

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV

CURSO DE AGRONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**TEORES NUTRICIONAIS E OCORRÊNCIA DE “BITTER PIT”
EM MAÇÃS CULTIVARES GALA E CATARINA**

DANIELA VIEIRA CHAVES

Lages (SC), Brasil

Janeiro, 2005.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV

CURSO DE AGRONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**TEORES NUTRICIONAIS E OCORRÊNCIA DE “BITTER PIT”
EM MAÇÃS CULTIVARES GALA E CATARINA**

DANIELA VIEIRA CHAVES

Engenheira Agrônoma

Dissertação apresentada como um dos requisitos

à obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal

LAGES, SC – BRASIL

2005

DANIELA VIEIRA CHAVES
(Engenheira Agrônoma – UDESC)

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA
CURSO DE MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

TEORES NUTRICIONAIS E OCORRÊNCIA DE “BITTER PIT” EM MAÇÃS
CULTIVARES GALA E CATARINA

BANCA EXAMINADORA

Ph.D. CASSANDRO V. T. DO AMARANTE
Orientador CAV - UDESC

Dr. JAIME ANTONIO ALMEIDA
Coordenador da Pós-Graduação
em Agronomia

Ph.D. PAULO ROBERTO ERNANI
Co-orientador CAV - UDESC

Dr. PAULO CEZAR CASSOL
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – CAV/UDESC

Dr. LUIZ CARLOS ARGENTA
EPAGRI - SC

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida cheia de alegrias.

À minha família, aos meus pais e irmãos, pela ajuda nas horas em que mais precisei e pela compreensão por estar longe de casa.

Aos meus amigos e amigas que conheci durante a graduação e mestrado, que sempre estiveram por perto nas horas de lazer da minha vida.

Às minhas companheiras de casa, que conseguiram me suportar nesse período importante da minha vida.

À equipe de bolsistas da Fisiologia Vegetal, pelo auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório, e em especial à Francielle de Souza pelas nossas descontraídas conversas no laboratório.

Aos meus colegas de mestrado, pela amizade conquistada e pelas horas de apuros que passamos juntos no decorrer desses dois últimos anos.

A todos os meus professores do Curso de Mestrado, em especial aos meus orientadores, Cassandro V. T. do Amarante e Paulo Roberto Ernani, pela pessoa que eles são e pelo apoio e conhecimento que eles souberam me dar durante toda a minha vida de CAV-UDESC.

Às empresas produtoras de maçã, por terem doado os frutos para que o nosso estudo pudesse ter chegado até aqui.

Ao CAV-UDESC, pela oportunidade de ampliar os meus conhecimentos.

À CAPES pelo auxílio financeiro concedido.

TEORES NUTRICIONAIS E OCORRÊNCIA DE “BITTER PIT” EM MAÇÃS

CULTIVARES GALA E CATARINA^{1/}

Autora: Daniela Vieira Chaves

Orientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante, PhD

Co-Orientador: Paulo Roberto Ernani, PhD

RESUMO

Nos últimos anos tem ocorrido uma grande expansão da produção de maçãs na região Sul do Brasil e uma preocupação com a melhoria na qualidade do fruto. Dentre estas preocupações temos as perdas pós-colheita decorrentes principalmente do desenvolvimento de distúrbios fisiológicos. Na cultura da maçã, um dos principais distúrbios é o “bitter pit”, o qual ocorre em todas as áreas de produção de maçãs do mundo. Dois estudos foram conduzidos para identificar os nutrientes e/ou relações nutricionais que afetam a severidade de “bitter pit” em maçãs cultivares Catarina e Gala, bem como identificar a porção do fruto (polpa ou casca) a ser amostrada, para que a análise nutricional melhor explique a severidade do distúrbio nestas cultivares. Maçãs ‘Catarina’, oriundas do município de São Joaquim, SC, foram colhidas na maturação comercial e separadas em quatro lotes de frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”: nula (0 lesão/fruto), baixa (1-2 lesões/fruto), moderada (3-5 lesões/fruto) e alta (6-18 lesões/fruto), sendo 14 frutos (repetições) em cada nível de severidade. Foram realizadas análises nutricionais de Ca, Mg, K e N na casca e na polpa dos frutos individuais de cada lote avaliado. A análise nutricional da casca não mostrou diferenças significativas quanto aos teores de Ca, Mg, K e N, e aos valores das relações K/Ca e N/Ca entre frutos com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”. Todavia, frutos com alta severidade apresentaram na casca o maior valor das relações Mg/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca. Na polpa, apenas os teores de Ca e Mg reduziram significativamente com o aumento no grau de severidade de “bitter pit”. Houve uma relação linear ($P < 0,05$) negativa dos valores médios de Ca e positiva das relações Mg/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca no tecido da casca em relação aos valores médios de manchas/fruto nas diferentes categorias de severidade de “bitter pit”. A análise multivariada mostrou que a relação Mg/Ca na casca foi a que melhor discriminou frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”, indicando que para esta cultivar, elevados valores da relação Mg/Ca na casca são indicativos de frutos com alta susceptibilidade ao “bitter pit”. Maçãs ‘Gala’, procedentes do município de Lages, SC, foram separados, após o período de armazenamento em atmosfera normal (4 meses a 0,5°C e 90-95% de umidade relativa), em quatro lotes com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”: nula (0 lesão/fruto), baixa (1-2 lesões/fruto), moderada (3-4 lesões/fruto) e alta (5-13 lesões/fruto), sendo 12 frutos (repetições) em cada nível de severidade. Foram realizadas as mesmas análises nutricionais do experimento anterior. A análise nutricional da casca não mostrou

diferenças significativas quanto aos teores de Mg e N entre frutos com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”. Todavia, frutos com sintomas de “bitter pit” (níveis de severidade baixa, moderada e alta) apresentaram um menor teor de Ca nos tecidos da casca e da polpa e maior teor de K no tecido da casca em relação aos frutos sem os sintomas deste distúrbio. Para as relações nutricionais, ou seja, K/Ca, Mg/Ca, N/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca, tanto na casca como na polpa, os valores foram maiores nos frutos com sintomas de “bitter pit”. A análise multivariada mostrou que a relação K/Ca na casca foi a que melhor discriminou frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”, indicando que para esta cultivar, a ocorrência de “bitter pit” está associada a valores elevados da relação K/Ca no tecido da casca dos frutos.

Termos de indexação: *Malus domestica* Borkh, fruto, nutrição, distúrbio fisiológico, qualidade, pós-colheita.

^{1/} Dissertação de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Janeiro, 2005.

FRUIT NUTRITIONAL CONTENT AND BITTER PIT INCIDENCE IN ‘CATARINA’ AND ‘GALA’ APPLES^{2/}

Author: Daniela Vieira Chaves

Adviser: Cassandro Vidal Talamini do Amarante, PhD

Co-Adviser: Paulo Roberto Ernani, PhD

ABSTRACT

In recent years we have experienced a big expansion of apple production in Southern Brazil and a concern with the improvement of fruit quality. Among these concerns we have the postharvest losses resulting from development of physiological disorders. For the apple industry the main physiological disorder is bitter pit, which occurs in all production areas around the world. Two studies were conducted to identify the nutrients and/or nutritional ratios that affect the bitter pit severity in ‘Catarina’ and ‘Gala’ apples, as well as to identify the fruit portion (flesh or skin) to be sampled to assess bitter pit risk in these cultivars. ‘Catarina’ apples cultivated in São Joaquim-SC were harvested at the commercial maturity and segregated in four lots of fruits with different levels of bitter pit severity: null (0 pit/fruit), low (1-2 pits/fruit), moderate (3-5 pits/fruit), and high (6-18 pits/fruit), with 14 fruit replicates for each level of severity. Nutritional analysis (Ca, Mg, K, and N) in the skin and flesh tissues was performed on individual fruits of each severity level. There was no significant difference between fruits with different levels of bitter pit severity in terms of Ca, Mg, K, and N content, as well as for the values of K/Ca and N/Ca ratios assessed in the skin tissue. However, fruits belonging to the high bitter pit severity showed the highest values of Mg/Ca, (K+Mg)/Ca, and (K+Mg+N)/Ca ratio in the skin. In the flesh, the Ca and Mg contents significant reduced with the increase of bitter pit severity. The average number of pits/fruit (calculated for each lot of bitter pit severity) showed a positive linear relationship ($P < 0,05$) with skin Ca content, and a negative linear relationship ($P < 0,05$) with the ratios of Mg/Ca, (K+Mg)/Ca, and (K+Mg+N)/Ca in the skin. The multivariated analysis showed that the Mg/Ca ratio in the skin provided the best discrimination between lots of fruit with different levels of bitter pit severity. Therefore, for ‘Catarina’ apples, increasing values of the Mg/Ca ratio in the skin are indicative of fruits with higher bitter pit susceptibility. ‘Gala’ apples fruits cultivated Lages-SC were segregated, after regular cold storage (4 months at 0,5°C and 90-95% RH), in four lots of fruits with different levels of bitter pit severity: null (0 pit/fruit), small (1-2pits/fruit), moderate (3-4 pits/fruit) and high (5-13 pits/fruit), with 12 fruit replicates for each level severity. Nutritional analysis (Ca, Mg, K and N) in the skin and in the flesh tissues was performed on individual fruits of each severity level. The nutritional analysis in the skin tissue did not show significant differences in terms of Mg and N content for fruits with different levels of bitter pit severity. However, fruits with bitter pit symptoms

(low, moderate, and high) showed a lower content of Ca in the skin and fresh tissues and a higher K content in the skin tissue than fruits without symptoms of bitter pit. The values K/Ca, Mg/Ca, N/Ca, (K+Mg)/Ca, and (K+Mg+N)/Ca ratios in the skin and flesh tissues were higher in fruits with bitter pit than in fruits without symptoms of bitter pit. The multivaried analysis showed that of all nutritional attributes assessed in the skin and flesh tissues, the K/Ca ratio in the skin provided the best discriminant of bitter pit susceptible fruits. Therefore, for this cultivar, the occurrence of bitter pit is associated with the high values of K/Ca ratio in the fruit skin tissue.

Index terms: *Malus domestica* Borkh, fruit, nutrition, physiological disorder, quality, postharvest.

^{2/} M.Sc. Dissertation in Agronomy/Horticultural Science, Center of Agricultural and Veterinary Sciences, Santa Catarina State University, Lages, SC, January, 2005.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO GERAL	iv
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
I - OCORRÊNCIA E CONTROLE DE “BITTER PIT” EM MAÇÃS	1
RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. SUSCETIBILIDADE DE CULTIVARES DE MAÇÃS AO “BITTER PIT”	2
3. FATORES PREDISPONENTES A OCORRÊNCIA DE “BITTER PIT”	3
3.1. CÁLCIO:	3
3.2. OUTROS NUTRIENTES MINERAIS	6
3.3. TRATOS CULTURAIS INADEQUADOS	7
4. MEDIDAS DE CONTROLE DE “BITTER PIT”	9
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
II - TEORES NUTRICIONAIS E SEVERIDADE DE “BITTER PIT” EM FRUTOS DE MACIEIRA DA CULTIVAR CATARINA	16
RESUMO	16

1. INTRODUÇÃO	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4. CONCLUSÕES	28
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

III - TEORES NUTRICIONAIS E SEVERIDADE DE “BITTER PIT” EM FRUTOS DE	
MACIEIRA DA CULTIVAR GALA	31
RESUMO.....	31
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4. CONCLUSÕES	43
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores nutricionais na casca de frutos da cultivar Catarina com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”.....	24
Tabela 2. Teores nutricionais na polpa de frutos da cultivar Catarina com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”.....	24
Tabela 3. Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD ₁), referente as análises dos nutrientes e suas relações.....	25
Tabela 4. Valores médios dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) para a função canônica discriminante 1 (FCD ₁), referente as análises nutricionais de maçãs cultivar Catarina com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”.....	25
Tabela 5. Teores nutricionais na casca de frutos da cultivar Gala em função dos níveis de severidade de “bitter pit”.....	39
Tabela 6. Teores nutricionais na polpa de frutos da cultivar Gala em função dos níveis de severidade de “bitter pit”.....	40
Tabela 7. Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD ₁), referente as análises dos nutrientes e suas relações.....	40

Tabela 8. Valores médios dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) para a função canônica discriminante 1 (FCD₁), referente as análises nutricionais de maçãs cultivar Gala com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”.....41

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Relações entre valores médios de atributos nutricionais e de número de manchas por fruto em maçãs cultivar Catarina com severidade nula (0 lesão/fruto), baixa (1-2 lesões/fruto), moderada (3-5 lesões/fruto) e alta (6-18 lesões/fruto) de “bitter pit”.....26
- FIGURA 2. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, em maçãs ‘Catarina’ com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit” (nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-5 lesões/fruto; e alta: 6-18 lesões/fruto), considerando todos os atributos nutricionais avaliados nos tecidos da polpa e da casca. Símbolo cheio representa o valor médio de CCH para cada nível de severidade ao “bitter pit”.....27
- FIGURA 3. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, em maçãs ‘Gala’ com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”, considerando todos os atributos nutricionais avaliados nos tecidos da polpa e da casca. Símbolo cheio representa o valor médio de CCH para cada nível de severidade ao “bitter pit”.....42

I - OCORRÊNCIA E CONTROLE DE “BITTER PIT” EM MAÇÃS

RESUMO

Nos últimos anos tem ocorrido uma grande expansão da produção de maçãs na região Sul do Brasil e uma preocupação com a melhoria na qualidade do fruto. Dentre estas preocupações temos as perdas pós-colheita decorrentes principalmente do desenvolvimento de distúrbios fisiológicos. Na cultura da maçã um dos principais distúrbios é o “bitter pit”, o qual ocorre em todas as áreas de produção de maçãs do mundo. Este distúrbio geralmente ocorre na pós-colheita, mas também pode ocorrer na pré-colheita quando não houver medidas preventivas dentro do pomar ou fatores ambientais favoráveis para o aparecimento dos sintomas. Portanto esta revisão tem o objetivo de aprimorar o conhecimento sobre esta desordem fisiológica, ao nível de produtor como também ao nível de estudantes e pesquisadores na área da Agronomia, para que possam entender a seqüência metabólica que leva ao desenvolvimento do distúrbio. Esta revisão dá uma descrição do “bitter pit”, desde os fatores que promovem o seu desenvolvimento no fruto até as medidas de prevenção e controle que podemos utilizar na pré e pós-colheita.

1. INTRODUÇÃO

O “bitter pit” foi assim denominado em 1895 por Cobb (1895), embora ele tenha sido descrito na literatura bem antes de 1869. O reconhecimento deste distúrbio como um dos principais problemas comerciais coincidiu com a expansão da produção e armazenamento de maçãs, particularmente nas regiões da Austrália e Nova Zelândia, que exportavam maçãs para a Europa (FERGUSON & WATKINS, 1989).

Apesar desta desordem se desenvolver durante a fase de frigoconservação, suas causas e fatores predisponentes já estão presentes no pomar, podendo, em casos extremos, os sintomas aparecerem antes da colheita (FERGUSON & WATKINS, 1989).

Os sintomas iniciais de “bitter pit” são pequenas depressões na polpa dos frutos, de coloração marrom escura e que se tornam desidratadas com o tempo. As manchas estão geralmente localizadas no córtex externo do fruto, sob a casca, com aspecto parecido ao colapso das células mais externas, que causa pequenas depressões na casca (FERGUSON & WATKINS, 1989).

As lesões de “bitter pit” apresentam um nível elevado de amido, causado pela morte das células e perda da sua capacidade em hidrolisar este amido. Frutos com os sintomas do distúrbio também apresentam altos níveis de compostos orgânicos voláteis, principalmente de acetaldeído (Wills et al., 1974, citado por Ferguson & Watkins, 1989). Estes voláteis não induzem o “bitter pit” quando aplicados aos frutos.

2. SUSCETIBILIDADE DE CULTIVARES DE MAÇÃS AO “BITTER PIT”

No Brasil, este distúrbio ocorre principalmente em maçãs ‘Gala’ e ‘Golden Delicious’ (NACHTIGALL & FREIRE, 1998). O clima tem uma influência importante e a suscetibilidade para a desordem pode variar dentro e entre regiões. Mesmo cultivares

com baixa suscetibilidade sob condições de crescimento normais, podem apresentar uma grande incidência de “bitter pit” sob circunstâncias agravantes, tais como baixa carga de fruto, verões secos, podas muito severas, adubação nitrogenada pesada ou colheita antecipada do fruto (FERGUSON & WATKINS, 1989). Apesar destes fatores, a evidência atual sugere que o “bitter pit” está sob algum controle genético. Em um estudo usando análise de segregação, Korban e Swiader (1984), citado por Ferguson & Watkins (1989), encontraram que mudas resistentes apresentavam níveis superiores de Ca e B, e níveis mais baixos de Mg e K nos tecidos da casca e folha do fruto, em relação às mudas suscetíveis ao “bitter pit”. Foi sugerido que dois genes, designados como *Bp-1* e *Bp-2*, controlam, respectivamente, o acúmulo e a distribuição de Ca dentro do fruto.

3. FATORES PREDISPONENTES À OCORRÊNCIA DE “BITTER PIT”

3.1. CÁLCIO:

O reconhecimento do Ca como um fator determinante originou-se dos trabalhos de Delong (1936, 1937) e Garman & Mathis (1956), citados por Ferguson & Watkins (1989), e está baseado em duas constatações experimentais. A primeira é a relação inversa entre a concentração de Ca na polpa do fruto na colheita com a incidência de “bitter pit” após o armazenamento, e a segunda é a redução de “bitter pit” pela aplicação de sais de Ca no fruto durante o seu crescimento.

O Ca tem um papel importante na lamela média, atuando como um agente de ligação intermolecular do complexo pectina-proteína, promovendo maior rigidez aos tecidos dos frutos (FERGUSON & DROBAK, 1988). O Ca também atua como mensageiro secundário, ao se ligar à proteína calmodulina, e este complexo

desencadeia uma resposta biológica (TAIZ & ZEIGER, 1991). A calmodulina é encontrada tanto em células animais como vegetais, e suas propriedades químicas e físicas são muito semelhantes. A calmodulina está presente no citosol e em organelas, incluindo plastídeos, mitocôndria e núcleo. Dentre as enzimas ativadas pelo complexo Ca-calmodulina estão as bombas de cálcio (Ca^{2+} - ATPases) localizadas na membrana plasmática, NAD quinases, enzimas quinases e fosfatases que regulam a fosforilação e a atividade de outras proteínas (SALISBURY & ROSS, 1992).

Segundo Bangerth (1973 e 1979) o Ca também tem um papel importante na estrutura e função de membrana, e ele pode ser trocado na membrana plasmática pelos íons K^+ , Mg^{2+} ou H^+ , ou quelatizado por ácidos orgânicos. Esta troca do Ca por outros cátions tem um resultado negativo na célula vegetal, ou seja, ocorre perda da permeabilidade seletiva, desorganização da membrana celular, perda de muitas funções de membrana, como, por exemplo, o controle do fluxo de íons e a atividade enzimática, e perda de compartimentalização celular.

O Ca apresenta uma grande variação de concentração em diferentes órgãos da planta, como também dentro do próprio fruto. O teor de Ca, em uma seção radial, é superior na casca e centro do fruto, e inferior no córtex, sendo que as menores concentrações estão no córtex exterior do fruto. Existe ainda um gradiente longitudinal, onde a concentração de Ca diminui do pedúnculo para o cálice (LEWIS & MARTIN, 1973; FERGUSON & WATKINS, 1983).

A ocorrência de baixas concentrações de Ca ou de altas relações Mg/Ca e K/Ca no tecido cortical é resultante de diferentes modelos de absorção mineral durante o desenvolvimento do fruto. Portanto, a absorção dos nutrientes pode ser afetada por fatores ambientais, como estresse hídrico e temperatura alta, por fatores de manejo do

pomar, como poda, raleio e adubação, e por fatores fisiológicos da planta. Os autores Wilkinson (1968) e Tromp & Oele (1972), citados por Ferguson & Watkins (1989), observaram que a diminuição do conteúdo de Ca, em alguns frutos, se dá no final da estação de crescimento, onde normalmente ocorre estresse hídrico na planta, e por isso o Ca é retirado dos sítios próximos ao final do tecido vascular através de um fluxo inverso de seiva do xilema.

A concentração de Ca na polpa da maçã, quando o fruto está em desenvolvimento, diminui rapidamente à medida que a estação de crescimento progride. Já as concentrações dos demais nutrientes, como K e Mg, também diminuem, mas este declínio não é tão acentuado quando comparado ao Ca (WILKINSON & PERRING, 1964). Isto acontece porque ocorre uma maior taxa de expansão do fruto em relação à absorção de nutrientes, a qual é menor, resultando em uma diluição do conteúdo mineral dentro fruto. Os nutrientes K, Mg e N tendem a aumentar o seu conteúdo no fruto durante a maior parte da estação de crescimento. O contrário ocorre com o Ca total, onde ele aumenta a sua concentração nos estágios iniciais de desenvolvimento do fruto, e cessa a entrada do elemento nos estágios finais de crescimento (VAN GOOR & VAN LUNE, 1980).

O Ca move-se para o fruto através do xilema, com o fluxo de água e de outros elementos minerais. Com a expansão do fruto, o transporte via xilema torna-se menos importante, e o floema assume o papel principal em fornecer água e minerais, bem como carboidratos (VANG-PETERSEN, 1980). Esta mudança do transporte de nutrientes do xilema para o floema pode ser devido ao término da divisão celular e o começo da expansão celular (fase entre o final da floração até cerca de 40 dias após a plena floração), sendo que a expansão torna-se o fator primário no crescimento do

fruto. Após a divisão celular, o fruto apresenta baixa atividade fotossintética e respiração reduzida, iniciando uma dependência por metabólitos das folhas. Esses metabólitos são translocados via floema, onde o Ca é praticamente imóvel (FERGUSON & WATKINS, 1989).

3.2. OUTROS NUTRIENTES MINERAIS

Embora o Ca seja conhecido como o principal fator no desenvolvimento de “bitter pit” outros minerais, predominantemente Mg e K, também estão envolvidos (FAUST & SHEAR, 1968). É necessário que haja um equilíbrio entre estes nutrientes minerais para não ocorrer o aparecimento de nenhum distúrbio fisiológico. Segundo Van der Boon (1980), citado por Ferguson & Watkins (1989), relações destes elementos em várias combinações foram usadas para melhorar a compreensão entre o conteúdo mineral do fruto e “bitter pit”.

O conteúdo de Mg e K em maçã é variável, assim como o de Ca. Esta variação é devida, provavelmente, à disponibilidade no solo e ao meio de entrada destes nutrientes no fruto, onde o Mg e o K continuam a mover-se para o fruto, mesmo nos estágios mais avançados de desenvolvimento (TROMP, 1975). As análises de frutos mostram altas concentrações de Mg e K e baixas concentrações de Ca em frutos com “bitter pit”, reforçando a teoria de que é preciso haver um equilíbrio nutricional no fruto para que não ocorra o aparecimento de distúrbios fisiológicos (AMARANTE et al., 2005).

Segundo Cooper & Bangerth (1976), citado por Ferguson & Watkins (1989), a pulverização pré-colheita de maçãs com sais de K ou Mg pode causar “bitter pit” ou sintomas tipo “bitter pit”. É provável que altas concentrações de qualquer cátion capaz

de competir com o Ca por sítios de ligação nas paredes celulares ou membranas, e que iniba a absorção de Ca dentro das células, agravará os sintomas de deficiência de Ca, se estes forem estruturais ou funcionais.

Há muito tempo sabe-se que o excesso de N aumenta a incidência de “bitter pit” (SMOCK, 1941). De acordo com Lüdders (1979), citado por Ferguson & Watkins (1989), macieiras supridas com N amoniacal muitas vezes tem frutos com baixos conteúdos de Ca, quando comparadas com aquelas supridas com N nítrico. O efeito do amônio é devido à competição catiônica, em termos de absorção radicular de Ca e em transporte e distribuição dentro da planta. A variabilidade ocasionada pela fonte de N sobre o conteúdo de Ca do fruto e a incidência de “bitter pit” reduz a viabilidade de uso da relação N/Ca como indicadores da suscetibilidade de “bitter pit”. Lüdders & Manolakis (1977), citado por Ferguson & Watkins (1989), encontraram que o fornecimento de N amoniacal às plantas resulta no aumento da relação K/Ca e do conteúdo de Mg nos frutos, quando comparado com plantas supridas com N nítrico. Este desequilíbrio nutricional (FAUST & SHEAR, 1968) é desvantajoso para a obtenção de qualidade no armazenamento, visto que altas relações de K/Ca estão muitas vezes associadas com o aumento na suscetibilidade de “bitter pit”.

3.3. TRATOS CULTURAIS INADEQUADOS

De acordo com Garman & Mathis (1956), citado por Ferguson & Watkins (1989), o anelamento de ramos em macieiras resulta em folhas grandes e uma grande competição por Ca, e a desfolha tem o efeito contrário. Uma outra prática cultural que afeta a incidência de “bitter pit” por alterar o tamanho do fruto de maçã, é o raleio, onde este reduz a competição de frutos e, portanto o fruto torna-se maior, com menor

concentração de Ca e maior suscetibilidade ao “bitter pit” (SHARPLES, 1964 e 1968). Outro resultado do raleio seria o aumento de K, Mg e N nos frutos raleados, que paralelamente à redução no conteúdo de Ca, aumentaria a suscetibilidade ao “bitter pit”. Outros exemplos de práticas que resultam em frutos grandes com baixo conteúdo de Ca, e, portanto, suscetíveis ao “bitter pit”, seriam baixa produtividade, poda drástica de inverno, irrigação excessiva e adubações com níveis elevados de N, P, e K (FERGUSON & WATKINS, 1989).

Os frutos apresentam diferenças quanto ao conteúdo mineral e a suscetibilidade ao “bitter pit” de acordo com a posição na árvore, no ramo, e talvez no esporão. Heinicke (1921) e Smock (1941), citado, por Ferguson & Watkins (1989), observaram que o fruto central foi menos suscetível ao “bitter pit” do que os frutos laterais de um esporão. Frutos localizados na parte superior das macieiras são mais suscetíveis ao distúrbio, por apresentarem maior tamanho e, desta forma, menor concentração de Ca em relação a frutos localizados na parte inferior da copa (SCHUMACHER et al., 1980).

A temperatura também é um fator que interfere no aparecimento de “bitter pit”. Segundo Raese (1989), plantas submetidas a altas temperaturas podem ter o Ca dos frutos re-direcionado para as folhas e partes jovens em desenvolvimento, e, desta forma, podem apresentar distúrbios fisiológicos desde os primeiros estádios de desenvolvimento do fruto. Isto acontece porque as folhas possuem um fluxo transpiratório maior em dias de altas temperaturas, e, portanto, o Ca, que é transportado através desta rota, é mais direcionado as folhas do que aos frutos, ocasionando uma deficiência deste elemento nos frutos e aumentando a suscetibilidade a distúrbios ocasionados por deficiência nutricional.

Lotter et al. (1985), citado por Oliveira (2001), observaram aumento na incidência de “bitter pit” com o aumento no suprimento de água às plantas. Embora a análise do teor de minerais nos frutos não tenha sido feita, a análise foliar revelou aumento na concentração de K com o aumento do suprimento de água.

4. MEDIDAS DE CONTROLE DE “BITTER PIT”

O controle de “bitter pit” inicia-se antes da colheita do fruto e existem várias maneiras para prevenir o aparecimento desta desordem. Dentre as medidas de controle, deve-se evitar, quando possível, o déficit hídrico, a colheita dos frutos antes do ponto de maturação adequado e tratos culturais que promovam o aumento do crescimento vegetativo e o crescimento do fruto, como, por exemplo, poda excessiva, raleio excessivo, adubações pesadas com N e/ou K e a falta de calagem (FERGUSON & WATKINS, 1983). Além disto, temos também a pulverização com sais de Ca durante o crescimento do fruto. Esta medida apresenta resultados variáveis, desde um controle adequado até um controle modesto de “bitter pit”. Segundo Van Goor (1971), a pulverização com nitrato de Ca em maçãs ‘Cox's Orange Pippin’ aumentou o conteúdo de Ca das folhas em 0,2-0,5% do peso seco e um máximo de 4 mg de Ca foi adicionado ao fruto, totalizando um aumento de 47% da quantidade já existente. Segundo estes mesmos autores, os níveis de Ca aumentaram progressivamente durante a estação com aplicações sucessivas de nitrato de Ca, e 9-15 pulverizações reduziram a incidência de “bitter pit” em aproximadamente 5%.

Uma consequência da relação entre o “bitter pit” e um fator quantitativo, como o conteúdo mineral do tecido, é a facilidade para predizer a incidência potencial do distúrbio no fruto através da análise nutricional dos frutos. Existe valor comercial para

isto, onde o fruto pode ser segregado de acordo com o risco de “bitter pit” no momento da colheita, e posteriormente manuseado apropriadamente.

De acordo com Fallahi et al. (1985), citado, por Ferguson & Watkins (1989), muitos autores usam a análise foliar como um método de diagnóstico do distúrbio, embora, em alguns casos, essa relação entre concentrações de Ca na folha e “bitter pit” não é encontrada. A melhor relação parece ser aquela derivada de análises nutricionais do fruto. A análise do conteúdo de nutrientes na casca do fruto é usada freqüentemente e parece ter valor na predição do distúrbio. Van der Boon (1968), citado por Ferguson & Watkins (1989), encontrou que a análise do conteúdo de Ca no tecido da casca tem maior valor na predição de ocorrência de “bitter pit” que a análise do tecido da polpa. O maior problema encontrado na amostragem de frutos e tecidos para análise nutricional é a alta variabilidade de concentrações de Ca em um único fruto, entre frutos em uma única árvore, e entre frutos de árvores diferentes em um pomar. A variabilidade do fruto também significa que o número de frutos tomados para uma amostra é importante, sendo 20-30 o valor mínimo (WILKINSON & PERRING, 1961). A relação mineral mais usada, além da concentração de Ca, é a relação K/Ca. O risco de “bitter pit” é maior quando temos uma concentração baixa de Ca e alta de K (ARGENTA & SUZUKI, 1994). Outras relações nutricionais tais como Mg/Ca e (K+Mg)/Ca, são também importantes, sendo que o aumento no risco de ocorrência de “bitter pit” está relacionado com altos valores destas relações nutricionais (SHARPLES, 1980).

Vários autores têm relatado que a incidência de “bitter pit” apresenta uma correlação negativa com Ca e positiva com o Mg (HOPFINGER et al., 1984). Estas informações serviram de base para que vários países começassem a desenvolver um método de predição de risco de ocorrência de “bitter pit” através da infiltração dos frutos

em solução contendo magnésio (AMARANTE et al., 2005). A infiltração do fruto com magnésio (Mg^{2+}) desloca o Ca das células da polpa e inicia vários processos fisiológicos que induzem ao desenvolvimento de sintomas tipo “bitter pit” cerca de 10-14 dias após (BURMEISTER & DILLEY, 1991; AMARANTE et al., 2005). Através deste método, os frutos são colhidos cerca de 20 dias antes da colheita comercial, e infiltrados a vácuo quando imersos em uma solução contendo $MgCl_2$ (0,05-0,1M). Após cerca de 10-14 dias em temperatura ambiente, os frutos são avaliados quanto a incidência e severidade de sintomas tipo “bitter pit” (RETAMALES et al., 2000; AMARANTE et al., 2005). Na prática, a infiltração com Mg permitirá o estabelecimento de programas de mercado para o fruto com diferentes níveis de risco de ocorrência de “bitter pit” (benefício para o exportador), e o desenvolvimento de estratégias de controle para o “bitter pit” em pré ou pós-colheita (benefício para o produtor) (RETAMALES et al., 2000; AMARANTE et al., 2005).

No sul do Brasil, pesquisadores vem testando esta técnica de infiltração com Mg em diversas cultivares de maçã nas diferentes regiões de cultivo, e os resultados obtidos são promissores. Amarante et al. (2005), encontraram para a cultivar Gala que o Ca está relacionado ao aparecimento dos sintomas de “bitter pit” no tecido dos frutos de maçã, sendo que o conteúdo de Ca no tecido da casca forneceu uma melhor predição dos riscos de “bitter pit” do que o tecido da polpa. Estes mesmos autores observaram que tanto frutos infiltrados como frutos armazenados a frio, apresentaram uma elevada suscetibilidade ao “bitter pit” quando os teores de Ca na casca e na polpa foram menores do que 150 mg kg^{-1} e 40 mg kg^{-1} , respectivamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C.V.T., ERNANI, P. R. & CHAVES, D. V. Fruit infiltration with Mg is a feasible way to predict bitter pit susceptibility in 'Gala' apples grown in Southern Brazil. **Acta Horticulturae** (in press), 2005.
- ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e freqüência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 267-277, 1994.
- BANGERTH, F. Investigations upon Ca related physiological disorders. **Phytopath. Z.**, 77:20-37, 1973.
- BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. **Annu. Rev. Phytopath.**, 17:97-122, 1979.
- BURMEISTER, D. M. & DILLEY, D. R. Induction on bitter pit-like symptoms on apples by infiltration with Mg is attenuated by Ca. **Postharves Biol. And Techn.**, 1: 11-17, 1991.
- COBB, N. A. Bitter pit of apple. **Agr. Gaz.**, 6:859-861, 1985.
- DELONG, W. A. Variations in the Chief ash constituents of apples affected with blotchy cork. **Plant Physiol.**, 11:453-456, 1936.
- DELONG, W. A. Calcium and boron contents of apple fruit as related to the incidence of blotchy cork. **Plant Physiol.**, 12:553-556, 1937.
- FAUST, M. & SHEAR, C. B. Corking disorders of apples: A physiological and biochemical review. **Bot. Rev.**, 34:441-469, 1968.
- FAUST, M., SHEAR, C. B. & SMITH, C. B. Investigations of corking disorders of apples. I. Mineral element gradients in 'York Imperial' apples. **Proc. Am. Soc. Hort. Sci.**, 91:69-72, 1967.

- FERGUSON, I. B. & DROBAK, B. K. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. **HortScience**, 23:262-266, 1988.
- FERGUSON, I. B. & WATKINS, C. B. Cation distribution and balance in apple fruit in relation to calcium treatments for bitter pit. **Scientia Hort.**, 19:301-310, 1983.
- FERGUSON, I. B. & WATKINS, C. B. Bitter pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, 11:289-355, 1989.
- HOPFINGER, J. A., POOVAIAH, B. W. & PATTERSON, M. E. Calcium and magnesium interactions in browning of Golden Delicious apples with bitter pit. **Sci. Hort.** 23: 345-351, 1984.
- KORBAN, S. S. & SWIADER, J. M. Genetic and nutritional status in bitter pit-resistant and –susceptible apple seedlings. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, 109:428-432, 1984.
- LEWIS, T. L. & MARTIN, D. Longitudinal distribution of applied calcium and of naturally occurring calcium, magnesium and potassium, in. Merton apple fruits. **Austral. J. Agr. Res.**, 24:363-371, 1973.
- NACHTIGALL, G.R. & FREIRE, C.J.S. Previsão da incidência de “bitter pit” em maçãs através dos teores de cálcio em folhas e frutos. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 20, n. 2, p. 158-166, 1998.
- OLIVEIRA, H. J. **Nutrição de cálcio e qualidade de frutos em macieiras cultivadas em solos ácidos**. 2001. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- RAESE, T. Important considerations about calcium on apples and pears. **Good Fruit Grower**, v. 40, p. 27-29, 32-35, 1989.
- RETAMALES, J. B., VALDES, C., DILLEY, D. R., LEÓN, L. & LEPE, V. P. Bitter pit prediction in apples through Mg infiltration. **Acta Hort.** 512: 169-179, ISHS 2000.

SALISBURY, F. B. & ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4 ed., Belmont: Wadsworth, 682 p., 1992.

SHARPLES, R. O. The effect of fruit thinning on the development of Cox's Orange Pippin apples in relation to the incidence of storage disorders. **J. Hort. Sci.**, 39:224-235, 1964.

SHARPLES, R. O. Fruit-thinning effects on the development and storage quality of Cox's Orange Pippin apple fruits. **J. Hort. Sci.**, 43:359-371, 1968.

SHARPLES, R. O. The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. In: ATKINSON, D., JACKSON, J. E.,

SHARPLES, R. O. & WALLER, W. M. (EDS.). **Mineral nutrition of fruit trees**. Butterworths, London, p. 17-28, 1980.

SCHUMACHER, R., FANKHAUSER, F. & STADLER, W. Influence of shoot growth, average fruit weight and daminozide on bitter pit. In: ATKINSON, D., JACKSON, J. E.

SHARPLES, R. O. & WALLER, W. M. (eds.). **Mineral nutrition of fruit trees**. Butterworths, London, p. 83-91, 1980.

SMOCK, R. M. Studies on bitter pit of the apple. **Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Memoir**, 234, 45 pp., 1941.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 565 p., 1991.

TROMP, J. The effect of temperature on growth and mineral nutrition of fruits of apple, with special reference to calcium. **Physiol. Plant.**, 33:87-93, 1975.

VAN GOOR, B. J. The effect of frequent spraying with calcium nitrate solutions on the mineral composition and the occurrence of bitter pit of the apple Cox's Orange Pippin. **J. Hort. Sci.** 46: 347-364, 1971.

VAN GOOR, B.J. & VAN LUNE, P. Redistribution of potassium, boron, iron, magnesium and calcium in apple trees determined by an indirect method. **Physiol. Plant.**, 48:21-26, 1980.

VANG-PETERSEN, O. Calcium nutrition of apple trees: a review. **Scientia Hort.**, 12:1-9, 1980.

WILKINSON, B. G. & PERRING, M. A. Variation in mineral composition of Cox's Orange Pippin apples. **J. Sci. Food Agr.**, 12:74-80, 1961.

WILKINSON, B. G. & PERRING, M. A. Changes in the chemical composition of apples during development and near picking time. **J. Sci. Food Agr.**, 15:146-152, 1964.

WILLS, R., MCGLASSON, B., GRAHAM, D. & JOYCE, D. Physiological Disorders In: **Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. 4 ed., Austrália: UNSW PRESS, 130-143, 1998.

II - TEORES NUTRICIONAIS E SEVERIDADE DE “BITTER PIT” EM FRUTOS DE MACIEIRA DA CULTIVAR CATARINA

RESUMO

Maçãs da cultivar Catarina, oriundas de pomares do município de São Joaquim, SC, foram colhidas na maturação comercial e separadas em quatro lotes com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”: nula (0 lesão/fruto), baixa (1-2 lesões/fruto), moderada (3-5 lesões/fruto) e alta (6-18 lesões/fruto). Utilizaram-se 14 frutos (repetições) em cada nível de severidade. Analisou-se as concentrações de Ca, Mg, K e N na casca e na polpa dos frutos individuais de cada lote. A análise nutricional da casca não mostrou diferenças significativas nos teores de Ca, Mg, K e N, e nos valores das relações K/Ca e N/Ca entre frutos com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”. Todavia, frutos com alta severidade apresentaram o maior valor das relações Mg/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca na casca. Na polpa, de todos os atributos nutricionais avaliados, apenas os teores de Ca e Mg reduziram significativamente com o aumento no grau de severidade de “bitter pit”. Na casca, houve uma relação linear ($P < 0,05$) negativa dos valores médios de Ca e positiva das relações Mg/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca em relação aos valores médios de manchas/fruto nas diferentes categorias de severidade de “bitter pit”. A análise multivariada mostrou que, de todos os atributos nutricionais avaliados na casca e na polpa, a relação Mg/Ca na casca foi que melhor discriminou frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”. Assim, para esta cultivar, elevados valores da relação Mg/Ca na casca são indicativos de frutos com alta susceptibilidade ao “bitter pit”.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da macieira apresenta papel importante na economia brasileira. Todavia, o elevado volume de maçãs produzidas exige atenção especial por parte dos produtores, visando a otimização das condições que permitam uma melhor preservação da qualidade pós-colheita dos frutos durante o armazenamento. Muitos esforços têm sido feitos para preservar a qualidade pós-colheita, através de medidas que visam retardar a maturação e reduzir a incidência de doenças e distúrbios fisiológicos.

O “bitter pit” é um importante distúrbio fisiológico que ocorre em maçãs, o qual geralmente se desenvolve durante a fase de frigoconservação, sendo caracterizado por manchas pequenas de cor escura na casca, acima das áreas do tecido necrosado da polpa. As células mortas da polpa perdem umidade e criam uma pequena depressão na superfície do fruto, na área atingida. Frutos com teores baixos de Ca e relações altas de N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca apresentam elevada suscetibilidade ao “bitter pit” (Ferguson & Walkins, 1989; Nightigall & Freire, 1998; Argenta & Suzuki, 1994).

O movimento de Ca para o fruto ocorre com o suprimento de água, através do xilema, especialmente antes e durante a fase de divisão celular (até cerca de 40 dias após a plena floração). Após este período, o suprimento de água passa a ser via floema, no qual a mobilidade do Ca é muito baixa (Salisbury & Ross, 1992). A quantidade de Ca absorvida neste curto período de maior suprimento dilui com o crescimento dos frutos, o que pode comprometer a qualidade pós-colheita durante o armazenamento.

Os efeitos positivos do Ca na preservação da qualidade pós-colheita têm sido atribuídos ao fato do mesmo estar associado com as substâncias pécticas da lamela média e com as membranas celulares, conferindo rigidez aos tecidos e preservando as

características de permeabilidade seletiva do sistema de membranas celulares (Poovaiah, 1986; Poovaiah et al., 1988; Ferguson & Walkins, 1989). Além disto, o Ca tem importante papel regulatório no metabolismo celular. Ele pode formar complexos com proteínas, a exemplo da calmodulina, a qual tem uma alta afinidade pelo Ca, mesmo havendo baixa concentração de Ca no citosol (10^{-6} M) (Taiz & Zeiger, 1991). A calmodulina está presente tanto no citosol como nas organelas, incluindo plastídeos, mitocôndrias e núcleo.

A cultivar Catarina foi obtida a partir do cruzamento entre as cultivares Fuji e PWR37T133, sendo recomendada para plantio em regiões com altitude acima de 1.200 m (Camilo & Denardi, 2002). Ela apresenta resistência à sarna, é de ciclo tardio, e apresenta boa conservação dos frutos em câmaras frigoríficas (Urban & Lima, 1999; Camilo & Denardi, 2002). Todavia, os frutos são altamente suscetíveis ao “bitter pit”.

Este trabalho objetivou identificar os nutrientes e/ou relações nutricionais que afetam a severidade de “bitter pit” em frutos da cultivar Catarina, bem como identificar a porção do fruto (polpa ou casca) a ser analisada que melhor relate o estado nutricional com a severidade do distúrbio. Além da análise estatística univariada e de regressões lineares e não lineares entre atributos nutricionais e severidade de “bitter pit”, foi realizado a análise canônica discriminante (ACD), uma ferramenta multivariada que permite identificar o(s) atributo(s) nutricional(is) que melhor discrimina(m) frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit” (Cruz-Castillo et al., 1994).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Frutos da cultivar Catarina, com diferentes níveis de incidência de “bitter pit” foram coletadas num pomar comercial localizado no município de São Joaquim, SC, na safra 2000/2001. Os frutos foram agrupados em quatro lotes de 14 frutos cada, com diferentes níveis de severidades ao “bitter pit”: 1) nula (0 lesão/fruto); 2) baixa (1-2 lesões/fruto); 3) moderada (3-5 lesões/fruto); e 4) alta (6-18 lesões/fruto). Todos os frutos de cada lote foram analisados individualmente quanto aos teores de Ca, K, Mg e N nos tecidos da casca e da polpa.

O tecido vegetal foi pesado, em aproximadamente 3 gramas, e digerido em uma mistura de 2 ml de ácido sulfúrico concentrado e 3 ml de água oxigenada (30 volumes) durante 90 minutos, onde a temperatura foi elevada a cada 50°C até alcançar a temperatura final de 350°C. Após este período de tempo, foi acrescentado na amostra mais 3 ml de água oxigenada (30 volumes) e deixado digerir por mais uma hora na temperatura final. Por último, o bloco digestor foi desligado e as amostras, depois de esfriarem, foram completadas com água destilada para o volume de 20 ml do tubo digestor, conforme descrito por Adler & Wilcox (1985). O N foi determinado pelo método semi-micro’Kjeldahl, como descrito por Tedesco et al. (1995). Potássio, Ca e Mg foram determinados por espectrofometria de emissão induzida por plasma. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 14 repetições, cada repetição correspondendo a um fruto.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o programa SAS, versão 6.12 (SAS Institute, Inc.) (1990). Foi realizada análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias (Tukey; $P < 0,05$) para os atributos

nutricionais quantificados na casca e na polpa nos frutos dos diferentes lotes. Foram realizadas análises de regressão linear e não linear entre valores médios de atributos nutricionais e de manchas/fruto quantificados nas diferentes categorias de severidade de “bitter pit”. Os dados foram também submetidos à análise canônica discriminante (ACD), visando identificar os atributos nutricionais mais relevantes que permitem discriminar diferenças quanto ao grau de suscetibilidade ao “bitter pit”. Os valores médios dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) de frutos correspondentes aos diferentes níveis de severidades ao “bitter pit” foram comparados através do teste de Tukey ($P < 0,05$), conforme descrito por Cruz-Castillo et al. (1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise nutricional da casca não mostrou diferença significativa quanto à concentração de Ca, Mg, K e N entre frutos com diferentes níveis de severidade de “bitter pit” (Tabela 1). Todavia, houve uma relação linear negativa ($P < 0,05$) dos valores médios de Ca na casca em relação aos valores médios de manchas/fruto nas diferentes categorias de severidade de “bitter pit” (Figura 1).

Para as relações nutricionais, não houve diferenças quanto aos valores de K/Ca e N/Ca na casca entre frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”; houve, no entanto, diferença significativa quanto aos valores das relações Mg/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca (Tabela 1). Frutos com alta severidade apresentaram o maior valor da relação Mg/Ca na casca. Houve também um aumento dos valores das relações (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca na casca com o aumento na severidade de “bitter pit”. Existiu uma relação linear positiva ($P < 0,05$) dos valores médios dessas três relações na casca dos frutos em relação aos valores médios de manchas/fruto nas diferentes

categorias de severidade de “bitter pit” (Figura 1). Estes resultados mostram que para a cultivar Catarina, o aumento na severidade de “bitter pit” está associado à existência de elevados teores de Mg e baixos teores de Ca na casca, assim como encontrado por diversos autores (Faust & Shear, 1968; Ferguson & Watkins, 1989).

No tecido da polpa, foram observadas diferenças significativas somente nos teores individuais de Ca e Mg entre frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”, cuja concentração diminui com o aumento da severidade (Tabela 2). A severidade de “bitter pit” aumenta em maçãs com baixos níveis de Ca e altos níveis de Mg (Faust & Shear, 1968; Ferguson & Watkins, 1989). Todavia, no presente trabalho, como houve redução nos níveis de Ca e Mg com o aumento na severidade de “bitter pit”, não houve diferença na relação Mg/Ca na polpa entre frutos com diferentes graus de severidade (Tabela 2). Não foi observada uma relação evidente entre K/Ca, (K+Mg)/Ca, N/Ca e (K+Mg+N)/Ca na polpa e a severidade de “bitter pit” (Tabela 2). Portanto, para a polpa, o aumento na severidade de “bitter pit” está relacionado com o teor de Ca, mas não com o teor de Mg, portanto, mostrando um comportamento diferente do Mg como normalmente é encontrado nas análises nutricionais. Isto é comprovado pela relação exponencial inversa observada dos valores médios Ca na polpa em relação aos valores médios de manchas/fruto nas diferentes categorias de severidade de “bitter pit” (Figura 1). Esta relação mostra um aumento substancial na severidade de “bitter pit” em frutos com teores de Ca na polpa menores que 32 mg kg^{-1} .

Estes dados mostram que a severidade de “bitter pit” na cultivar Catarina é afetada principalmente pelo conteúdo de Ca na casca, e, em menor grau, pelo conteúdo de Ca na polpa. Isto confirma observações feitas nos frutos da cultivar Catarina, que mostram o desenvolvimento das lesões em profundidade, iniciando no

tecido da casca e estendendo até várias camadas de células abaixo da epiderme, em direção à polpa.

Na análise canônica discriminante (ACD), o número máximo de funções canônicas discriminantes obtido é dado pelo menor valor, calculado em função do número de grupos estudados menos 1, e do número de atributos avaliados menos 1 (Cruz-Castillo et al., 1994). Como foram estudados 18 atributos nutricionais e apenas quatro níveis de severidade, foi possível a utilização de até três funções discriminantes canônicas. A primeira função discriminante canônica explicou 60% da variação total, enquanto a segunda e a terceira funções explicaram apenas 21% e 19% da variação total, respectivamente. Desta forma, como a primeira função discriminante canônica (função canônica discriminante 1; FCD1) explicou a maior parte da variação total, apenas esta foi considerada na análise multivariada dos dados obtidos.

O teste estatístico multivariado Wilks Lambda mostrou haver diferenças altamente significativas entre frutos pertencentes aos diferentes níveis de severidade de “bitter pit” ($P < 0,05$) para a FCD1. A FCD1 apresentou uma correlação canônica de 0,73, indicando elevada associação entre os atributos nutricionais estudados, e os níveis de severidade ao “bitter pit”.

O parâmetro adotado para avaliação do efeito de separação gerada pelos atributos nutricionais dentro dos níveis de severidade estudados foi o coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP). O coeficiente da TDP é obtido através do produto entre valores dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) e os coeficientes de correlação canônica (r). Para o coeficiente da TDP, valores de atributos nutricionais positivos indicam efeito de separação entre os níveis de severidade de “bitter pit”, sendo que os atributos com os maiores valores, apresentam maior peso na separação

entre níveis de severidade. Valores negativos expressam efeito de supressão do atributo na separação entre os níveis de severidade de “bitter pit”, ou seja, expressam semelhanças entre os níveis de severidade. Neste estudo, observamos que a relação Mg/Ca na casca apresentou o maior valor de TDP (Tabela 3), indicando que, dentre todos os demais atributos nutricionais avaliados, nos tecidos da casca e da polpa, este é o que melhor discrimina frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”. Com um menor grau de importância na discriminação entre lotes de frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit” aparecem a relação K/Ca na polpa e os teores de Mg na polpa (Tabela 3). O teor isolado de Ca, na casca e na polpa, quando considerado em uma análise multivariada, não representa um atributo nutricional relevante na discriminação entre lotes de frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”. Isto confirma observações realizadas por outros autores, mostrando que relações entre teores de Ca e os nutrientes Mg, K e N são melhores indicadores de suscetibilidade ao “bitter pit” do que apenas os teores de Ca (Faust & Shear, 1968; Ferguson & Watkins, 1989; Nachtigall & Freire, 1998; Argenta & Suzuki, 1994). No caso da cultivar Catarina, a análise multivariada mostrou que a relação Mg/Ca na casca é o atributo nutricional que melhor discrimina frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”, possivelmente por apresentar menor variabilidade entre frutos pertencentes a cada lote e/ou por apresentar uma maior variabilidade entre lotes de frutos com diferentes severidades ao “bitter pit”.

A representação gráfica entre os coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2 mostra uma nítida separação entre frutos com níveis de severidade nula, baixa-moderada e alta (Figura 2). Houve diferença altamente significativa ($P < 0,0001$) entre os valores médios dos coeficientes canônicos

homogeneizados (CCH) da função canônica discriminante 1 (FCD1) entre os diferentes níveis de severidade ao “bitter pit” (Tabela 4). Frutos com severidade alta apresentaram os maiores valores médios de CCH (indicando especialmente frutos com alta relação Mg/Ca na casca) e frutos com severidade nula apresentaram os menores valores de CCH (indicando frutos com baixa relação Mg/Ca na casca). Não houve diferença significativa entre frutos com severidade baixa e moderada (Tabela 4).

Tabela 1. Teores nutricionais na casca de frutos da cultivar Catarina com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”.

SEVERIDADE ¹	Ca	Mg	K	N	K/Ca	Mg/Ca	N/Ca	(K+Mg)/Ca	(K+Mg+N)/Ca
mg kg⁻¹									
Nula	148 a ²	439 a	1072 a	1018 a	7,9 a	3,1 b	7,3 a	11,0 b	18,3 b
Baixa	146 a	479 a	1086 a	970 a	7,9 a	3,4 b	7,0 a	11,2 b	18,2 b
Moderada	131 a	437 a	1203 a	1014 a	9,7 a	3,5 b	8,3 a	13,2 ab	21,5 ab
Alta	113 a	452 a	1129 a	962 a	11,7 a	4,6 a	10,2 a	16,3 a	26,6 b
C.V. (%)	30,3	13,7	16,5	25,1	44,3	32,6	40,3	39,4	40,1

¹ Severidade nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-5 lesões/fruto; e alta: 6-18 lesões/fruto.

² Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 2. Teores nutricionais na polpa de frutos da cultivar Catarina com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”.

SEVERIDADE ¹	Ca	Mg	K	N	K/Ca	Mg/Ca	N/Ca	(K+Mg)/Ca	(K+Mg+N)/Ca
mg kg⁻¹									
Nula	41,1 a ²	167 a	1427 a	457 a	35,7 b	4,1 a	11,5 a	39,8 b	51,4 b
Baixa	35,3 ab	142 ab	1605 a	446 a	46,0 ab	4,0 a	13 a	50,1 ab	63,0 ab
Moderada	32,0 b	130 b	1857 a	433 a	59,4 a	4,2 a	14,3 a	63,6 a	77,9 a
Alta	31,4 b	123 b	1432 a	443 a	49,5 ab	4,2 a	15,5 a	53,8 ab	69,3 ab
C.V. (%)	26,6	26,3	44,3	19,8	44,3	22,7	32,3	43,8	36,7

¹ Severidade nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-5 lesões/fruto; e alta: 6-18 lesões/fruto.

² Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 3. Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD₁), referente as análises dos nutrientes e suas relações.

ATRIBUTOS AVALIADOS	CASCA	POLPA
Ca	-0,0357	-1,0717
Mg	-0,0202	0,5508
K	0,0771	-0,0497
N	-0,0264	0,0535
K/Ca	0,0259	0,7056
Mg/Ca	1,7312	0,0265
N/Ca	0,0000	0,6725
(K+Mg)/Ca	0,0000	0,0000
(K+Mg+N)/Ca	-1,6393	0,0000

Tabela 4. Valores médios dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) para a função canônica discriminante 1 (FCD₁), referente as análises nutricionais de maçãs cultivar Catarina com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”.

Severidade ¹	CCH
Nula	-1,4719 c ²
Baixa	-0,1615 b
Moderada	0,2057 b
Alta	1,4402 a

¹ Severidade nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-5 lesões/fruto; e alta: 6-18 lesões/fruto.

² Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

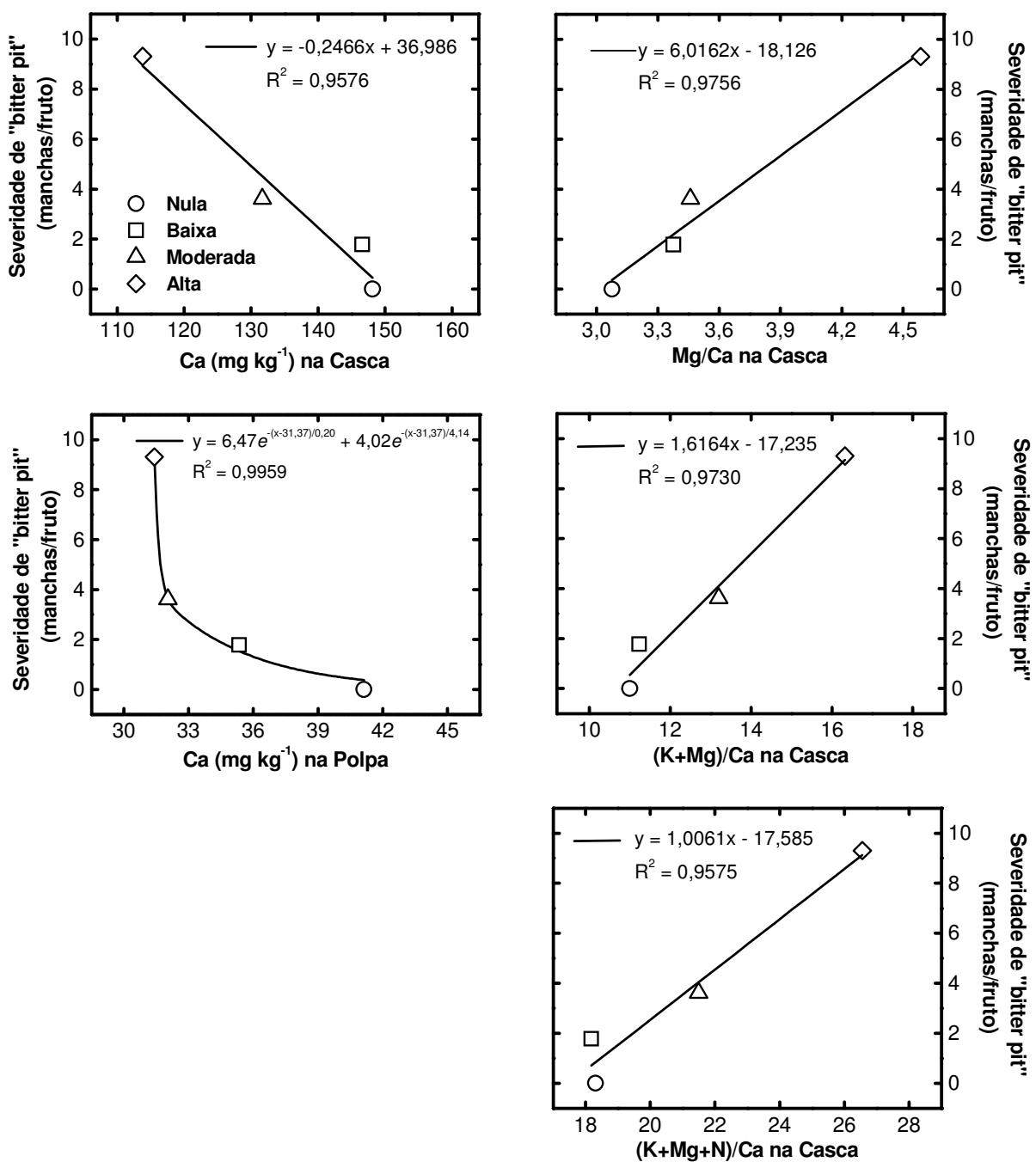


FIGURA 1. Relações entre valores médios de atributos nutricionais e de número de manchas por fruto em maçãs cultivar Catarina com severidade nula (0 lesão/fruto), baixa (1-2 lesões/fruto), moderada (3-5 lesões/fruto) e alta (6-18 lesões/fruto) de "bitter pit".

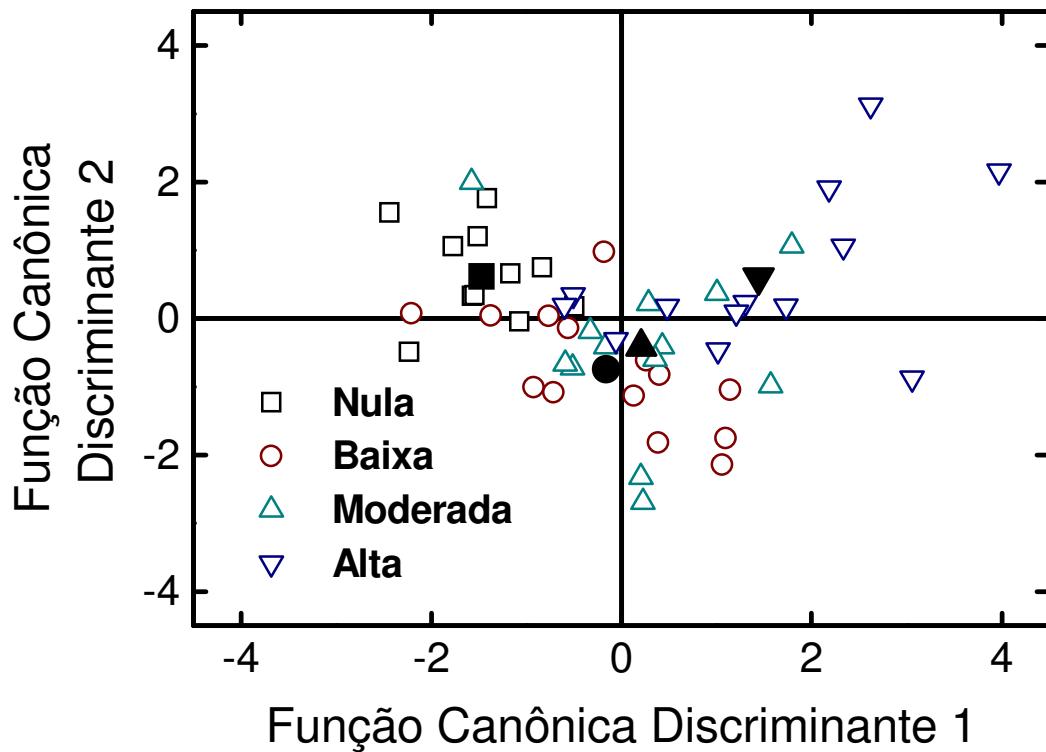


FIGURA 2. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, em maçãs ‘Catarina’ com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit” (nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-5 lesões/fruto; e alta: 6-18 lesões/fruto), considerando todos os atributos nutricionais avaliados nos tecidos da polpa e da casca. Símbolo cheio representa o valor médio de CCH para cada nível de severidade ao “bitter pit”.

4. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir que o aumento na severidade de “bitter pit” na cultivar Catarina está associado a baixos teores de Ca na casca e na polpa, sendo melhor explicado pelas relações Mg/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca na casca. Todavia, a análise multivariada mostrou que, o aumento na severidade de “bitter pit” está diretamente associado com altos níveis de Mg no tecido da casca em adição aos baixos níveis de Ca, ou seja, com o incremento na relação Mg/Ca na casca. Deste modo, pode-se dizer que, a casca é a porção do fruto que melhor explica a severidade do distúrbio nesta cultivar.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, P. R.; WILCOX, G. E. Rapid perchloric acid digestion methods for analysis of major elements in plant tissue. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 16, n. 3, p. 1153-1163, 1985.
- ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e freqüência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 267-277, 1994.
- CAMILO, A.P.; DENARDI, F. Cultivares: descrição e comportamento no sul do Brasil. In: **A Cultura da Macieira**. EPAGRI: Florianópolis, 2002. p. 113-168.
- CRUZ-CASTILLO, J.G.; GANESHANANDAM, S.; MACKAY, B.R.; LAWES, G.S.; LAWOKO, C.R.O.; WOOLLEY, D.J. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 10, p. 1115-1119, 1994.

- ERNANI, P. R., DIAS, J.; VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 19, n. 1, p. 33-37, 1997.
- FAUST, M. & SHEAR, C.B. Corking disorders of apple: a physiological and biochemical review. **Botanical Review**, New York, v. 34, p. 441-469, 1968.
- FERGUSON, I. B; WATKINS, C. B. Bitter-pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, New York, v. 11, p. 289-355, 1989.
- NACHTIGALL, G.R.; FREIRE, C.J.S. Previsão da incidência de “bitter pit” em maçãs através dos teores de cálcio em folhas e frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 2, p. 158-166, 1998.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 1, p. 86-89, 1986.
- POOVAIAH, B.W., GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. **Horticultural Reviews**, New York, v. 10, p. 107-152, 1988.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Wadsworth Publishing Co., California. 682 p., 1992.
- SAS. **SAS institute INC**. Cary, NC, 1990.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. The Benjamin/Cummings Company, Inc., California. 565 p., 1991.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise do solo, planta e outros materiais**. 2 ed., Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 174 p., 1995 (Boletim Técnico de Solos n. 5).

URBAN, A.; LIMA, V.H.K. **Epagri cria nova variedade**;disponível em:
<<http://www.an.com.br/1999/ago/17/0ecc.htm>> acesso em: 27-09-2004.

III - TEORES NUTRICIONAIS E SEVERIDADE DE “BITTER PIT” EM FRUTOS DE MACIEIRA DA CULTIVAR GALA

RESUMO

Maçãs ‘Gala’ foram coletadas num pomar comercial do município de Lages, SC, e armazenadas durante 4 meses em atmosfera normal (a 0,5°C e 90-95% de umidade relativa). Posteriormente foram separadas em quatro lotes, correspondendo aos níveis de severidade nula (0 lesão/fruto), baixa (1-2 lesões/fruto), moderada (3-4 lesões/fruto) e alta (5-13 lesões/fruto) de “bitter pit”, sendo 12 frutos (repetições) em cada nível de severidade. Foram realizadas análises nutricionais de Ca, Mg, K e N na casca e na polpa dos frutos individuais de cada lote. A análise nutricional da casca não mostrou diferenças significativas quanto aos teores de Mg e N entre frutos com diferentes níveis de severidade de “bitter pit”. Todavia, frutos com sintomas de “bitter pit” (níveis de severidade baixa, moderada e alta) apresentaram um menor teor de Ca nos tecidos da casca e da polpa e maior teor de K no tecido da casca em relação aos frutos sem os sintomas deste distúrbio. Para as relações nutricionais, ou seja, K/Ca, Mg/Ca, N/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca, tanto na casca como na polpa, os valores foram maiores nos frutos com sintomas de “bitter pit”. A análise multivariada mostrou que, de todos os atributos nutricionais avaliados na casca e na polpa, a relação K/Ca na casca foi que melhor discriminou lotes de frutos suscetíveis ao “bitter pit”. Portanto, para esta cultivar, a ocorrência de “bitter pit” está associada a valores elevados da relação K/Ca na casca dos frutos.

1. INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo a preservação da qualidade pós-colheita de frutos tem despertado um grande interesse nos últimos anos devido ao aumento na produção e no consumo, aos estímulos oferecidos às exportações, e à necessidade de um abastecimento regular do mercado.

Cada tipo de fruto apresenta uma diferença no período de armazenamento, o qual está relacionado a diversos fatores, sejam eles fisiológicos ou de manejo. O período máximo de armazenamento dos frutos é ainda dependente da suscetibilidade à perda de água, da resistência aos microrganismos causadores de podridões e da suscetibilidade aos distúrbios fisiológicos (Wills et al., 1998).

O “bitter pit” é um distúrbio fisiológico que ocorre em todas as áreas de produção de maçã do mundo. Apesar desta desordem se desenvolver durante a fase de frigoconservação, suas causas e fatores predisponentes já estão presentes no pomar, podendo, em casos extremos, os sintomas aparecerem antes da colheita (Faust & Shear, 1968; Ferguson & Watkins, 1989). O sintoma primário é uma discreta mancha na polpa de maçã, de coloração escura, que se torna desidratada com o tempo, criando assim pequenas depressões na epiderme do fruto (Ferguson & Watkins, 1989). Estas manchas estão localizadas principalmente na parte inferior do fruto, próximo a região pistilar.

O desenvolvimento deste distúrbio está relacionado com uma deficiência de Ca no fruto e sua relação com alguns nutrientes, principalmente K, Mg e N. Argenta & Suzuki (1994) verificaram, em maçãs ‘Gala’ refrigeradas, que a freqüência do “bitter pit” foi inversamente proporcional ao teor de Ca e diretamente proporcional ao teor de N e à relação $(K+Mg)/Ca$ nos frutos.

O movimento de Ca para o fruto ocorre com o suprimento de água, pelo xilema, especialmente antes e durante a fase de divisão celular (até cerca de 40 dias após a plena floração). Após este período, o suprimento de água passa a ser via floema, no qual a mobilidade do Ca é muito baixa (Salisbury & Ross, 1992). Este curto período de maior suprimento de Ca, faz com que ocorra diluição no conteúdo deste nutriente com o crescimento dos frutos, o que pode comprometer a qualidade pós-colheita durante o armazenamento. Os mecanismos de absorção e transporte de Ca na planta fazem com que os teores de Ca sejam muito mais elevados em outros órgãos da macieira, como ramos e folhas, do que nos frutos (Basso, 2002).

Uma das funções do Ca na planta está relacionada à síntese de parede celular, em particular a lamela média. Este elemento é também utilizado na formação do fuso mitótico durante a divisão celular. O Ca é requerido para o funcionamento normal das membranas vegetais e tem o papel de mensageiro secundário em várias respostas das plantas, tanto a sinais ambientais quanto a hormonais. Como mensageiro secundário, o Ca pode-se ligar à calmodulina, uma proteína encontrada no citosol de células vegetais. O complexo calmodulina-Ca regula diversos processos metabólicos. A calmodulina é conhecida por ter uma alta afinidade pelos íons Ca, mesmo eles estando em baixa concentração no citosol (10^{-6} M) (Taiz & Zeiger, 1991). Esta proteína é ativada quando apresenta Ca ligado a um ou mais dos seus quatro sítios de ligação, mudando sua conformação e estimulando uma grande variedade de enzimas com funções regulatórias nas células. Como exemplo de enzimas ativadas pelo complexo calmodulina-Ca temos: bomba de Ca^{2+} (Ca^{2+} -ATPase) e bomba de auxina na membrana plasmática; NAD quinase e enzimas que regulam a fosforilação (quinases e fosfatases) e assim a atividade de outras enzimas (Salisbury & Ross, 1992).

A cultivar Gala é originária do cruzamento entre as cultivares 'Kidd's Orange Red' e 'Golden Delicious', realizado em 1934 por J. H. Kidd, melhorista particular de Greytown, Wairarapa, Nova Zelândia. A 'Gala' é uma das cultivares mais importantes no sul do Brasil. Por ser a mais precoce dentre as cultivares mais plantadas no país e devido ao seu paladar agradável ao consumidor brasileiro, geralmente alcança bom preço no mercado nacional. Atualmente o Brasil é o país com maior área plantada com a cultivar Gala, pois nos outros países predominam as seleções de 'Gala' com epiderme colorida (Camilo & Denardi, 2002).

Este trabalho objetivou identificar os nutrientes e/ou relações nutricionais que afetam a severidade de "bitter pit" em frutos da cultivar Gala, bem como identificar a porção do fruto (polpa ou casca) a ser analisada que melhor relate o estado nutricional com a severidade do distúrbio. Além da análise estatística univariada, foi realizada a análise canônica discriminante (ACD), uma ferramenta multivariada que permite a compreensão das relações existentes entre todos os atributos nutricionais estudados e o grau de severidade dos frutos ao "bitter pit" (Cruz-Castillo et al., 1994).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Maçãs 'Gala', oriundas de um pomar comercial localizado no município de Lages, SC, foram armazenadas durante 4 meses em atmosfera normal (temperatura de $0\pm0,5^{\circ}\text{C}$ e 90-95% de umidade relativa) na safra 2000/2001. Após o período de armazenamento, os frutos foram divididos em quatro lotes, com diferentes níveis de severidades ao "bitter pit": 1) nula (0 lesão/fruto); 2) baixa (1-2 lesões/fruto); 3) moderada (3-4 lesões/fruto); e 4) alta (5-13 lesões/fruto). Frutos individuais de cada lote

(representando os diferentes níveis de severidades ao “bitter pit”) foram analisados quanto aos teores de Ca, K, Mg e N nos tecidos da casca e da polpa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 12 repetições, cada repetição correspondendo a um fruto.

O tecido vegetal foi pesado, em aproximadamente 3 gramas, e digerido em uma mistura de 2 ml de ácido sulfúrico concentrado e 3 ml de água oxigenada (30 volumes) durante 90 minutos, onde a temperatura foi elevada a cada 50°C até alcançar a temperatura final de 350°C. Após este período de tempo, foi acrescentado na amostra mais 3 ml de água oxigenada (30 volumes) e deixado digerir por mais uma hora na temperatura final. Por último, o bloco digestor foi desligado e as amostras, depois de esfriarem, foram completadas com água destilada para o volume de 20 ml do tubo digestor, conforme descrito por Adler & Wilcox (1985). O N foi determinado pelo método semi-micro’Kjeldahl, como descrito por Tedesco et al. (1995). Potássio, Ca e Mg foram determinados por espectrofometria de emissão induzida por plasma.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o programa SAS, versão 6.12 (SAS Institute, Inc.) (1990). Foi realizada análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias (Tukey, $P < 0,05$) para os atributos nutricionais quantificados na casca e na polpa em frutos com diferentes níveis de suscetibilidade ao “bitter pit”. Os dados foram também submetidos à análise canônica discriminante (ACD), visando identificar os atributos nutricionais mais relevantes que permitem discriminar diferenças quanto ao grau de suscetibilidade ao “bitter pit” em maçãs ‘Gala’. Os valores médios dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) de frutos correspondentes aos diferentes níveis de severidades ao “bitter pit” foram

comparados através do teste de Tukey ($P < 0,05$), conforme descrito por Cruz-Castillo et al. (1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No tecido da casca, a análise nutricional não mostrou diferença significativa quanto aos teores de Mg e N entre frutos com graus de severidade nula e alta de “bitter pit” (Tabela 1). Frutos com “bitter pit”, independente do nível de severidade, apresentaram menor teor de Ca e maior teor de K no tecido da casca em relação aos frutos sem “bitter pit” (Tabela 1). Para todas as relações nutricionais estudadas no tecido da casca (K/Ca , Mg/Ca , N/Ca , $(K+Mg)/Ca$ e $(K+Mg+N)/Ca$), foram observados menores valores para frutos sem “bitter pit” do que em frutos com severidade baixa a alta de “bitter pit” (Tabela 1).

No tecido da polpa, somente os teores de Ca foram significativamente maiores em frutos sem “bitter pit” em relação a frutos com níveis de severidade baixa a alta (Tabela 2). Não houve diferença quanto aos teores de K, Mg e N entre frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”. No entanto, frutos que apresentaram sintomas de “bitter pit” (níveis de severidade baixa, moderada e alta), apresentaram maiores valores das relações K/Ca , Mg/Ca , N/Ca , $(K+Mg)/Ca$ e $(K+Mg+N)/Ca$, em relação a frutos sem “bitter pit” (severidade nula) (Tabela 2). Frutos com valores das relações $(K+Mg)/Ca$, K/Ca , Mg/Ca , N/Ca e $(K+Mg+N)/Ca$ na polpa iguais a 32,52, 31,31, 1,21, 6,29 e 38,81, respectivamente, mostraram-se isentos de “bitter pit”. Em maçãs cultivar Golden Delicius, frutos com relação $(K+Mg)/Ca$ na polpa fresca na colheita superior a 32 apresentaram maior severidade de “bitter pit” (Nachtigall & Freire, 1998). Em nosso trabalho, frutos com relação $(K+Mg)/Ca$ no tecido da polpa igual ou superior a 32,78

apresentaram-se suscetíveis ao “bitter pit”. Argenta & Suzuki (1994) verificaram menor incidência de “bitter pit” em frutos com relação (K+Mg)/Ca menor do que 27 no tecido de casca+polpa de maçãs cultivar Gala. Considerando que os autores amostraram casca+polpa, e que a casca apresenta menor valor da relação (K+Mg)/Ca em relação à polpa (Tabelas 1 e 2), é esperado um valor menor desta relação quando realizada a amostragem de casca+polpa em comparação à amostragem apenas de polpa.

Na análise canônica discriminante (ACD), o número máximo de funções canônicas discriminantes obtido é dado pelo menor valor, calculado em função do número de grupos estudados menos 1, e do número de atributos avaliados menos 1 (Cruz-Castillo et al., 1994). Como foram estudados 18 atributos nutricionais e apenas quatro níveis de severidade, foi possível a utilização de até três funções discriminantes canônicas. A primeira função discriminante canônica explicou 84,33% da variação total, enquanto a segunda e a terceira funções explicaram apenas 11,16% e 4,51% da variação total, respectivamente. Desta forma, como a primeira função discriminante canônica (função canônica discriminante 1; FCD1) explicou a maior parte da variação total, apenas esta foi considerada na análise multivariada dos dados obtidos.

O teste estatístico multivariado Wilks Lambda mostrou haver diferenças altamente significativas entre frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit” ($P < 0,0001$) para a FCD1. A FCD1 apresentou uma correlação canônica de 0,7226, indicando elevada associação entre os atributos nutricionais estudados e os níveis de severidade ao “bitter pit”.

O parâmetro adotado para avaliação do efeito de separação gerada pelos atributos nutricionais dentro dos níveis de severidade estudados foi o coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP). O coeficiente da TDP é obtido através do produto

entre valores dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) e os valores dos coeficientes de correlação canônica (r). Para o coeficiente da TDP, valores de atributos nutricionais positivos indicam efeito de separação entre os níveis de severidade de “bitter pit”, sendo que os atributos com os maiores valores, apresentam maior peso na separação entre níveis de severidade. Valores negativos expressam efeito de supressão do atributo na separação entre os níveis de severidade de “bitter pit”, ou seja, expressam semelhanças entre os níveis de severidade.

Neste estudo, observou-se que a relação K/Ca na casca apresentou o maior valor de TDP (Tabela 3), indicando que, dentre todos os demais atributos nutricionais avaliados, nos tecidos da casca e da polpa, este é o que melhor discrimina frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”. Com um menor grau de importância na discriminação entre lotes de frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit” tem-se as relações Mg/Ca e N/Ca na polpa (Tabela 3). O teor isolado de Ca, na casca e na polpa, quando considerado em uma análise multivariada, não representa um atributo nutricional relevante na discriminação entre lotes de frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”. Isto confirma observações realizadas por outros autores, mostrando que relações entre teores de Ca e os nutrientes Mg, K e N são melhores indicadores de suscetibilidade ao “bitter pit” do que apenas os teores de Ca (Faust & Shear, 1968; Ferguson & Watkins, 1989; Nachtingall & Freire, 1998; Argenta & Suzuki, 1994). No caso da cultivar Gala, a análise multivariada mostrou que a relação K/Ca na casca é o atributo nutricional que melhor discrimina frutos com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”, possivelmente por apresentar menor variabilidade entre frutos pertencentes a cada lote e/ou por apresentar uma maior variabilidade entre lotes de

frutos com diferentes severidades ao “bitter pit”. Portanto, na cultivar Gala, a ocorrência de “bitter pit” está associada a uma elevada relação K/Ca no tecido da casca dos frutos.

A representação gráfica entre os coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, mostra uma nítida separação entre frutos sem “bitter pit” e frutos com níveis de severidade ao “bitter pit” de baixa a alta (Figura 1). Houve diferença altamente significativa ($P<0,0001$) entre os valores médios dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) da função canônica discriminante 1 (FCD1) entre frutos sem “bitter pit” e frutos com níveis de severidade ao “bitter pit” de baixa a alta (Tabela 4). Frutos com severidades baixa, moderada e alta apresentaram os maiores valores médios de CCH e frutos com severidade nula apresentaram os menores valores médios de CCH.

Tabela 5. Teores nutricionais na casca de frutos da cultivar Gala em função dos níveis de severidade de “bitter pit”.

SEVERIDADE ¹	Ca	Mg	K	N	K/Ca	Mg/Ca	N/Ca	(K+Mg)/Ca	(K+Mg+N)/Ca
mg kg⁻¹									
Nula	152,0 a ²	209 a	1055 b	433 a	7,5 b	1,5 b	3,0 b	9,0 b	12,0 b
Baixa	99,9 b	191 b	1184 a	399 a	12,4 a	2,0 a	4,1 a	14,3 a	18,4 a
Moderada	97,0 b	191 b	1240 a	397 a	13,1 a	2,0 a	4,2 a	15,1 a	19,3 a
Alta	101,0 b	204 ab	1339 a	441 a	13,7 a	2,1 a	4,5 a	15,8 a	20,2 a
C.V. (%)	33,8	12,6	19,6	18,6	41,1	27,0	18,6	38,5	35,7

¹ Severidade: nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-4 lesões/fruto; e alta: 5-13 lesões/fruto.

² Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Tabela 6. Teores nutricionais na polpa de frutos da cultivar Gala em função dos níveis de severidade de “bitter pit”.

SEVERIDADE ¹	Ca	Mg	K	N	K/Ca	Mg/Ca	N/Ca	(K+Mg)/Ca	(K+Mg+N)/Ca
mg kg⁻¹									
Nula	38,8 a ²	45,1 a	1127 a	230 a	31,3 b	1,2 b	6,3 b	32,5 b	38,8 b
Baixa	29,5 b	42,5 a	1168 a	238 a	41,3 a	1,5 a	8,4 a	42,8 a	51,2 a
Moderada	28,8 b	40,0 b	1182 a	244 a	41,8 a	1,4 a	8,7 a	43,2 a	51,9 a
Alta	29,6 b	42,8 a	1104 a	262 a	38,3 a	1,5 a	8,8 a	39,8 a	48,6 a
C.V. (%)	29,6	17,8	16,3	24,1	33,0	20,1	33,8	32,3	31,0

¹ Severidade: nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-4 lesões/fruto; e alta: 5-13 lesões/fruto.

² Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 7. Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD₁), referente as análises dos nutrientes e suas relações.

ATRIBUTOS AVALIADOS	CASCA	POLPA
Ca	-0,0722	-0,1631
Mg	-0,0940	0,1757
K	-0,4216	0,0320
N	0,0053	-0,0445
K/Ca	2,2786	-0,5388
Mg/Ca	-0,8273	0,4845
N/Ca	-0,1293	0,3148
(K+Mg)/Ca	0,0000	0,0000
(K+Mg+N)/Ca	0,0000	0,0000

Tabela 8. Valores médios dos coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) para a função canônica discriminante 1 (FCD₁), referente as análises nutricionais de maçãs cultivar Gala com diferentes níveis de severidade ao “bitter pit”.

Severidade ¹	CCH
Nula	-0,7089 b ²
Baixa	1,2778 a
Moderada	1,5925 a
Alta	1,6765 a

¹ Severidade nula: 0 lesão/fruto; baixa: 1-2 lesões/fruto; moderada: 3-4 lesões/fruto; e alta: 5-13 lesões/fruto.

² Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

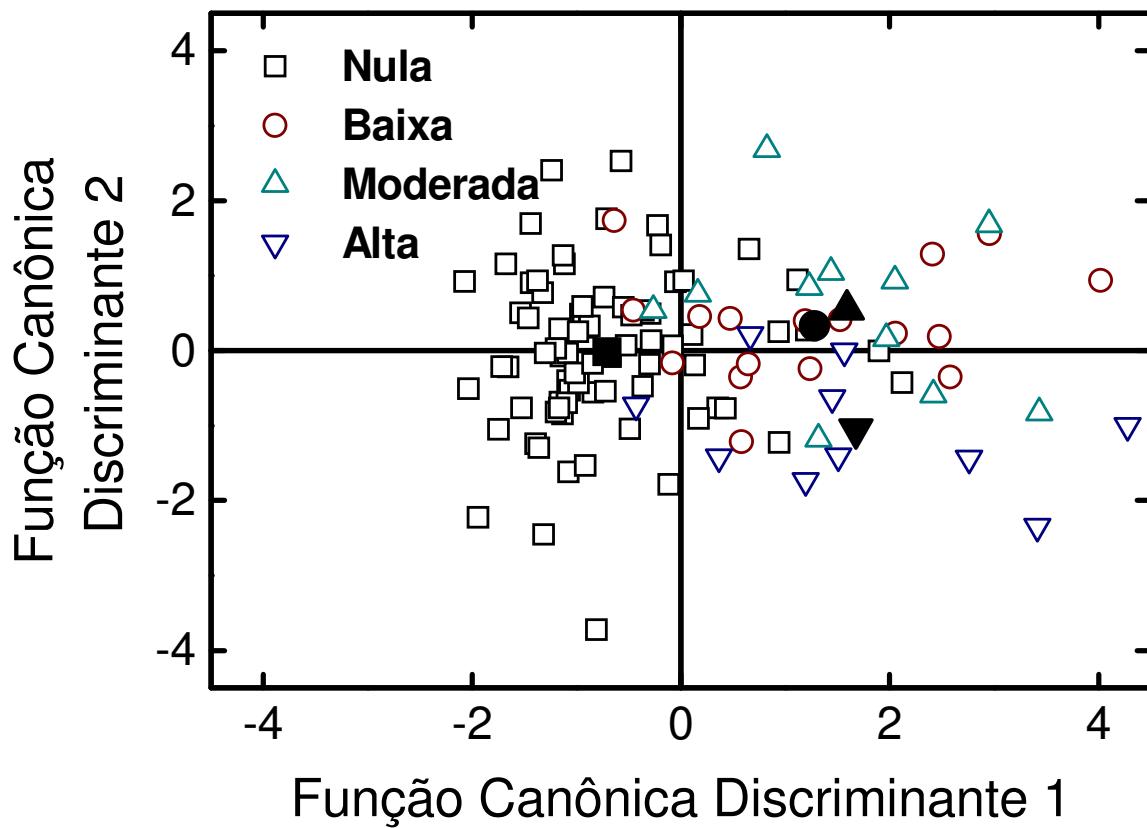


FIGURA 3. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, em maçãs 'Gala' com diferentes níveis de severidade ao "bitter pit", considerando todos os atributos nutricionais avaliados nos tecidos da polpa e da casca. Símbolo cheio representa o valor médio de CCH para cada nível de severidade ao "bitter pit".

4. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir que para a cultivar Gala o aumento na severidade de “bitter pit” é o resultado de baixos teores de Ca nos tecidos da casca e da polpa e altos teores de K no tecido da casca. No entanto, a análise multivariada mostra que a melhor discriminação entre frutos sem “bitter pit” e frutos com níveis de severidade ao “bitter pit” de baixa a alta é explicada pela relação K/Ca no tecido da casca. Frutos com relação K/Ca no tecido da casca igual ou superior a 12,36 são suscetíveis ao “bitter pit”. Assim, através dos resultados obtidos, pode-se dizer que a casca é a melhor porção do fruto que melhor explica o aparecimento dos sintomas de “bitter pit” nos frutos da cultivar Gala.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, P. R.; WILCOX, G. E. Rapid perchloric acid digestion methods for analysis of major elements in plant tissue. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 16, n. 3, p. 1153-1163, 1985.
- ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e freqüência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 267-277, 1994.
- BASSO, C. Distúrbios fisiológicos. In: **A Cultura da Macieira**. EPAGRI: Florianópolis, 2002. p. 609-636.
- CAMILO, A.P & DENARDI, F. Cultivares: descrição e comportamento no sul do Brasil. In: **A Cultura da Macieira**. EPAGRI: Florianópolis, 2002. p. 113-168.

- CRUZ-CASTILLO, J.G.; GANESHANANDAM, S.; MACKAY, B.R.; LAWES, G.S.; LAWOKO, C.R.O.; WOOLLEY, D.J. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 10, p. 1115-1119, 1994.
- ERNANI, P. R., DIAS, J.; VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 19, n. 1, p. 33-37, 1997.
- FAUST, M. & SHEAR, C.B. Corking disorders of apple: a physiological and biochemical review. **Botanical Review**, New York, v. 34, p. 441-469, 1968.
- FERGUSON, I. B; WATKINS, C. B. Bitter-pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, New York, v. 11, p. 289-355, 1989.
- NACHTIGALL, G.R.; FREIRE, C.J.S. Previsão da incidência de "bitter pit" em maçãs através dos teores de cálcio em folhas e frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 2, p. 158-166, 1998.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Wadsworth Publishing Co., California. 682 p., 1992.
- SAS. **SAS institute INC**. Cary, NC, 1990
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. The Benjamin/Cummings Company, Inc., California. 565 p., 1991.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise do solo, planta e outros materiais**. 2 ed., Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 174 p., 1995 (Boletim Técnico de Solos n. 5).
- WILLS, R. H.; McGLOSSON, W. B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4 ed. New York: CAB International, 1998. 262 p.