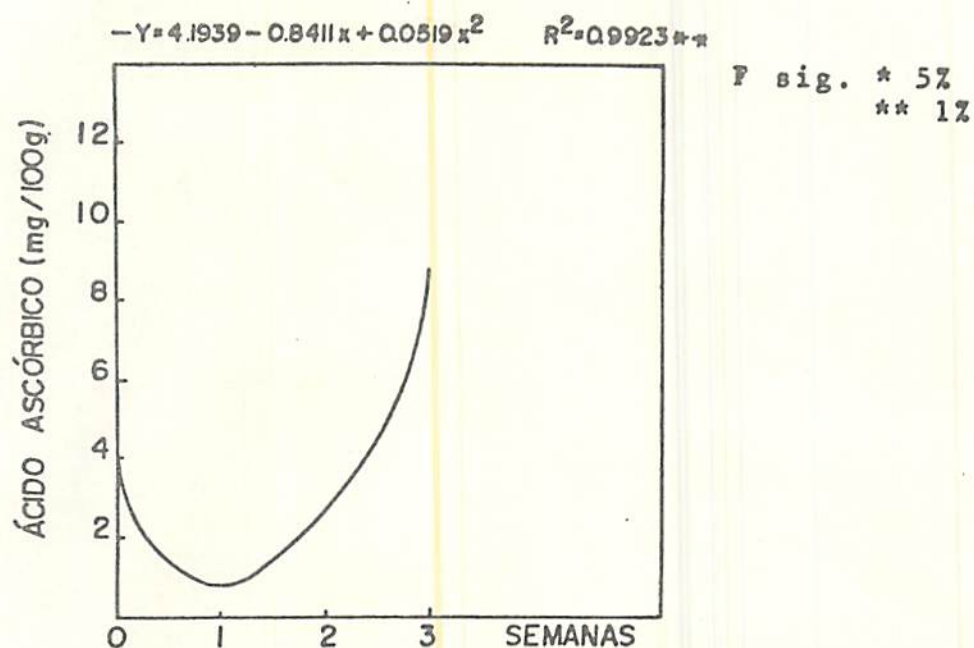


Figura 21 - Curvas de regressão entre o ácido ascórbico e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido L-ascórbico/100g polpa.

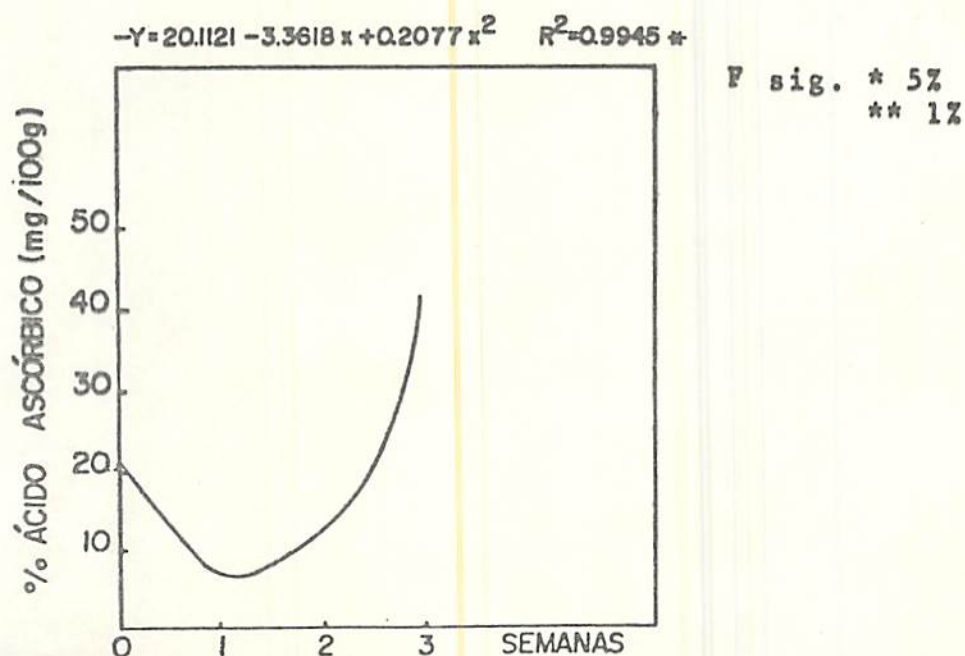


Figura 22 - Curvas de regressão entre a % de ácido ascórbico e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido L-ascórbico/100g polpa.

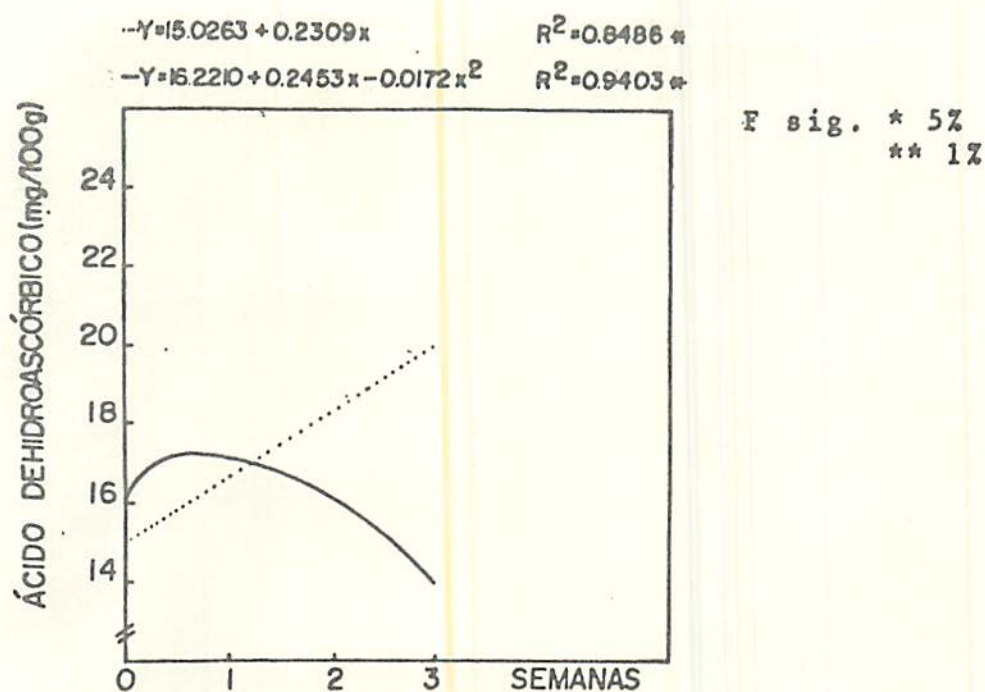


Figura 23 - Curvas de regressão entre o ácido dehidroascórbico e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido L-ascórbico/100g polpa.

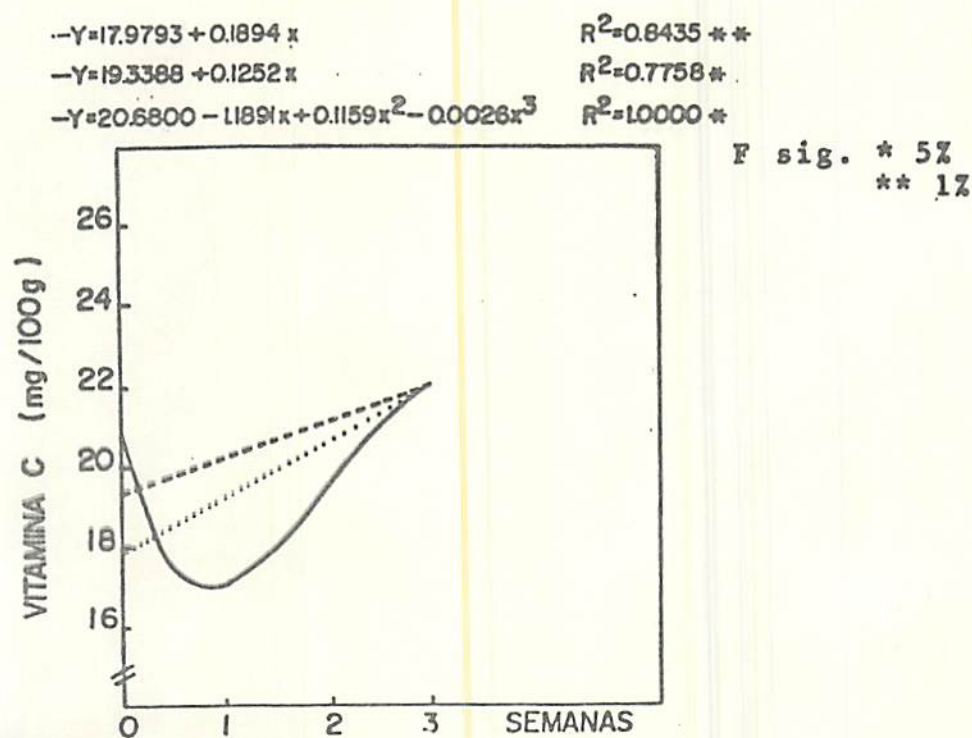


Figura 24 - Curvas de regressão entre a vitamina C e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...); 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido L-ascórbico/100g polpa.

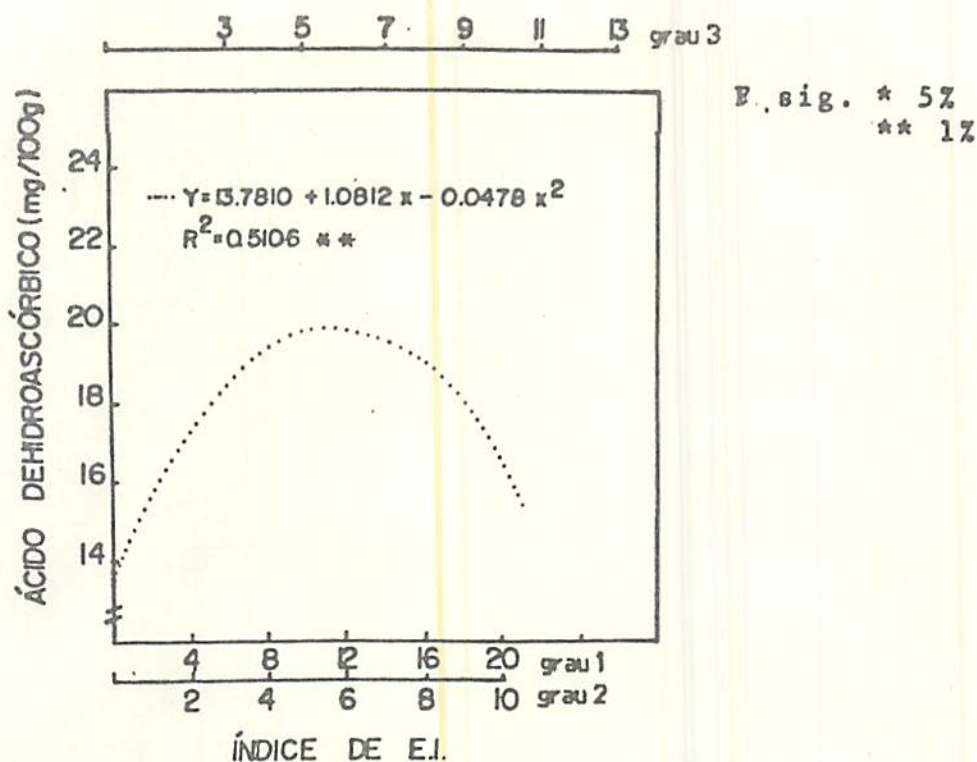


Figura 25 - Curvas de regressão entre o ácido dehidroascórbico e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido L-ascórbico/100g polpa.

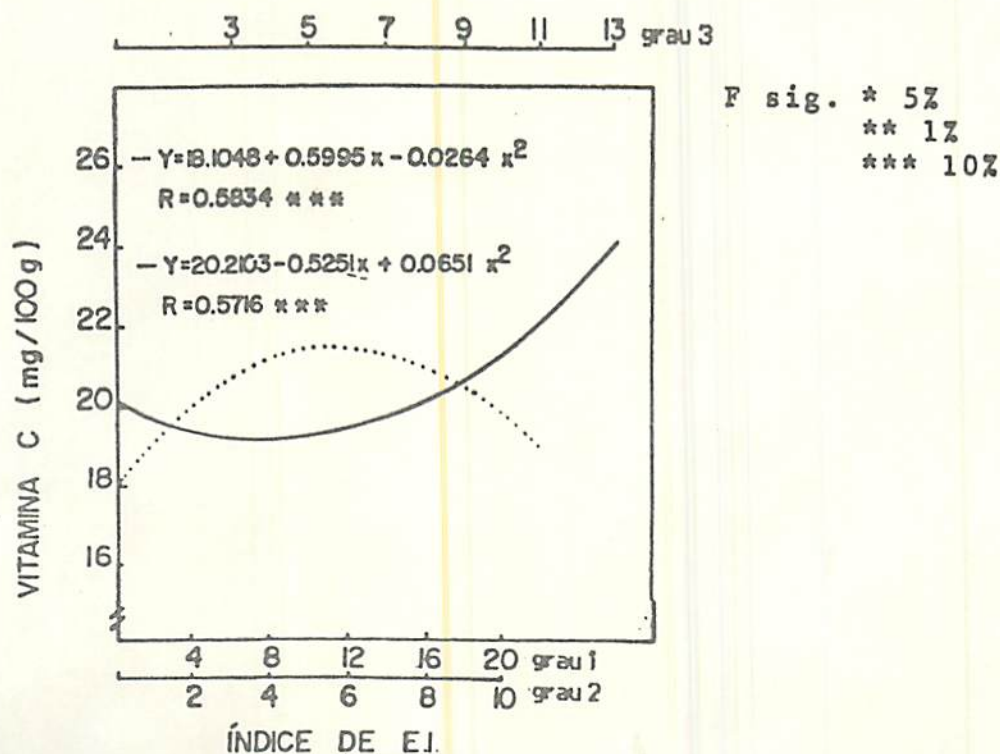


Figura 26 - Curvas de regressão entre a vitamina C e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido L-ascórbico/100g polpa.

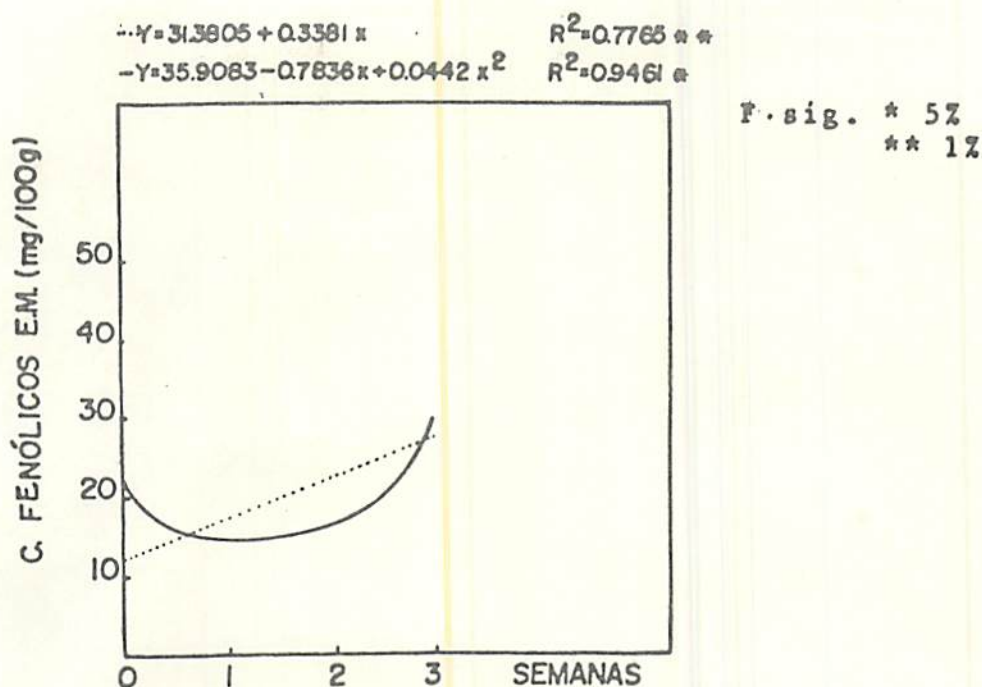


Figura 27 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos extraíveis em metanol e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

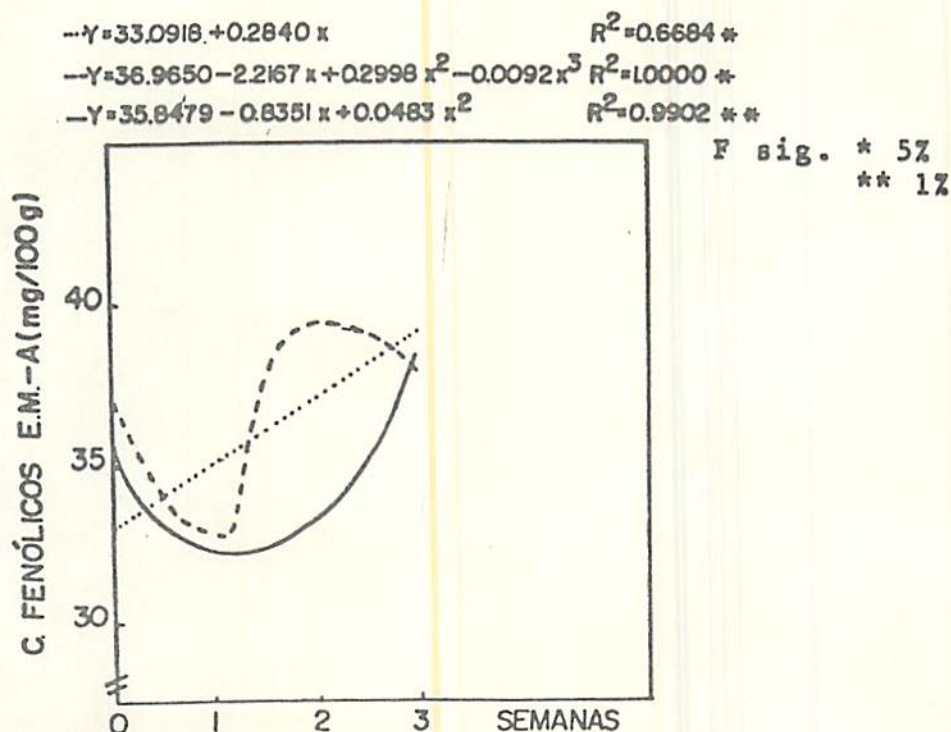


Figura 28 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos extraíveis em metanol e água e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(---) e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

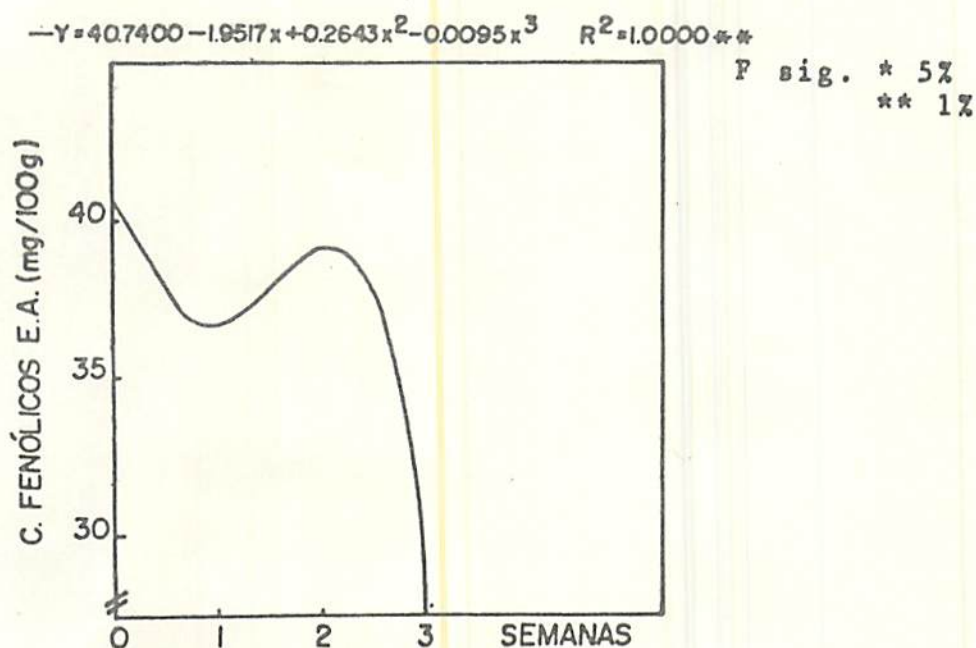


Figura 29 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos extraíveis em água e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(-- --) e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

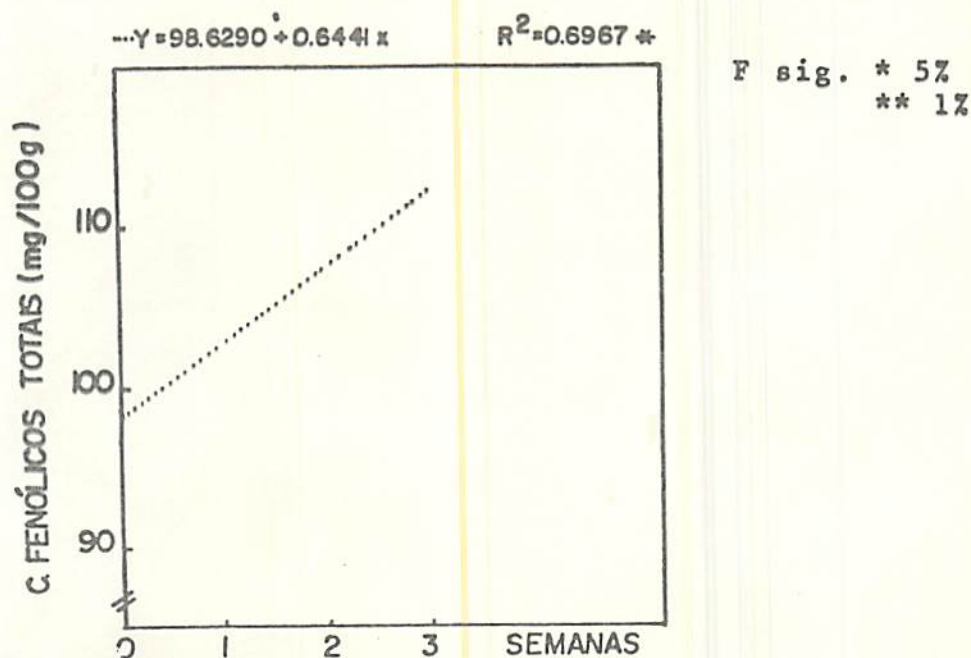


Figura 30 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos totais e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(-- --) e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

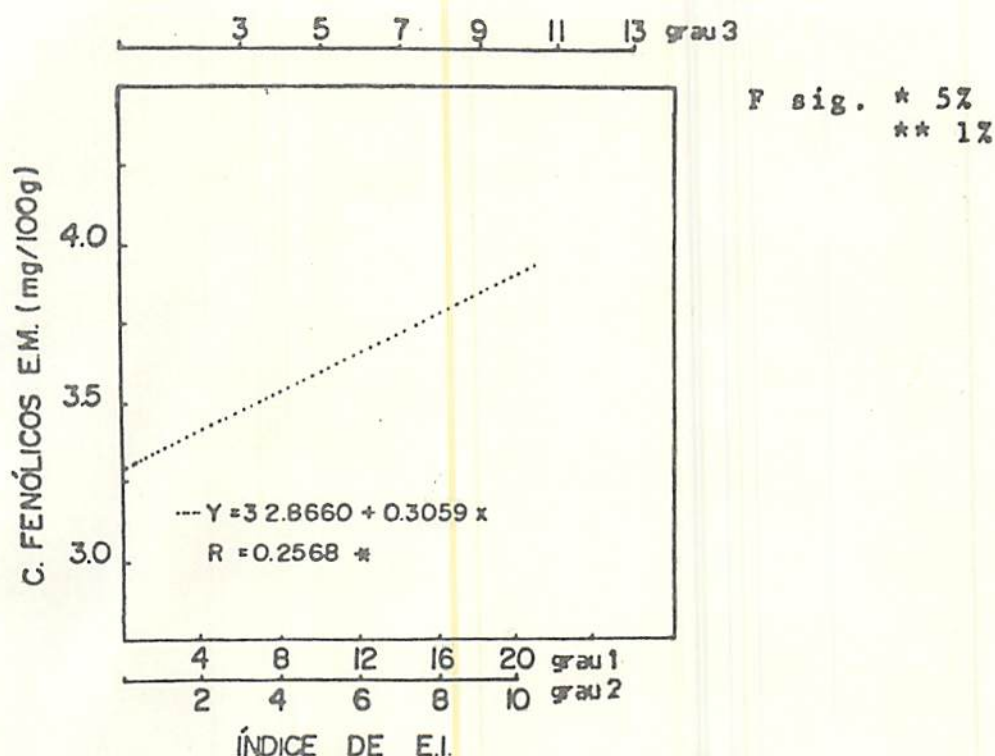


Figura 31 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos extraíveis em metanol e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(-- --) e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

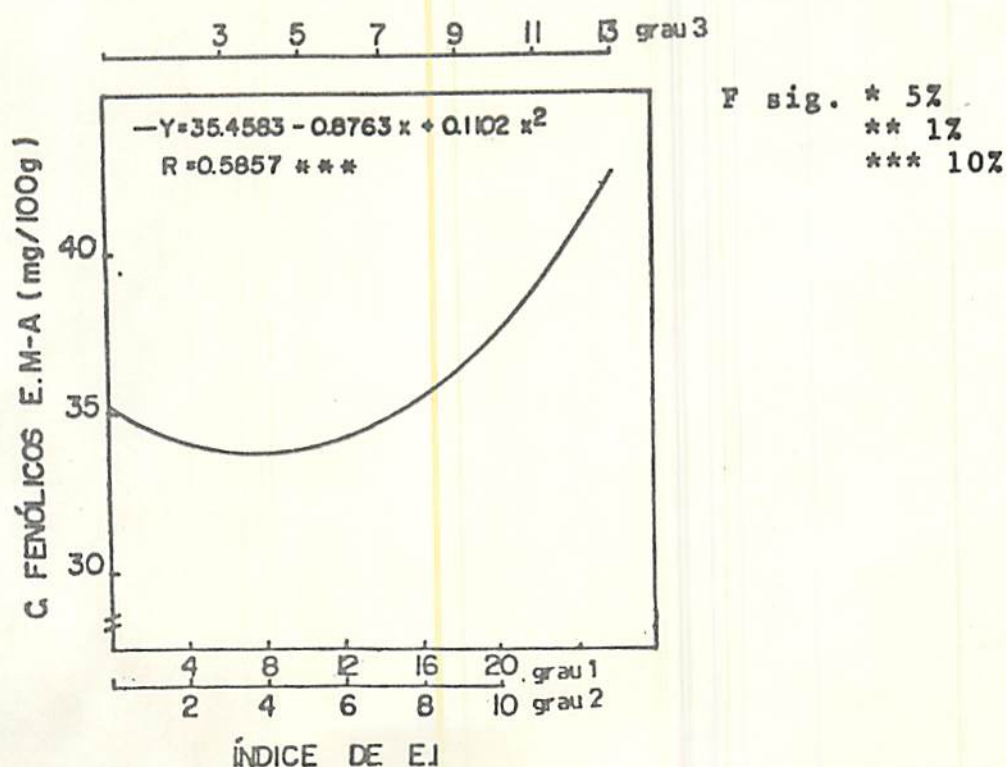


Figura 32 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos extraíveis em metanol e água e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(-- --) e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

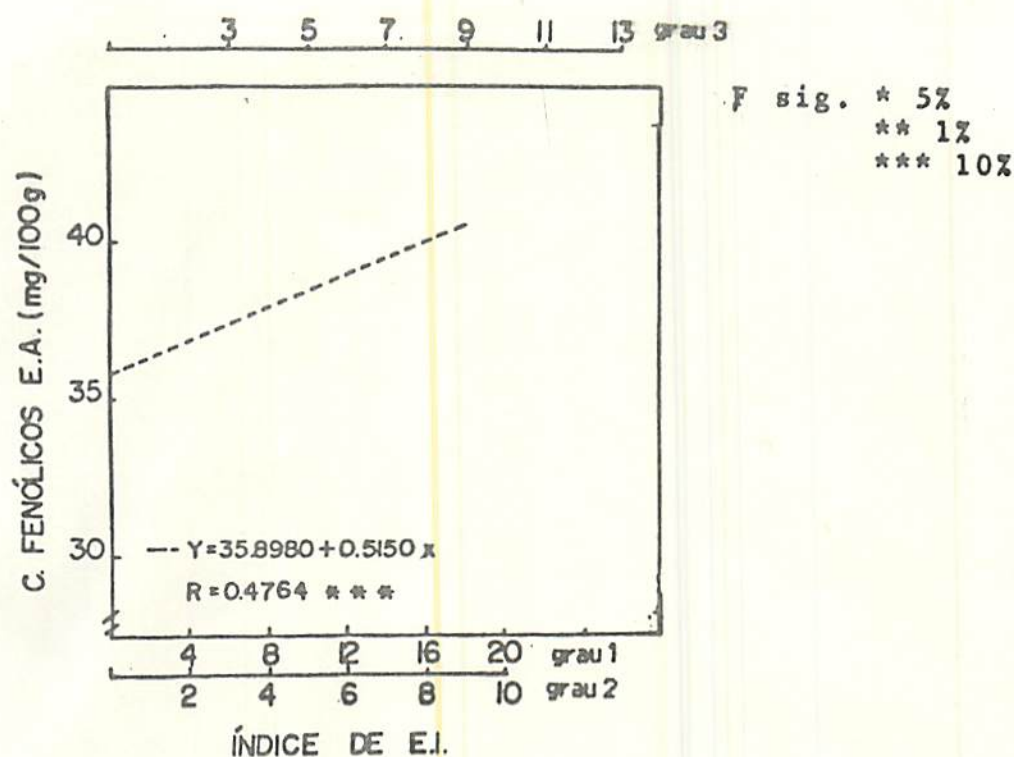


Figura 33 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos extraíveis em água e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(--), e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

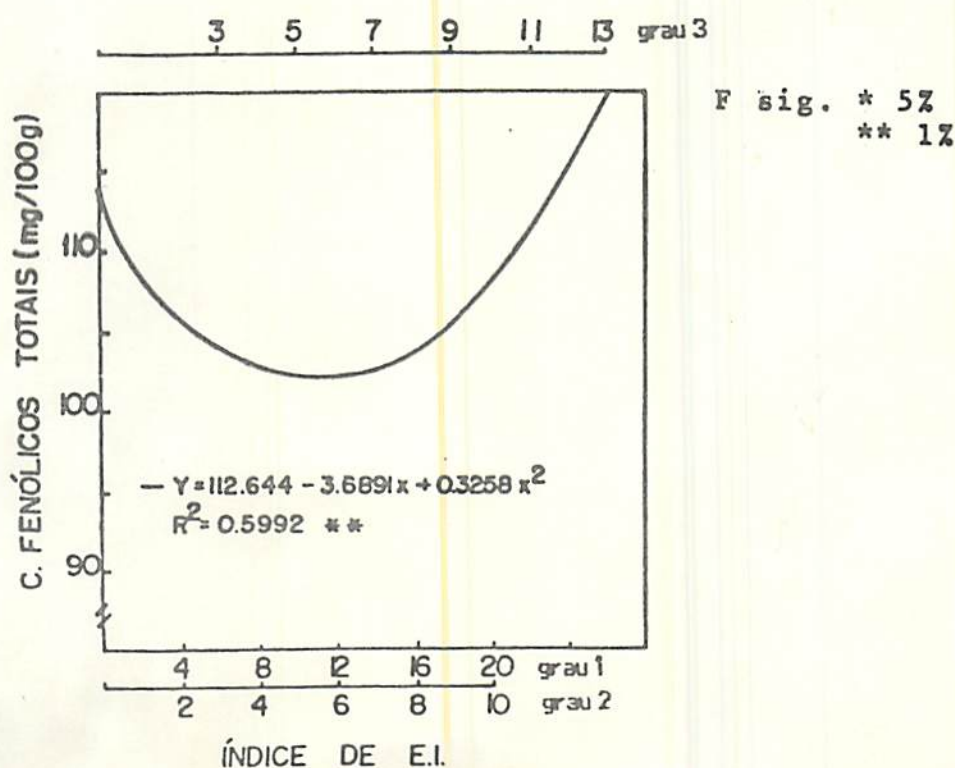


Figura 34 - Curvas de regressão entre os c. fenólicos totais e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(--), e 3-(—), expressas em mg ácido tânico/100g polpa.

$$\begin{aligned} \dots Y &= 0.6667 + 12.3651x - 1.1810x^2 + 0.0288x^3 & R^2 &= 1.0000 \quad ** \\ -Y &= 2.8890 + 19.7667x - 2.1746x^2 + 0.0589x^3 & R^2 &= 1.0000 \quad ** \\ -Y &= 8.4447 + 19.9523x - 2.3129x^2 + 0.0651x^3 & R^2 &= 1.0000 \quad ** \end{aligned}$$

F sig. * 5%
** 1%

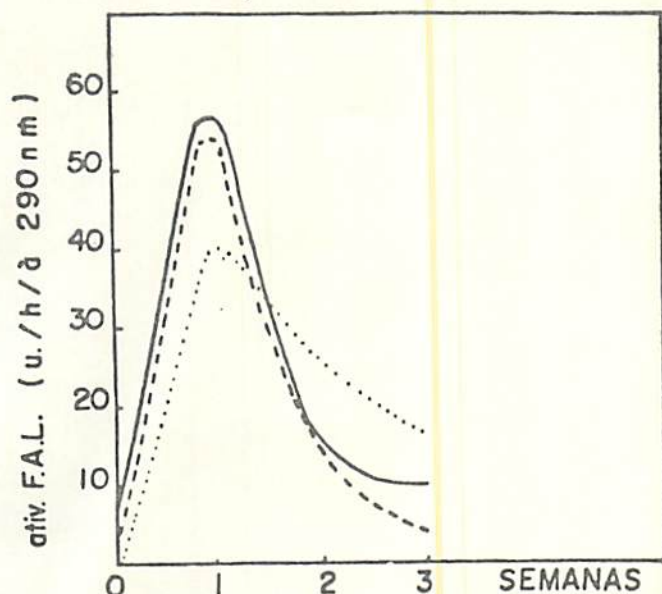


Figura 35 - Curvas de regressão entre a atividade FAL e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—).

$$\begin{aligned} -Y &= 1.9078 + 149.6376x - 5.8787x^2 & R^2 &= 0.9914 \quad * \\ -Y &= 0.0769 + 234.2501x - 10.1045x^2 & R^2 &= 0.9322 \quad ** \\ -Y &= 303.5614 + 328.7594x - 16.2811x^2 & R^2 &= 0.8771 \quad *** \end{aligned}$$

F sig. * 5%
** 1%
*** 10%

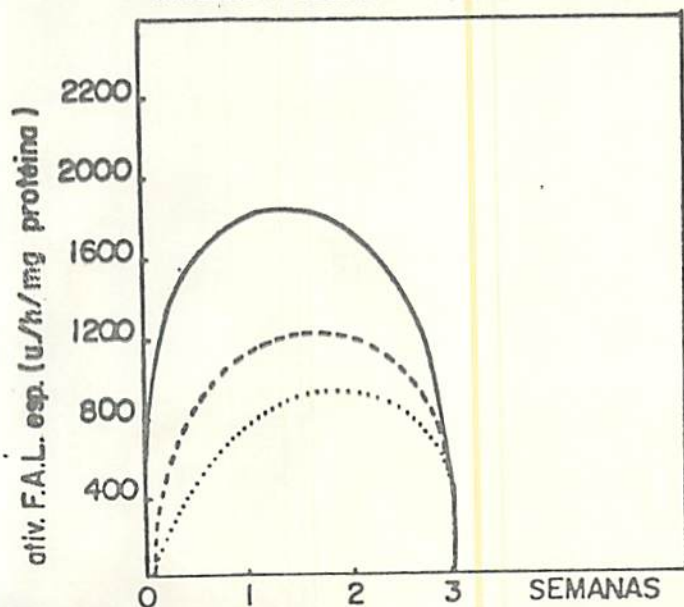


Figura 36 - Curvas de regressão entre a atividade FAL específica e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—).

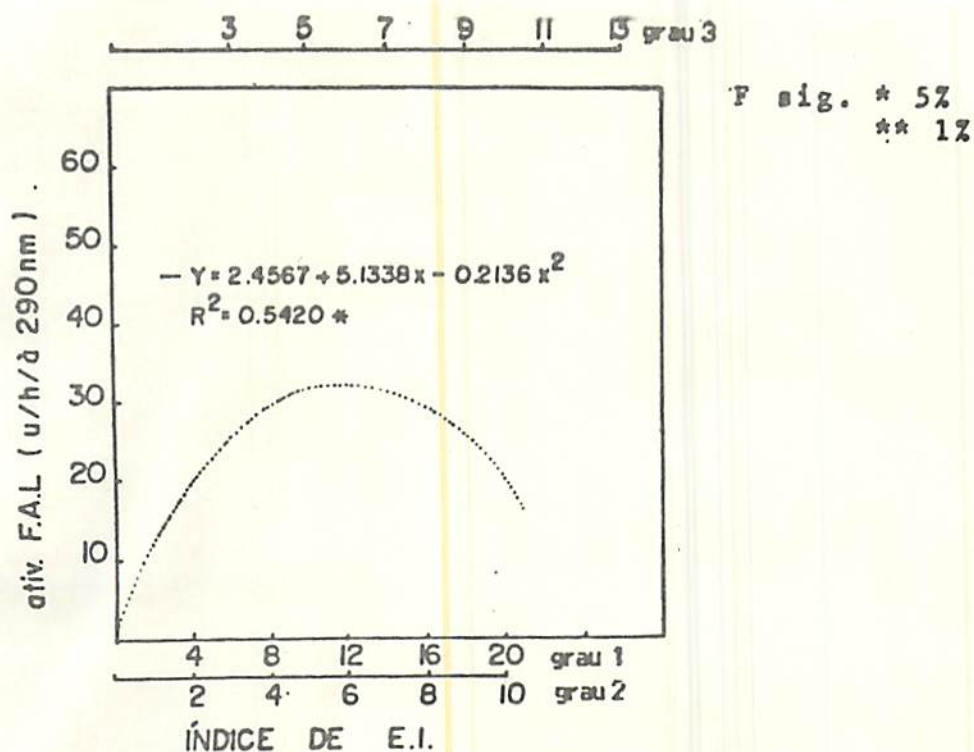


Figura 37 - Curvas de regressão entre a atividade FAL e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(--) e 3-(—).

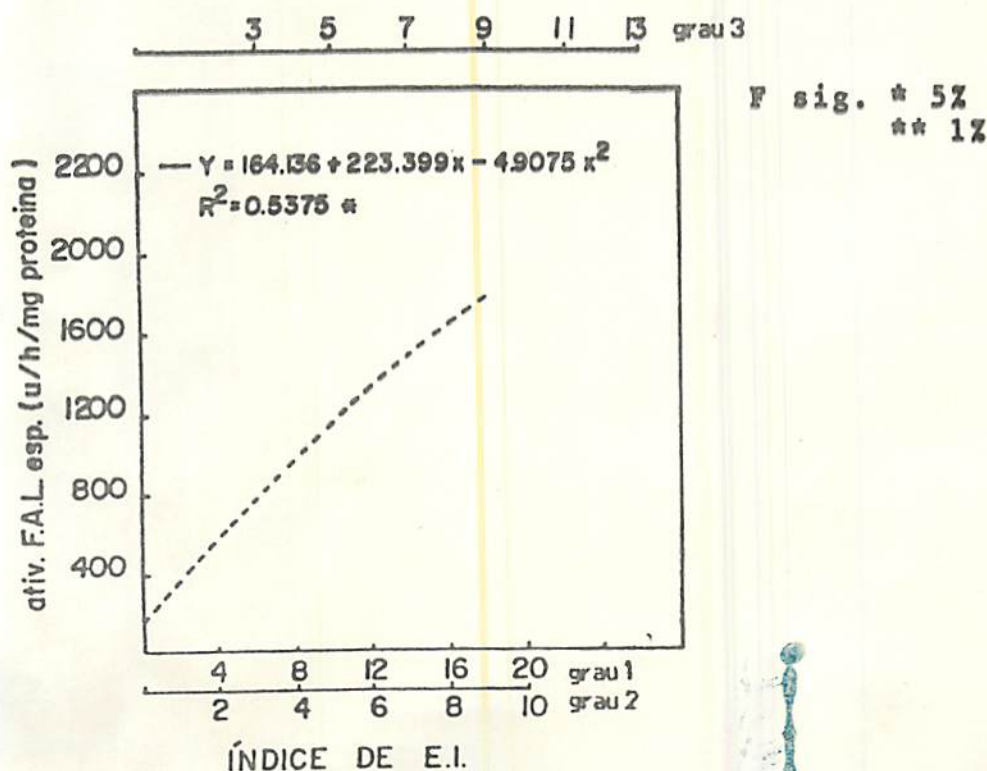


Figura 38 - Curvas de regressão entre a atividade FAL específica e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(---), 2-(--) e 3-(—).

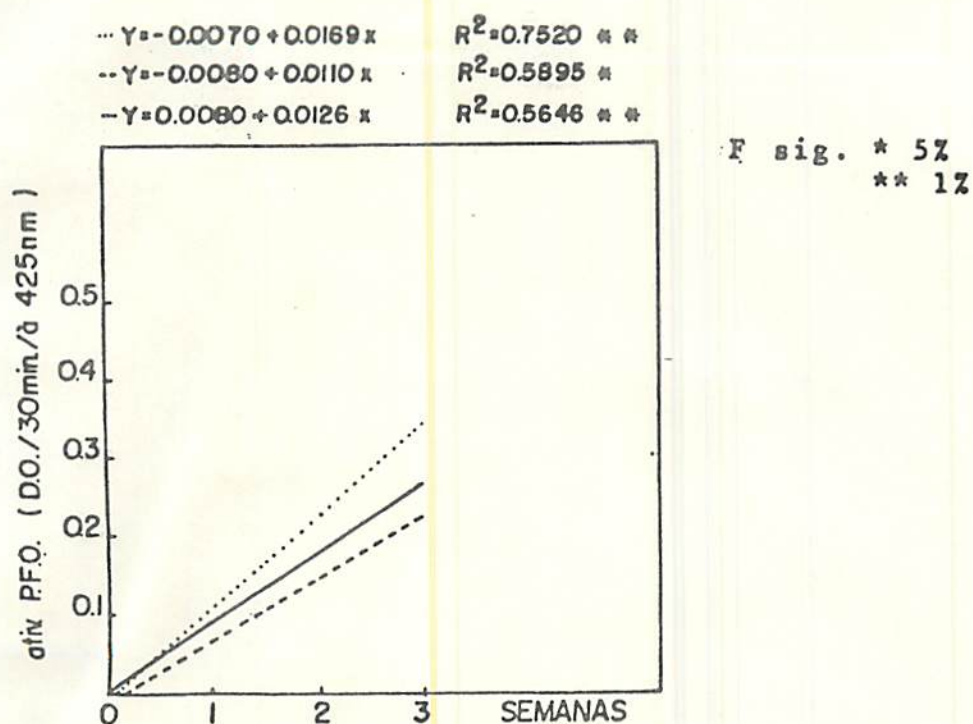


Figura 39 - Curvas de regressão entre a atividade PFO e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(--) e 3-(—).

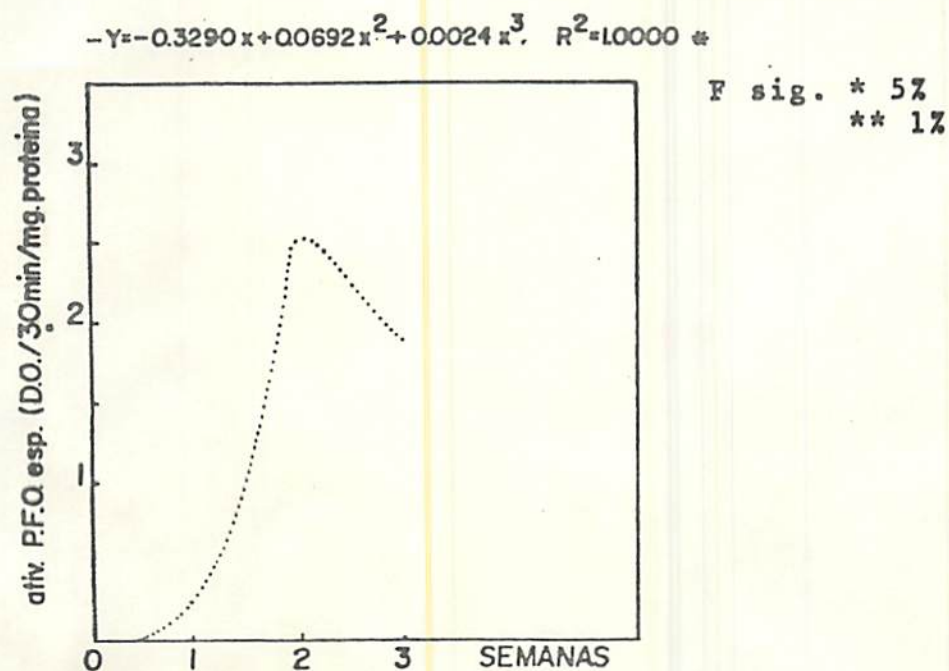


Figura 40 - Curvas de regressão entre a atividade PFO específica e semanas de refrigeração para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(--) e 3-(—).

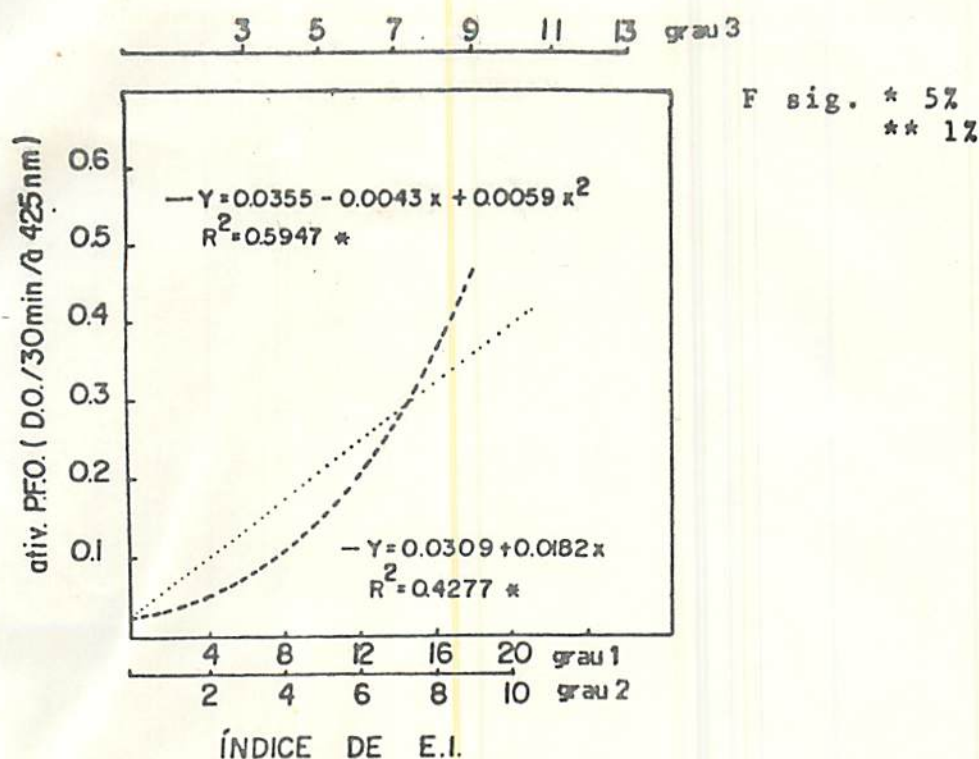


Figura 41 - Curvas de regressão entre a atividade PFO e índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—).

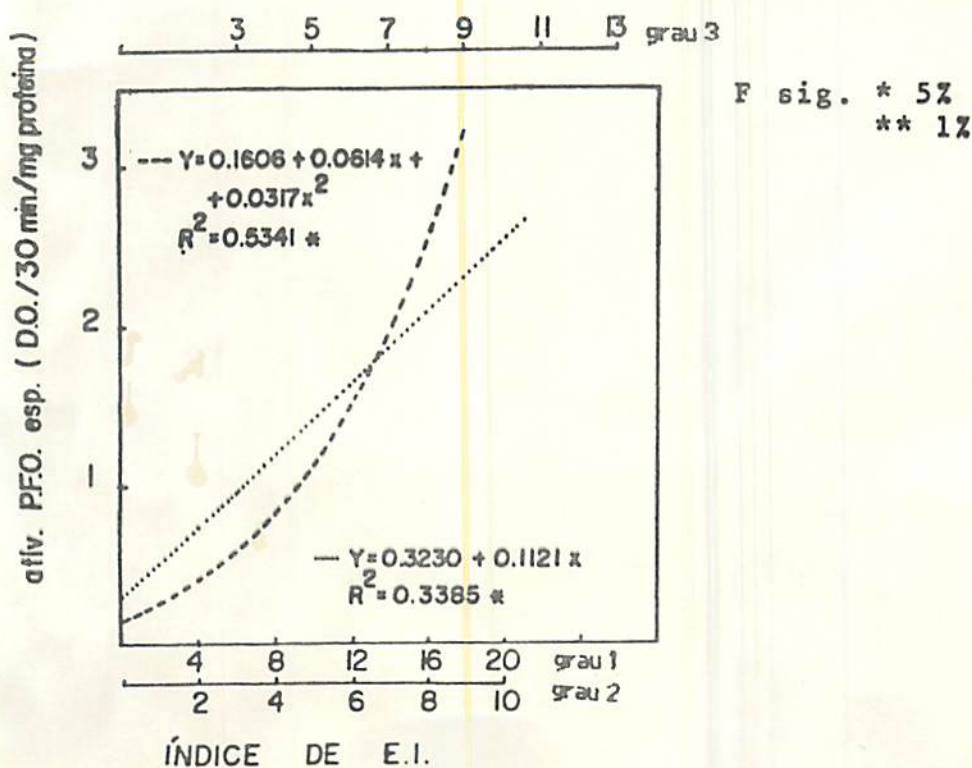


Figura 42 - Curvas de regressão entre a atividade PFO específica e o índice de EI para abacaxis em 3 graus de maturação: 1-(...), 2-(---) e 3-(—).