

MAICON MAGRO

**EVOLUÇÃO DA MATURAÇÃO DE MAÇÃS 'MAXI GALA' ATRAVÉS DE MÉTODO
NÃO DESTRUTIVO DE ANÁLISE DE FRUTOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Leo Rufato

Co-orientadora: Dr.^a Aike Anneliese Kretzschmar

**LAGES, SC
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Magro, Maicon

Evolução da maturação de maçãs "MAXI GALA" através
de método não destrutivo de análise de frutos /
Maicon Magro. - Lages , 2017.
67 p.

Orientador: Leo Rufato

Co-orientadora: Aike Anneliese Kretzschmar
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação , Lages,
2017.

1. Malus domestica Borkh. 2. DA-Meter. 3. índice
de diferença de absorbância. 4. maturação. I. Rufato,
Leo. II. Anneliese Kretzschmar, Aike . , .III.
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
. IV. Título.

MAICON MAGRO

**EVOLUÇÃO DA MATURAÇÃO DE MAÇÃS 'MAXI GALA' ATRAVÉS DE MÉTODO
NÃO DESTRUTIVO DE ANÁLISE DE FRUTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Banca Examinadora:

Orientador:

Dr. Leo Rufato
UDESC/Lages-SC

Membro Externo:

Dr. Alberto Fontanella Brighenti
EPAGRI/São Joaquim-SC

Membro Externo:

Dr. Bruno Dalazen Machado
IFSC/Urupema-SC

Lages, 22 de fevereiro de 2017

*Aos meus pais e meus irmãos dedico todo o meu esforço como tentativa de retribuir
em forma de orgulho, o sacrifício.
Ofereço e dedico!*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Leo Rufato, que sempre acreditou em mim, no meu potencial, que mostrou-me que é necessário fazer para ter, que é necessário correr atrás e não esperar para o outro, que é necessário enxergar além do que se vê para se tornar um líder, que é necessário acordar cedo e dormir tarde, contar com dedicação e esforço para que as transformações sejam para melhor.

Ao colegas e amigos Guilherme, Tiago, Samila, Ricardo, Fernanda Bastos, Fernanda Grimaldi, Douglas, Antonio, Betina, Penter, Francisco, Deivid, Paulo, Adrick que sempre estiveram presentes dispostos a ajudar, participando nas discussões, das análises, compartilhando conhecimentos, desfrutando um bom vinho, muito obrigado.

Aos colegas de pesquisa e amigos Osmar Crestani, Bruno Dalazen Machado, José Marcon Filho, Joseane Hipólito de Sousa, Alberto Fontanella Brighenti que fizeram muito para o meu crescimento como colega e pesquisador.

Aos amigos e bolsistas da fruticultura Aline, Lediane, Tainah, Carlão, Caio, Lucas, Muriá, Luiz pela dedicação, comprometimento e ajuda nas colheitas e análises.

Aos amigos que sempre estarão no peito por fazerem parte disso, Jonatan, Cristina, Camila, Cleide, Aline e a todos mais que fiz em Lages e na UDESC.

A UDESC e todos os professores, que disponibilizaram estudo gratuito e de qualidade.

A empresa Rasip Agropastoril S/A, que disponibilizou a área experimental e tornou possível a realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo fomento da bolsa de estudos do curso de Mestrado.

RESUMO

O acompanhamento da maturação dos frutos em pomares de maçã é realizado por métodos destrutivos, coletando-se amostras de frutos nos pomares e analisando em laboratório, tornando o processo lento e oneroso. O intuito de utilizar um método não destrutivo para o acompanhamento da maturação dos frutos é de possibilitar que a análise seja realizada no pomar podendo acelerar a obtenção de resultados e auxiliar na tomada de decisões para colheita. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi acompanhar a maturação de frutos de macieira “Maxi Gala”, para obter dados que possam mostrar a tendência da maturação sobre diferentes porta-enxertos, e posteriormente serem testados com equações e regressão matemática, para confecção de modelos para a estimativa dos índices de maturação em função do índice de diferença de absorbância feito com o aparelho portátil DA-Meter, estabelecendo correlação com métodos usuais (destrutivos). O experimento foi realizado no município de Vacaria-RS. as amostras foram coletadas durante as safras 2015 e 2016, no período de seis semanas antes da colheita. As amostras foram coletadas em 64 pontos, semanalmente. Foram colhidos 15 frutos em cada ponto distinto do pomar, e estes avaliados quanto sua maturação por métodos destrutivos (análise de firmeza de polpa, índice de amido, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável) e não destrutivo (DA-Meter). Pode-se concluir que a evolução da maturação dos frutos de ‘Maxi Gala’ foi semelhante entre os porta-enxertos M.9 e Marubakaido com filtro de M.9. Foi observado que quando utilizado dentro da mesma área homogênea o DA-Meter pode ser usado como método não destrutivo para auxiliar o acompanhamento da maturação de maçãs ‘Maxi Gala’.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh, DA-Meter, índice de diferença de absorbância, maturação.

ABSTRACT

Keep up with the maturation behavior in apple orchards, to define harvest time it is normally made by destructive methods, collecting fruit samples on the field and analyzing them in laboratory, that process are slowly and expensive. The aim of use non destructive methods to keep up with fruit maturation behavior is to get possibility to do analysis at the orchard, giving speed to the process and fast results to make harvest decisions. The objective of this work is keep up with maturation of apple fruits, cultivar "Maxi Gala", to obtain data that can show trend on maturation, grafted on different rootstocks, and late tested by mathematics regression equation, to develop models that will allow estimate maturation index in function of the absorbance difference measured by the portable equipment DA-meter, establishing correlation with usual methods (destructive). The Trial was realized at Vacaria-RS, and samples collected during six weeks before harvest, on seasons 2015 and 2016. The samples were harvested on 64 different points, weekly, with 15 fruits in each point of the orchard, and these ones evaluated by maturation with destructive methods (flesh firmness, starch index, sugar levels, acidity) and non destructive (DA-meter). It can be concluded that the evolution of the maturation of the fruits of 'Maxi Gala' was similar between the rootstocks M.9 and Marubakaido with filter of M.9. It was observed that when used within the same homogeneous area the DA-Meter can be used as a non-destructive method to assist in the maturation of 'Maxi Gala' apples.

Key-words: *Malus domestica* Borkh, DA-Meter, index of absorption difference, maturation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2 - Distribuição geográfica dos pontos de coleta (em preto) nas parcelas de produção da Fazenda São Luiz, Empresa Rasip Agro Pastoril S/A, Vacaria, RS.....	33
Figura 3 - Distribuição geográfica dos pontos de coleta (em preto) nas parcelas de produção da Fazenda Guabijú, Empresa Rasip Agro Pastoril S/A, Vacaria, RS.....	34
Figura 4 - Aparelho DA-Meter, utilizado para a leitura do índice do teor de clorofila na epiderme de frutos, através do índice de diferença de absorbância (IDA).....	37
Figura 5 - Evolução da maturação pré-colheita e relação entre o índice de diferença da absorbância e acides titulável, firmeza de polpa, índice iodo-amido e sólidos solúveis para maçãs 'Maxi Gala' enxertadas com M.9 e Marubakaido com filtro de M.9 cultivada em Vacaria, RS, no ano de 2015.	44
Figura 6 - Evolução da maturação pré-colheita e relação entre o índice de diferença da absorbância e acides titulável, firmeza de polpa, índice iodo-amido e sólidos solúveis para maçãs 'Maxi Gala' enxertadas com M.9 e Marubakaido com filtro de M.9 cultivada em Vacaria, RS, no ano de 2016.	45
Figura 7 - Precipitações pluviométricas registradas nas safras 2015 e 2016, correspondente ao período de condução do experimento no município de Vacaria, RS.	58
Figura 8 – Temperaturas máximas, mínimas e médias registradas nas safras 2015 e 2016, correspondente ao período de condução do experimento no município de Vacaria, RS.....	59
Figura 9 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável acidez titulável de polpa com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.....	60
Figura 10 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável índice iodo-amido com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.....	61
Figura 11 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável sólidos solúveis com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil,	

sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.	62
Figura 12 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável firmeza de polpa com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.....	63
Figura 13 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável acidez titulável com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.....	64
Figura 14 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável índice iodo-amido com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.....	65
Figura 15 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável sólidos solúveis com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.....	66
Figura 16 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável firmeza de polpa com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, B Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Datas das coletas feitas nos anos de 2015 e 2016.....	35
Tabela 2 - Indicadores da maturação de maçã e índices mínimos de maturação para a colheita da cultivar Gala. Valores para firmeza de polpa medido em lbs, índice de degradação do amido em uma escala de 1-9, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e cor de fundo.....	36
Tabela 3 - Seleção das equações geradas para simular os índices de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (lb), índice iodo-amido e acidez titulável (meq 100 mL ⁻¹) em frutos de maçãs 'Maxi Gala' cultivadas em Vacaria, RS, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I _{DA}), 2017.....	48
Tabela 4 - Seleção das equações geradas para simular os índices de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (lb), índice iodo-amido e acidez titulável (meq 100 mL ⁻¹) em frutos de maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, RS, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I _{DA}), 2017.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	A CULTURA DA MACIEIRA	23
2.2	PORTA-ENXERTO M.9 (EAST MALLING 9)	23
2.3	PORTA-ENXERTO MARUBAKAIDO COM INTERENXERTO DE M.9	24
2.4	CULTIVAR GALA	24
2.5	MÉTODOS USUAIS PARA O MONITORAMENTO DA MATURAÇÃO DE FRUTOS	25
2.6	MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA O MONITORAMENTO DA MATURAÇÃO DE FRUTOS	27
2.7	APARELHO PORTÁTIL DA-METER	29
2.8	PONTO DE COLHEITA E CONSERVAÇÃO PÓS COLHEITA	29
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS POMARES.....	31
3.2	FRUTOS COLETADOS E FREQUÊNCIA DAS COLETAS	34
3.3	ANÁLISES DOS FRUTOS.....	35
3.3.1	DA-Meter	36
3.3.2	Firmeza da Polpa.....	37
3.3.3	Sólidos Solúveis	38
3.3.4	Acidez Titulável.....	38
3.3.5	Índice Iodo-Amido	38
3.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	EVOLUÇÃO DA MATURAÇÃO DE MAÇÃS 'MAXI GALA' ATRAVÉS DE MÉTODO NÃO DESTRUTIVO DE ANÁLISE DE FRUTOS ENTRE OS PORTA-ENXERTOS M9 E MARUBAKAIDO COM FILTRO DE M9.....	41
4.2	CONFECÇÃO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE MATURAÇÃO DE 'MAXI GALA' EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES PORTA-ENXERTOS E DO ÍNDICE DE DIFERENÇA DE ABSORBÂNCIA (I_{DA})	46
5	CONCLUSÕES	51
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS.....	53
7	APÊNDICES.....	58

1 INTRODUÇÃO

A maçã é a segunda fruta mais produzida mundialmente, no Brasil a macieira (*Malus domestica* Borkh) tem uma importância econômica significativa, sendo que a produção nacional atual consegue suprir a demanda do mercado em volume produzido. O consumo per capita do fruto vem aumentando anualmente no país, pois além da fruta ser atraente ao consumidor ainda proporciona benefícios à saúde.

Nos últimos anos a área cultivada com a macieira no Brasil passou de 38.292 hectares em 2013, para 35.872 hectares em 2015, e as produtividades médias de 32.167 kg ha⁻¹ a 35.284 kg ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2015). Estes valores que mostram o aumento da produtividade com o decréscimo da área cultivada evidenciando que esta ocorrendo um avanço de tecnologias que se convertem no aumento da produtividade nas regiões de cultivo.

A produção brasileira no ano de 2015 foi de 1.264.651 toneladas de maçã, sendo os principais produtores nacionais os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul com 613.828 e 598.512 toneladas respectivamente (IBGE, 2015).

Atualmente as cultivares de maçã plantadas no Brasil são 'Gala' e 'Fuji', sendo que a cultivar Gala representa cerca de 60% da produção do país (PETRI et al., 2010). Os frutos da cultivar Gala possuem maturação heterogênea em uma mesma planta, sendo necessário colher as frutas em mais de uma etapa. Em casos de problemas com logística, os frutos são colhidos em estado de maturação avançado, diminuindo o seu tempo de conservação pós-colheita e a sua qualidade (ARGENTA et al., 2006; PETRI et al., 2006). Portanto é essencial que o período de maturação tenha um acompanhamento periódico e eficiente para que o ponto de colheita seja definido rapidamente dentro dos diferentes setores nos pomares. Além disso, a colheita no momento adequado pode evitar queda de frutos em pré-colheita (ZUDE et al., 2005; ZUDE et al., 2002; PETRI et al., 2010).

Dentre as práticas de manejo dos pomares de macieira, o comportamento da evolução da maturação em frutas é necessário para definir o momento da colheita e garantir a qualidade no armazenamento e comercialização. Os parâmetros que definem a qualidade abrangem propriedades sensoriais (aparência, textura, sabor e aroma), valores nutritivos, química dos constituintes, propriedades mecânicas, propriedades funcionais e defeitos (ABBOTT, 1999). Contudo, estes parâmetros

podem sofrer variações, pois as maçãs têm diferentes padrões de maturação que podem variar conforme o ambiente, sistema de produção, cultivar e porta-enxerto.

O período de colheita é definido através do monitoramento de alguns parâmetros de maturação como firmeza de polpa, índice de amido e teor de sólidos solúveis (SS) (RUTKOWSKI et al., 2008; MOLINA-DELGADO et al., 2009). Contudo para que esses parâmetros sejam monitorados e aferidos existe a necessidade da coleta dos frutos no campo para realizar as análises em laboratório.

Os métodos destrutivos das análises realizadas em laboratórios, para monitorar os parâmetros de maturação, exigem que a cada análise sejam coletados novos frutos, necessitando de pessoas treinada para realizar as análises e laboratórios bem equipados, e muitas vezes o número de frutas analisado não representam a totalidade do local (COSTA et al., 2002, 2003).

Tecnologias como a espectrometria na faixa do comprimento de onda visível se tornaram promissoras para detectar pigmentos em frutas (ZUDE et al., 2002). A leitura do índice de clorofila na epiderme de um fruto dá a indicação do estado de maturação, esta medida é feita através do Índice de Diferença de Absorbância (I_{AD}), que indica o estado de maturação do fruto durante o período que antecede a colheita (NYASORDZI et al., 2012).

Um novo instrumento capaz de medir o ponto de maturação através do teor de clorofila na epiderme do fruto vem sendo testado e comercializado. Conhecido como DA-Meter, foi desenvolvido pelo Department of Fruit Tree and Woody Plant Sciences da Universidade de Bologna, Itália. O aparelho permite definir a fase de maturação dos frutos de uma maneira simples e rápida, através do Índice de Diferença de Absorbância (I_{DA}), estritamente relacionada com a emissão de etileno pelos frutos e a degradação do teor de clorofila (COSTAMAGNA et al., 2013).

Sendo assim o objetivo deste trabalho foi acompanhar a maturação de frutos de macieira “Maxi Gala”, para obter dados que possam mostrar a tendência da maturação sobre diferentes porta-enxertos, e posteriormente serem testados com equações e regressão matemática, para confecção de modelos para a estimativa dos índices de maturação em função do índice de diferença de absorbância feito com o aparelho portátil DA-Meter.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA MACIEIRA

A macieira (*Malus domestica* Borkh) tem como centro de origem o continente Asiático. Atualmente existem milhares de cultivares no mundo, porém poucas destas são cultivadas comercialmente. Grande parte das áreas de cultivo de macieira se encontra em regiões de clima temperado, porém como seu consumo é muito grande, sendo um dos frutos mais consumidos mundialmente, programas de melhoramento vem criando cultivares mais adaptadas ao cultivo em regiões tropicais.

O primeiro cultivo comercial de macieira no Brasil foi em 1926, no Estado de São Paulo - SP, e as pesquisas com a cultura iniciaram em 1928 também no em SP, pelo Instituto Agrônomo de Campinas. Foi somente na década de 70 que a cultura começou a ser estudada pelos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (PETRI et al., 2011). Nos estados do sul ocorreu o maior desenvolvimento da cultura, pois algumas regiões apresentavam inverno brando com um período de frio que auxiliavam na superação da dormência das plantas.

Atualmente os dois estados do sul são os maiores produtores brasileiro de frutos de maçã. As cultivares que se consolidaram no Brasil são clones que pertencem aos grupos Gala e Fuji, por serem estas duas promissoras para o cultivo nacional e para a comercialização (PETRI et al., 2011).

2.2 PORTA-ENXERTO M.9 (EAST MALLING 9)

O porta-enxerto M.9 foi selecionado e desenvolvido na Inglaterra pela East Malling Research Station. Induz a produção de plantas compactas (CZYNCZYK, 1995), tendo como característica principal o controle do vigor, ou seja, tem efeito ananizante sobre a cultivar copa (SILVA et al., 2005). O porta-enxerto M.9 possui sistema radicular fraco, com limitação para penetrar ao solo, logo necessita de solos de alta fertilidade, é pouco tolerante ao excesso de umidade, produz 'burrknots' (galhas aéreas) e é sensível em áreas de replantio. No entanto, é o porta-enxerto mais precoce para a entrada em produção, além de permitir altas densidades de plantio com grandes produções (ROBINSON, 2011). Segundo Denardi (2006), o porta-enxerto 'M.9' possui algumas limitações, como por exemplo a obrigatoriedade

do uso de sistema de tutoramento de plantas, além da dificuldade de enraizamento, também apresenta baixo volume de raízes, com raízes e lenho muito frágeis, quando comparado com porta-enxertos mais vigorosos.

2.3 PORTA-ENXERTO MARUBAKAIDO COM INTERENXERTO DE M.9

O porta-enxerto Marubakaido (*Malus prunifolia* Borkh), popularmente chamado de 'Maruba' é uma espécie de origem japonesa, que adapta-se bem a diferentes tipos de solo, podendo ainda tolerar solos menos férteis e períodos prolongados de estiagem (ZANOL et al., 1996). Demonstra boa capacidade de excluir o manganês e absorver melhor o cálcio, além de ser tolerante ao alumínio tóxico no solo (BESSHO et al., 1993). Estas características fazem com que este porta-enxerto se constitua em uma excelente alternativa para produção de macieiras em regiões com adversidades ambientais (ZANOL et al., 1996). O 'Maruba' possui resistência à podridão do colo (*Phytophthora cactorum*), no entanto, apesar de ser considerado vigoroso, é suscetível a algumas viroses e a podridão radicular causada por *Rosellinia necatrix*. Não produz 'burrknots', no entanto, emite profusão de rebrotes quando enxertado com interenxertos anões como no caso de M.9 (BESSHO et al., 1993; DENARDI, 2006). O uso da dupla enxertia via interenxerto consiste na utilização de um fragmento de caule intermediário compatível entre o porta-enxerto e o enxerto. Com esta técnica, é possível conciliar, na mesma planta, as vantagens do porta-enxerto vigoroso (Marubakaido), como o forte sistema radicular, boa ancoragem e longevidade, com as vantagens dos porta-enxertos anões (M.9 e M.7), como o baixo vigor das plantas, alta precocidade e produtividade e boa qualidade dos frutos (HARTMANN et al., 1990; DENARDI, 2006; PETRI et al., 2008)

2.4 CULTIVAR GALA

A cultivar de macieira Gala é a mais importante cultivada no Brasil. Possui plantas caracterizadas como semi-vigorosas, e com um hábito de crescimento semiaberto. O seu ciclo produtivo tem início no mês de outubro com a florada, terminando com a maturação dos frutos entre o começo do mês de janeiro e o final do mês de fevereiro. Seu ciclo é mais precoce quando comparado com a cultivar Fuji

(BERNARDI et al., 2004). A sua origem se deu pelo cruzamento entre 'Kidd's Orange Red' x 'Golden Delicious', realizado em 1934, na Nova Zelândia (CAMILO; DENARDI, 2006).

O plantio da cultivar Gala não é recomendado em climas com menos de 500 horas de temperatura abaixo de 7° C, pois a cultivar é bastante exigente em frio para a superação do período de dormência. Além das temperaturas de inverno as condições térmicas da primavera e do verão também podem influenciar no desenvolvimento da macieira que necessita de 18 e 23° C durante o período vegetativo. Em altitudes inferiores a 1.200 m a cultivar necessita de tratamento químico para superação de dormência, podendo apresentar uma brotação desuniforme (BERNARDI et al., 2004; PETRI et al., 2006).

A cultivar Gala requer polinização cruzada para que ocorra uma boa frutificação efetiva, para isso são necessárias espécies polinizadoras compatíveis, a polinizadora mais comumente usada para Gala é a cultivar Fuji, porém outras cultivares como Sansa, Catarina, Imperatriz e Granny Smith também podem ser utilizadas como polinizadoras (CAMILO; DENARDI, 2006).

Os frutos de "Gala" apresentam tamanho de pequeno a médio e o formato redondo-cônico, com polpa de coloração amarelo-creme, firme, crocante, suculenta, bem balanceada em ácidos e sólidos solúveis. Os frutos são atrativos pois apresentam uma coloração vermelha rajada sobre um fundo amarelo, com a epiderme lisa, brilhante, geralmente com pouco russeting (CAMILO; DENARDI, 2006).

A 'Maxi Gala' é um clone proveniente de uma mutação espontânea de 'Imperial Gala', que foi descoberta na região de Vacaria, RS, dentro dos pomares da empresa Rasip Agropastoril S.A., em 1998. Possui vigor médio e floração abundante, o ciclo de produção tem em torno de 120 dias para os porta-enxertos M.9 e Marubakaido com interenxerto de M.9 (FIORAVANÇO, 2010).

2.5 MÉTODOS USUAIS PARA O MONITORAMENTO DA MATURAÇÃO DE FRUTOS

Vários são os fatores que podem influenciar na maturação dos frutos de maçã, a temperatura, precipitação e radiação solar estão entre os fatores que mais influenciam durante este período.

O crescimento dos frutos de maçã apresenta uma curva sigmoide, caracterizada por uma fase lenta, de divisão celular, logo após a floração, seguido por um período de crescimento rápido de alongação celular. A maturação ocorre pelo aumento da taxa respiratória do fruto (climatérico), juntamente com o aumento da síntese de etileno, como consequência deste aumento todas as demais alterações que ocorrem durante a maturação são desencadeadas, tais como redução da firmeza de polpa, produção e conteúdo de açúcares, ácidos, mudança na cor da epiderme (composição de pigmentos), acúmulo de ceras sobre a epiderme e desenvolvimento da camada de abscisão (ARGENTA, 2006).

A qualidade dos frutos comercializados que chegam ao consumidor depende portanto de uma colheita no estágio adequado, onde o fruto vai estar com suas melhores características organolépticas. Estas características devem ser as melhores possíveis, pois o consumidor tende a integrar várias habilidades sensoriais para avaliar a qualidade dos frutos tais como, visão, cheiro, gosto, toque e até mesmo audição. Todas estas habilidades vão avaliar o fruto quanto a aparência, aroma, sabor e textura (ABBOTT, 1999).

O momento da colheita adequado, tanto para a comercialização direta, como para o armazenamento de frutos em longo prazo depende do estágio de maturação em que o fruto é colhido (ARGENTA, 2006).

Para criar uma linguagem comum entre pesquisadores, indústria e consumidores são utilizados instrumentos para medir os atributos relacionando o grau destes atributos a aceitabilidade do consumidor (ABBOTT, 1999). Estes instrumentos medem parâmetros que estão ligados ao nível de qualidade dos frutos, alguns dos mais importantes são firmeza da polpa, sólidos solúveis (açúcares), acidez, índice de degradação do amido e até mesmo coloração dos frutos.

A firmeza da polpa é dada aos frutos pelas substâncias pécticas que compõem as paredes celulares. Com a maturação, tais substâncias vão sendo solubilizadas, o que ocasiona o amolecimento dos tecidos das frutas (FACHINELLO, 1996). Este amolecimento aumenta quanto maior e mais maduro o fruto. Há uma faixa de valores de resistência que indicam qual o ponto ideal de colheita para a cultivar Gala, esta faixa, que vai de 17 a 19 libras pode ser observada na Tabela 2.

Os sólidos solúveis nos frutos aumentam quanto mais maduro o fruto estiver, isto ocorre devido à hidrólise de amido que é transformando em açúcares simples, como a glicose e a frutose. É um fator que se considerado isoladamente acaba por não ser um bom parâmetro para o ponto de colheita, pois pode apresentar grande variação, influenciado pelas condições climáticas, porta-enxerto, irrigação, posicionamento do fruto na planta, exposição do fruto ao sol e fertilização (GIRARDI et al., 2002).

A acidez nos frutos da macieira é conferida pelo acúmulo de ácidos, principalmente, pelo ácido málico. Conforme o avanço da maturação a acidez tende a diminuir e segue decrescendo quando armazenada, sendo um importante parâmetro para medir a qualidade interna dos frutos. Em variedades pouco ácidas, após o armazenamento podem apresentar características organolépticas desagradáveis (KUNGLE et al., 2002).

O índice de degradação do amido leva em conta que quanto mais avançada a maturação do fruto, menor o conteúdo de amido e maior o de açúcar. O desaparecimento progressivo do amido, por estar sendo hidrolisado na polpa, permite acompanhar a evolução da maturação em testes de reação com iodo (GIRARDI et al., 2002).

A coloração apresentada pelos frutos na comercialização é um dos atributos mais importantes de qualidade e atratividade para o consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para mensurar a coloração dos frutos, é utilizada a medida do ângulo Hue (h°) que é a tonalidade ou matiz e o Croma ou saturação da cor e equivale ao [arco tangente (b^*/a^*)] e o Croma ao $[(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$, respectivamente (MINOLTA, 1994). O ângulo 0° representa o vermelho puro; 90° representa o amarelo puro. Frutos com coloração verde apresentam valores de h° um pouco superiores a 90° e, a medida que vão amadurecendo, com a degradação da clorofila, esses valores vão diminuindo com a coloração da epiderme ficando avermelhada.

2.6 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA O MONITORAMENTO DA MATURAÇÃO DE FRUTOS

O período de colheita é definido através do monitoramento de alguns parâmetros de maturidade como firmeza de polpa, índice de amido e teor de sólidos

solúveis totais. (RUTKOWSKI et al., 2008; MOLINA-DELGADO et al., 2009). Para que esses parâmetros sejam monitorados e aferidos existe a necessidade da coleta dos frutos no campo para realizar as análises destrutivas em laboratório. Os métodos destrutivos para monitorar os parâmetros de maturação exigem que a cada análise sejam coletados novos frutos, necessitando de pessoas treinada para realizar as análises e laboratórios bem equipados, e muitas vezes o número de frutas analisado não representam a totalidade do local (COSTA et al., 2002, 2003).

Nas últimas décadas estudos tem buscado desenvolver métodos não destrutivos para a determinação do ponto de maturação de frutos (ZUDE et al., 2002; ABBOTT, 1999).

Tecnologias como a espectrometria na faixa do comprimento de onda visível se tornaram promissoras para detectar pigmentos em frutas (ZUDE et al., 2002). Uma destas tecnologias que pode ser destacada é a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), esta explora as propriedades da luz, medindo a energia gerada pela interação com as moléculas da amostra em espectros de comprimento de onda variando entre 780 e 2500nm (OSBORNE, 2000).

A espectroscopia na região do visível e do infravermelho próximo (vis/NIR) fornece informações rápidas e confiáveis sobre as características internas de muitas espécies frutíferas (BETEMPS et al., 2011; VANOLI; BUCCHERI, 2012). Isso ocorre pelo fato desta tecnologia proporcionar uma estimativa rápida e simples do teor de clorofila na película da maçã (RUTKOWSKI et al., 2008; NYASORDZI et al., 2013).

A leitura do índice de clorofila na epiderme de um fruto confere a indicação do estado de maturação, através do Índice de Diferença de Absorbância (I_{DA}), entre dois comprimentos de onda próximos do pico de absorção da clorofila-a, que indica o estado de maturação do fruto durante o período que antecede a colheita (NYASORDZI et al., 2013). Segundo Ziosi et al (2008), em estudo com pêssegos, verificaram que o I_{DA} está relacionado ao real teor de clorofila que se encontra no mesocarpo das frutas e com as alterações fisiológicas e físico-químicas (níveis de emissão de etileno e características de qualidade) que ocorrem durante a maturação. Outros trabalhos verificaram que o a leitura do I_{DA} possui relação linear significativa com teor de clorofila da epiderme de frutos maçã (TOIVONEN et al., 2011; BETEMPS et al. 2012; DELONG et al. 2014).

2.7 APARELHO PORTÁTIL DA-METER

O aparelho portátil DA-Meter é composto por 6 LEDs de diodo, todos posicionados ao redor do detector de fotodiodos, 3 LEDs de diodo emitem a 670 nm de comprimento de onda e os outros 3 emitem a 720 nm. Com base nos espectros de absorção das frutas, o I_{DA} é calculado como $I_{DA} = A_{670} - A_{720}$, perto do pico de absorção da clorofila (COSTAMAGNA et al., 2013).

Os dois comprimentos de onda foram escolhidos porque 670 nm é o pico de absorbância para clorofila em frutas e 720 nm é uma absorção mínima que não muda com a degradação da clorofila da epiderme (ZIOSI et al., 2008). Portanto, o cálculo dos índices no aparelho DA-Meter é baseado, segundo Noferini et al. (2009), na lei de Lambert Beer ($A = \log_{10} I - I_0$) sendo calculado como: $I_{DA} = A_{670} - A_{720}$.

O I_{DA} descreveu com precisão a evolução da maturação em frutos da cultivar Gala, oferecendo também importantes informações sobre a variabilidade dos frutos colhidos permitindo técnicas pré-colheitas mais adequadas para garantir maior qualidade dos frutos na colheita e gestão da pós-colheita (COSTAMAGNA et al., 2013).

Betemps et al. (2011), utilizando o equipamento DA-Meter observaram que foi possível a separação de frutos de manga "Tommy Atkins", em diferentes categorias de maturação, e que os valores obtidos apresentaram excelente relação com os atributos de qualidade normalmente utilizados.

2.8 PONTO DE COLHEITA E CONSERVAÇÃO PÓS COLHEITA

A época da colheita interfere na qualidade dos frutos, quando a mesma não é realizada no momento certo, a qualidade pode ser afetada e a pós-colheita difícil de gerir (COSTAMAGNA et al., 2013). O armazenamento a longo prazo e a manutenção da qualidade da maçã exige que os frutos sejam colhidos em um período ótimo e bem definido (PEIRS et al., 2001a; RUTKOWSKI et al., 2008). O período inadequado de colheita limita o potencial de armazenamento e em última instância, afeta a qualidade organoléptica das maçãs (PEIRS et al., 2001a,b).

Cerca de 15% das maçãs produzidas no Brasil são comercializadas imediatamente após a colheita, o restante é armazenada (CORRENT et al., 2005). A

colheita dos frutos feita no momento certo garante a comercialização de frutos de qualidade. Mesmo sendo a cultivar Gala a mais consumida no mercado nacional e com grande comercialização da fruta fresca com qualidade superior, ainda assim uma parte da produção precisa se refrigerada (BENDER & LUNARDI, 2001). Se a colheita for muito antecipada os frutos colhidos antes de amadurecer serão de baixa qualidade gustativa, suscetíveis a desordens de armazenamento como escaldadura, mancha-de-cortiça e *bitter pit*, podendo não amadurecer corretamente. Contudo, a colheita muito tardia, com frutas já maduras, também causa problemas no armazenamento, pois os frutos continuaram amadurecendo e em pouco tempo se tornarão farinhentos e com pouca firmeza de polpa, além de ficarem mais suscetíveis ao ataque de patógenos e danos mecânico (BENDER & LUNARDI, 2001; GIRARDI et al., 2004; ARGENTA, 2006; YUAN & CARBAUGH, 2007).

Os métodos para determinação do momento de colheita são testes que permitem caracterizar alterações físico-químicas das frutas baseado em parâmetros preestabelecidos pela pesquisa. Para que não ocorra grandes variações é necessário a utilização de mais de um parâmetro para a tomada de decisão do momento da colheita. Para a determinação do ponto de colheita da maçã os testes normalmente utilizados são índice de iodo-amido, o teor de sólidos solúveis totais (SST), a firmeza de polpa, a acidez total titulável (ATT) e a cor de fundo da epiderme. Os testes devem começar a serem feitos 3 semanas antes da provável data de colheita, com três amostras de 15 a 20 frutos que sejam representativos dentro do pomar (GIRARDI et al., 2004; ARGENTA, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com amostras de maçãs da cultivar Maxi Gala colhidas em pomares comerciais localizados no município de Vacaria, na região Sul do Brasil, coordenadas 28,44° S e 50,85° W. As amostras foram coletadas em três pomares durante as safras 2014/15 e 2015/16, semanalmente, durante seis semanas até a colheita, de janeiro até a segunda semana de fevereiro. As coletas foram feitas em 64 pontos diferentes dentro dos três pomares. Cada amostra era constituída de 15 frutos, retirados no terço médio das plantas, sempre do mesmo lado, em cada ponto de coleta. Estes foram avaliados quanto sua maturação pelos métodos tradicionais, destrutivos: firmeza de polpa, índice iodo-amido, sólidos solúveis, acidez titulável e ângulo HUE; e não destrutivo índice I_{DA} (DA-Meter).

Os frutos coletados no município de Vacaria foram levados no mesmo dia da coleta para o laboratório onde todas as análises foram realizadas, nas dependências da Universidade Estadual do Estado de Santa Catarina –UDESC.

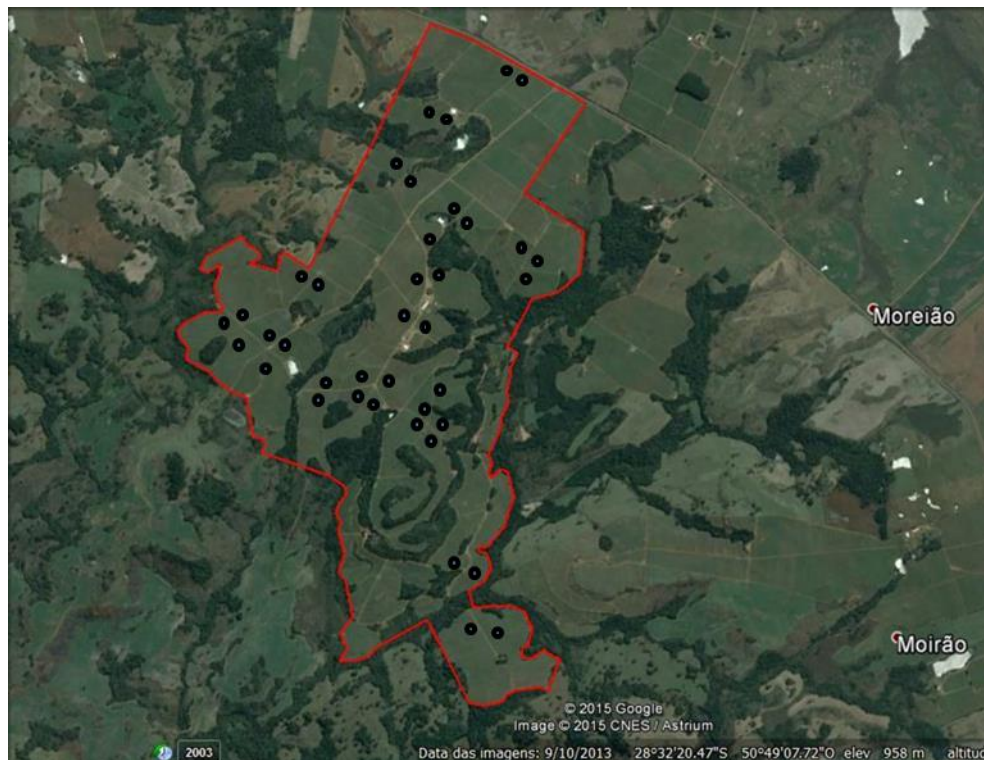
Para os parâmetros destrutivos usuais de análises dos frutos foram utilizados equipamentos e técnicas conhecidas comercialmente.

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS POMARES

Os pomares onde foram coletados os frutos para o acompanhamento da maturação são pertencentes a empresa Rasip Agro Pastoril S/A, localizadas no município de Vacaria- RS.

As Figuras 1, 2 e 3 ilustram os mapas das fazendas, e estão marcados com os pontos onde foram feitas as coletas. Dos 64 pontos de coleta distribuídos nos três pomares, 40 estão localizadas na fazenda São Paulino (Figura 1), seguida pela São Luiz com 12 pontos de coleta (Figura 2) e Guabiju com 12 pontos de coleta (Figura 3).

Figura 1 - Distribuição geográfica dos pontos de coleta (em preto) nas parcelas de produção da Fazenda São Paulino, Empresa Rasip Agro Pastoral S/A, Vacaria, RS.



As 64 quadras onde os frutos foram coletados possuem diferentes épocas de plantio, variando de 3 até 15 anos de idade de plantas. O solo encontrado nas áreas apresentam as características dos solos da região de Vacaria onde predomina o Latossolo Bruno Distrófico Típico. São solos profundos, bem drenados, com altos teores de argila, com acentuada acidez e baixa reserva de nutrientes para as plantas, além de mineralogia predominante de caulinita, óxidos de ferro e alumínio, com alto teor de matéria orgânica (STRECK et al., 2002).

Conforme classificação de Köppen o clima da região de Vacaria é classificado como tipo Cfb: temperado úmido, com temperatura média anual de 15,5°C, média das mínimas de 10,2°C e média das máximas de 22,3°C. A precipitação pluvial média anual é de 1.412 mm, em 98 dias de chuva. A 38 média de umidade relativa do ar é de 79 % e o somatório médio de horas de frio inferior a 7,2 °C (HF), de maio a setembro é de 558 horas (MATZENAUER et al. 2005). O número médio de unidades de frio (UF), pelo método da Carolina do Norte Modificado, é de 1.561 UF. A radiação solar global média é de 15,7 MJ-2 dia -1 (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989).

O espaçamento entre plantas variou de 0,7 m até 1,5 m, e o espaçamento entre filas variou de 3 m até 4 m dentro das quadras avaliadas. As plantas eram conduzidas em sistema de condução de Lider Central. Todos os tratos culturais com controle de praga, poda e raleio foram feitas pela empresa seguindo o mesmo padrão dentro de todas as quadras.

Figura 1 - Distribuição geográfica dos pontos de coleta (em preto) nas parcelas de produção da Fazenda São Luiz, Empresa Rasip Agro Pastoril S/A, Vacaria, RS.



Figura 2 - Distribuição geográfica dos pontos de coleta (em preto) nas parcelas de produção da Fazenda Guabijú, Empresa Rasip Agro Pastoral S/A, Vacaria, RS.



3.2 FRUTOS COLETADOS E FREQUÊNCIA DAS COLETAS

Foram coletados frutos da cultivar 'Gala', provenientes do clone 'Maxi Gala'. Os porta-enxertos utilizados foram M.9, e Marubakaido com filtro de M.9 de 20 cm, com predominância do porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, contendo 57 quadras, e 7 quadras contendo o M.9.

O monitoramento da evolução da maturação dos frutos nas condições de campo iniciou no mês de janeiro nos anos de 2015 e 2016, estendendo-se até o final da colheita. Este período é onde o fruto ganha massa, e passa a transformar o amido em açúcares. Foram coletados 15 frutos aleatórios, em pontos determinados em cada quadra (Figuras 1, 2 e 3), todos retirados no terço médio das plantas no lado Leste sempre dentro da mesma fileira, com intervalos de sete dias entre coleta, até o encerramento de toda a colheita, totalizando 960 frutos coletados e analisados semanalmente.

Para verificar se existe diferença na evolução da maturação entre os porta-enxertos M.9 e para Marubakaido com filtro de M.9, as coletas foram feitas em 5 pontos diferentes dentro do pomar para cada porta-enxerto, todos os frutos foram

retirados no terço médio das plantas no lado Leste sempre dentro da mesma fileira. As coletas foram feitas semanalmente e as amostras eram constituídas de 15 frutos em cada ponto, retirados no terço médio das plantas.

Devido ao parcelamento da colheita feito pela empresa foi possível fazer seis coletas nas quadras utilizadas para o monitoramento. O início da colheita nas áreas começou na segunda semana de janeiro no ano de 2015 e na terceira semana de janeiro no ano de 2016, estendendo-se até a segunda semana de fevereiro em ambos os anos.

Tabela 1 – Datas das coletas feitas nos anos de 2015 e 2016.

Coletas	Datas	
	2015	2016
1ª coleta	07 de Janeiro	05 de Janeiro
2ª coleta	14 de Janeiro	12 de Janeiro
3ª coleta	21 de Janeiro	19 de Janeiro
4ª coleta	28 de Janeiro	26 de Janeiro
5ª coleta	04 de Fevereiro	02 de Fevereiro
6ª coleta	11 de Fevereiro	10 de Fevereiro

3.3 ANÁLISES DOS FRUTOS

Os frutos analisados foram enumerados para que as análises de correlações fossem feitas com os resultados de cada fruto específico. Primeiramente pelo método não destrutivo utilizou-se o equipamento DA-Meter (Figura 4). Posteriormente foi feita a análise de coloração ângulo HUE. Os mesmos frutos foram analisados com a utilização dos métodos tradicionais destrutivos: firmeza de polpa (lbs), índice iodo-amido (escala de 1 a 9), sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (meq 100 mL⁻¹). Os índices de maturação utilizados para colheita dos frutos da cultivar Gala, através dos parâmetros destrutivos analisados, já estão pré-definidos conforme Tabela 2 (GIRARDI, 2002).

Tabela 2 - Indicadores da maturação de maçã e índices mínimos de maturação para a colheita da cultivar Gala. Valores para firmeza de polpa medido em lbs, índice de degradação do amido em uma escala de 1-9, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e cor de fundo.

Cultivar	Firmeza Polpa (lbs)	Amido (1-9)	SS (°Brix)	ATT (cmol/L)	Cor de Fundo
Gala	17 a 19	3,0 a 5,0	> 11	5,2 a 6,0	Verde-clara

Fonte: Adaptado de Embrapa Uva e Vinho, Jan, 2002.

3.3.1 DA-Meter

O acompanhamento da evolução da maturação usando o método não destrutivo foi feito com dispositivo portátil DA-Meter® (Turoni/ Itália), (Figura 4), durante o acompanhamento da maturação até colheita e para o armazenamento. O DA-Meter é um dispositivo Vis/NIRs portátil, capaz de medir um índice de diferença de absorbância (I_{DA}), que expressa com exatidão a fase de maturação do fruto. É formado por 6 LEDs de diodo, todos posicionados ao redor do detector de fotodiodos, 3 LEDs de diodo emitem a 670 nm de comprimento de onda e os outros 3 emitem a 720 nm. Com base nos espectros de absorção das frutas, o I_{DA} é calculado como $I_{DA} = A_{670} - A_{720}$, onde A_{670} e A_{720} , perto do pico de absorção da clorofila, são os valores de A nos comprimentos de onda de 670 e 720 nm, respectivamente (COSTAMAGNA et al., 2013). Com isso o aparelho mostra um índice do teor de clorofila na epiderme do fruto de maçã, este teor pode ser um indicador da maturação dos frutos.

Figura 3 - Aparelho DA-Meter, utilizado para a leitura do índice do teor de clorofila na epiderme de frutos, através do índice de diferença de absorbância (IDA).



Fonte: Próprio autor.

As leituras feitas com o aparelho DA-Meter foram realizadas na zona equatorial de cada um dos frutos coletados, em cada fruto realizou-se duas leituras e o valor utilizado foi a média destas. As leituras foram feitas no ponto de transição entre a face mais avermelhada do fruto e a face mais esverdeada, com o intuito de diminuir a variação entre as duas medidas, pois as medidas feitas no lado exposto a luz (mais avermelhado) e o lado mais exposto a sombra (mais esverdeado) apresentam níveis de clorofila diferentes, sendo o lado mais exposto ao sol menos clorofilado (TOIVONEN et al., 2012).

3.3.2 Firmeza da Polpa

A firmeza da polpa (lbs) foi determinada com o auxílio de um penetrômetro manual, com ponteira de (11 mm), acoplado a um suporte de aço. A leitura foi realizada na zona equatorial do fruto, com duas leituras cada fruto, através de um corte superficial de dois discos de epiderme de cerca de 1 cm de diâmetro, em lados opostos, seguindo o mesmo padrão para a leitura com o aparelho DA-Meter, sendo

as leituras feitas no encontro entre as faces da coloração vermelha e verde. Para uma maior acurácia dos dados de firmeza da polpa este equipamento foi sempre operado pela mesma pessoa, exercendo assim a sensibilidade sobre o aparelho sempre semelhante.

O parâmetro firmeza da polpa realizado em todas as amostras de 15 frutos coletados, desde o começo do acompanhamento da maturação até a colheita.

3.3.3 Sólidos Solúveis

Tanto para a determinação do teor de sólidos solúveis e acidez titulável, foi extraído suco proveniente de metade de cada fruto da amostra. Sendo que para este parâmetro realizou-se somente uma leitura por amostra de 15 frutos. Os frutos foram cortados ao meio, destas duas metades uma foi utilizada para a leitura do índice de amido, e a outra foi utilizada para a extração do suco. Para a extração do suco foi utilizado pedaços da fruta desde a epiderme até o centro, excluindo as sementes, estes pedaços foram processados com o auxílio de uma centrífuga juicer. A partir do suco extraído dos frutos, foi determinado o teor de sólidos solúveis totais com auxílio de um refratômetro digital para açúcar modelo ATAGO® Pocket e os resultados expressos em °Brix.

3.3.4 Acidez Titulável

Para determinar a acidez titulável foi utilizado parte do suco elaborado para a determinação do teor de sólidos solúveis, portanto a avaliação deste parâmetro também foi feita obtendo-se um valor para cada amostra de 15 frutos.

Para medir a acidez titulável 5 mL de suco eram colocados num erlenmeyer, juntamente com 5 mL de água destilada e 3 gotas do indicador azul de bromotimol. Esta solução foi titulada com o NaOH, para representar o teor de ácidos presentes. O valor aferido pelo titulador digital Jencons Digitrate Pro, é o volume da solução de NaOH gasto para neutralizar os ácidos presentes no suco.

3.3.5 Índice Iodo-Amido

Para o teste do iodo-amido foi utilizado a outra metade dos frutos que foram cortados no sentido equatorial, cuja metade teve como finalidade a elaboração do suco para as análises de sólidos solúveis e acidez total titulável. O Índice iodo-amido foi determinado pela reação do amido com uma solução com 12g de iodo metálico e 24g de iodeto de potássio em 1L de água destilada. A solução de iodo foi aplicada na superfície cortada da metade do fruto, a cor (reação do iodo com o amido) foi comparada utilizando a tabela de índice de amido que varia de 1 a 9 onde o índice aumenta à medida que diminui o teor de amido na polpa. O estágio 1, portanto, corresponde a frutos muito verdes, indicando teor máximo de amido, enquanto o estágio 9 corresponde a frutos muito maduros, ou seja que o amido foi todo hidrolisado. Os estágios intermediários de 3 a 5, normalmente, correspondem ao período ideal de colheita para armazenagem (ARGENTA, 2006).

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a avaliação do comportamento de maturação entre os dois porta enxertos em cada época de colheita os parâmetros de maturação foram submetidos a análise de variância. As variáveis que apresentaram significância pelo teste F ($p < 0,05$) tiveram as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para definir a correlação no acompanhamento da maturação entre o método destrutivo e não-destrutivo foi utilizado o software Microsoft Excel.

Já para determinar a relação do índice de diferença da absorbância (I_{DA}) com os índices de maturação, foram produzidas equações de ajuste, utilizando a média dos frutos ímpares de todas as parcelas em cada data. Estas equações foram testadas com frutos pares nas mesmas condições, assegurando a independência e aleatoriedade dos dados.

O estudo empregou um delineamento em blocos ao acaso, sendo cada uma das quadras designados como unidade de bloqueio. Dentro de cada bloco, as colheitas semanais, totalizando 6 colheitas, foram designadas como um fator fixo, enquanto o ano (2) foi fator aleatório.

O índice Iodo-amido e ângulo HUE foram modeladas em função do I_{DA} , as equações de ajuste foram produzidas em modelo linear, polinomial de ordem 2, logarítmico e exponencial. Destes, somente foram testadas as equações de ajuste em que todos os coeficientes do modelo foram significativos ($\alpha = 0,01$), coeficiente de

determinação (R^2) superior a 0,8 e distribuição normal dos resíduos ($\alpha=0,05$), obtida através do teste estatístico W (Shapiro; Wilk, 1965).

Para testar os modelos gerados, foram utilizados os dados de I_{DA} dos frutos para simular os valores das respectivas variáveis. Os valores simulados pelos modelos gerados foram comparados aos valores reais mensurados e foram validados somente os modelos em que a regressão linear entre valores simulados e valores reais produziram coeficiente angular significativo ($\alpha=0,01$) e valores de interceptos não diferentes de zero ($\alpha=0,01$).

Para caracterizar cada equação de ajuste gerada, testada e validada, foi aplicado os seguintes índices estatísticos: raiz do quadrado médio do erro (RMSE), quadrado médio do erro sistemático (QME_s), que foi decomposto em erro sistemático aditivo (MSE_a), erro sistemático proporcional (MSE_p) e interdependência (MSE_i), quadrado médio do erro não sistemático (QME_{ns}), índice de concordância (d) (Wilmot, 1981), índice Bias, correlação de Pearson (r), erro absoluto médio (EAM), coeficiente de massa residual (CMR) e coeficiente de confiança (c) (Camargo; Sentelhas, 1997).

O índice Iodo Amido foi transformado para raiz quadrada de x para produzir e testar a equação de ajuste, sendo posteriormente ajustado para x^2 para retornar valor real simulado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o ano de 2015 (safra 2014/15) no mês de janeiro foi registrado temperaturas ligeiramente acima das normais climatológicas, contudo durante o mês de fevereiro as temperaturas registradas estiveram dentro das normais climatológicas (Figura 5). O volume de chuvas precipitado ficou abaixo do normal para o mês de janeiro, porém com chuvas bem distribuídas durante o mês, já no mês de fevereiro o volume de chuva acumulado foi 38% acima do esperado para o período, sendo que tiveram 16 dias de chuva, quando a média normal é de 9 dias para o mês (Figura 4). O alto volume de chuva no mês de fevereiro pode afetar as operações de colheita da maçã e também acarretar na perda de qualidade dos frutos colhidos (EMBRAPA, 2015).

Nos meses de janeiro e fevereiro do ano de 2016 (safra 2015/16) as temperaturas médias, máximas e mínimas se mantiveram acima do padrão normal (Figura 5). O volume total precipitado para o mês de Janeiro foi de 211 mm, que foi 58% superior as média esperada, sendo que 163 mm foram acumulados nos últimos seis dias do mês, o volume precipitado no mês de fevereiro esteve dentro das normais climatológicas com boa distribuição durante o período (Figura 4).

4.1 EVOLUÇÃO DA MATURAÇÃO DE MAÇÃS 'MAXI GALA' ATRAVÉS DE MÉTODO NÃO DESTRUTIVO DE ANÁLISE DE FRUTOS ENTRE OS PORTA-ENXERTOS M9 E MARUBAKAIDO COM FILTRO DE M9

No ano de 2015 a empresa iniciou a colheita na terceira semana de janeiro, se estendendo até o final de fevereiro. Para o ano de 2016 este comportamento foi diferente, verificou-se um atraso na maturação e um período de maturação mais curto, sendo que a colheita iniciou na ultima semana do mês de janeiro e se estendeu até o final da segunda semana do mês de fevereiro.

As primeiras análises realizadas no trabalho foram feitas para ver se existia diferença estatística entre os porta-enxertos M.9 e Marubakaido com filtro de M.9. Como somente foram coletados frutos de cinco quadras onde o porta-enxerto M.9 foi

utilizado, foram escolhidas outras cinco quadras próximas a estas onde o porta-enxerto utilizado foi o Marubakaido com filtro de M.9.

Quando comparadas todas as variáveis entre os dois porta-enxertos através a análise de variância não foram encontradas diferenças significativas nas coletas nos dois anos de estudo, indicando não haver diferenças significativas na maturação dos frutos de Maxi Gala entre os porta-enxertos M.9 e Marubakaido com filtro de M.9.

Foram gerados gráficos que mostram a tendência da maturação dos frutos durante o período de maturação nos anos de 2015 e 2016.

A evolução da maturação dos frutos teve a mesma tendência para os dois porta-enxertos nos dois anos de avaliação. Nas Figuras 6 e 7, a evolução da maturação é expressa como I_{AD} e como sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$), firmeza de polpa (lb), índice de iodo-amido e acidez titulável ($\text{meq } 100\text{mL}^{-1}$). O I_{AD} diminui a partir da primeira semana do mês de janeiro até o período da colheita tanto para M.9 como para Marubakaido com filtro de M.9, nos anos de 2015 e 2016. Esta redução ocorre devido a decomposição da clorofila, em decorrência do processo fisiológico de maturação, este altera o pH e promove atuação da enzima clorofilase e de sistemas oxidantes (Chitarra; Chitarra, 2005).

Os parâmetros destrutivos correlacionados com I_{AD} também apresentaram mudanças no mesmo espaço de tempo. Os teores de sólidos solúveis (SS) aumentaram de 8,6 até 10,9 $^{\circ}\text{Brix}$ e 8,0 até 9,8 $^{\circ}\text{Brix}$ para M.9 e para Marubakaido com filtro de M.9 respectivamente no ano de 2015. Para o primeiro porta-enxerto houve significativa correlação das médias do SS com o I_{AD} ($R^2= 0,7787$), já para o segundo não foi observado o mesmo comportamento ($R^2= 0,2226$), (Figura 6). Observa-se também na figura 6 que os teores de sólidos solúveis para ambos os porta-enxertos apresentaram um comportamento fora da tendência na quinta amostra do dia 04 de fevereiro, a tendência do teor de sólidos solúveis é crescente conforme o fruto vai amadurecendo, essa tendência não é observada durante a quinta amostra retirada no campo, onde os valores de SS diminuem em relação a última amostra, passando de 10,6 para 9,6 $^{\circ}\text{Brix}$ para o porta-enxerto M.9, e de 10,1 para 9,2 $^{\circ}\text{Brix}$ para o porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, porém voltam a subir na última amostra, retirada no dia 11 de fevereiro, para 10,9 e 9,8 $^{\circ}\text{Brix}$ M.9 e para Marubakaido com filtro de M.9 respectivamente. Essa diminuição observada no teor de sólidos solúveis pode ter sido causada pelas chuvas que ocorreram no local

no dia 3 e na madrugada do dia 4 de fevereiro de 2015 (Figura 4), que totalizaram 32 mm, a precipitação pode ter causado expansão do fruto e diluição no teor de SS.

Na Figura 7, para o ano de 2016 o mesmo padrão é visualizado com o aumento de 8,0 até 10,7 °Brix e 7,8 até 10,2 °Brix para M.9 e Marubakaido com filtro de M9 respectivamente, com correlações significativas com I_{AD} para os dois porta-enxertos ($R^2= 0,8818$) e ($R^2= 0,8631$) respectivamente.

A firmeza de polpa também diminuiu conforme o I_{AD} decresceu, no ano de 2015 (Figura 6) dentro da média de ambos os porta-enxertos, passando de 20,5 para 14,8 lb, apresentando correlação com I_{AD} no porta-enxerto M.9 ($R^2= 0,8756$), e correlação com Marubakaido com filtro de M.9 ($R^2= 0,9147$), ambas correlações significativas. Já para o ano de 2016 (Figura 7) as correlações com I_{AD} também foram significativas, o decréscimo da firmeza de polpa dentro da média dos dois porta-enxertos passou de 17,6 para 13.8 lb, M.9 ($R^2=0,8865$) e para Marubakaido com filtro de M.9 ($R^2= 0,7167$).

O índice de amido obtido através da escala de cor aumentou durante o acompanhamento da maturação, passando de 1 para 4 nos dois porta-enxertos em 2015 (Figura 6), houve correlações significativas das médias com o I_{AD} com M.9 ($R^2= 0.9043$) e também com Marubakaido com filtro de M.9 ($R^2= 0,8655$). No ano de 2016 (Figura 7), o índice de iodo passou de 1 para 5 durante o acompanhamento, com correlações significativa das médias do amido com o I_{AD} para os dois porta-enxertos.

Costamagna et al. 2013, estudando a evolução da maturação da maçã cultivar Gala encontraram padrões de correlações semelhantes do I_{AD} com amido e sólidos solúveis, porém menor com firmeza de polpa. Contudo, os autores descreveram o I_{AD} como um novo e adicional parâmetro para estabelecer o ponto de colheita em maçãs.

Para a acidez titulável o comportamento foi de decréscimo, caindo de 5,61 até 4,63 meq 100mL⁻¹ e 5,24 até 4,39 meq 100mL⁻¹ para M.9 e Marubakaido com filtro de M.9 respectivamente ano de 2015 (Figura 6), sendo a correlação com I_{AD} do primeiro porta-enxerto baixa ($R^2= 0,5073$) já para o segundo ela foi significativa ($R^2= 0,8258$). No ano de 2016 (Figura 7), na média dos dois porta-enxertos a acidez titulável passou de 7,09 para 4,12 meq 100 mL⁻¹.

Figura 4 - Evolução da maturação pré-colheita e relação entre o índice de diferença da absorbância e ácidos titulável, firmeza de polpa, índice iodo-amido e sólidos solúveis para maçãs 'Maxi Gala' enxertadas com M.9 e Marubakaido com filtro de M.9 cultivada em Vacaria, RS, no ano de 2015.

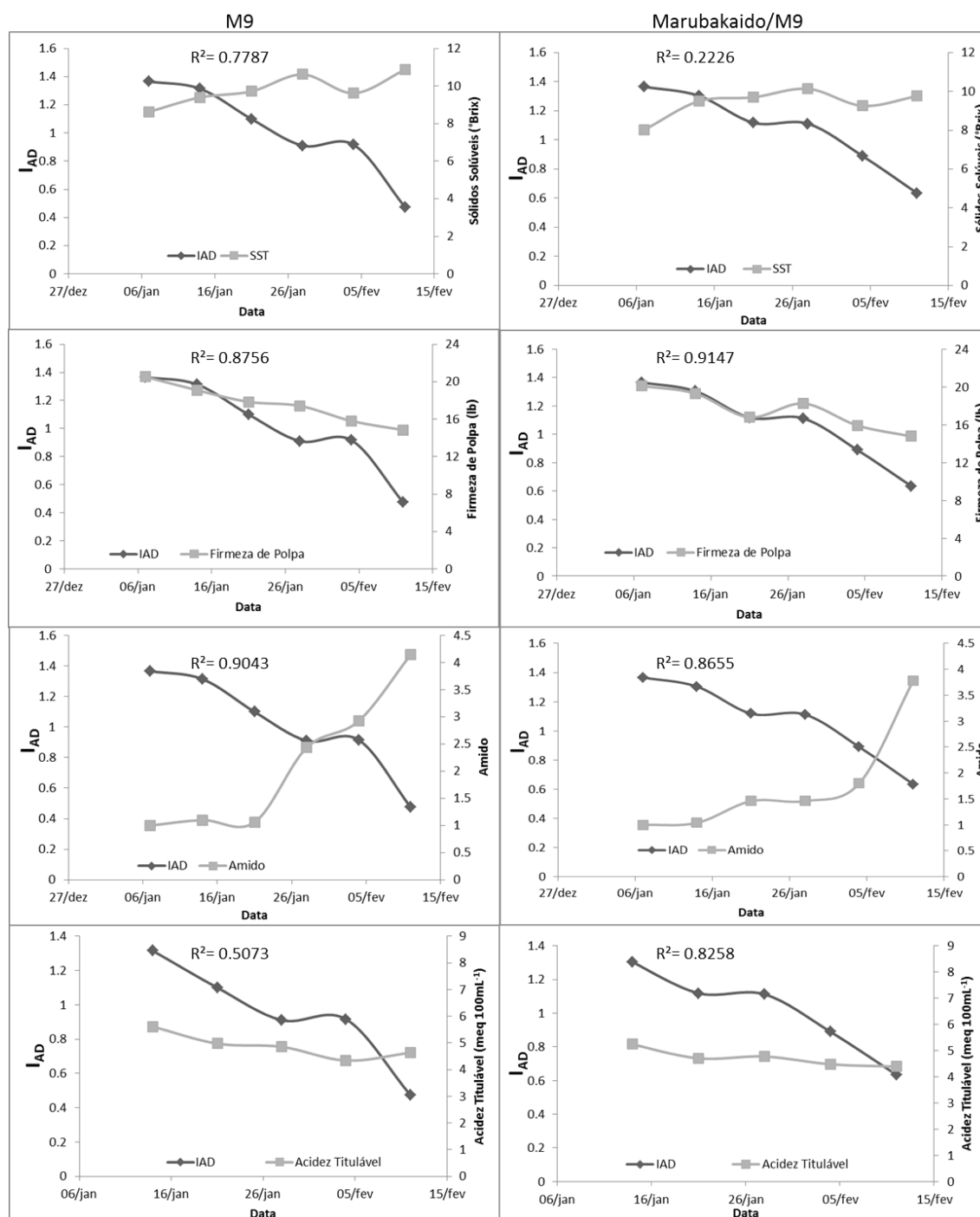
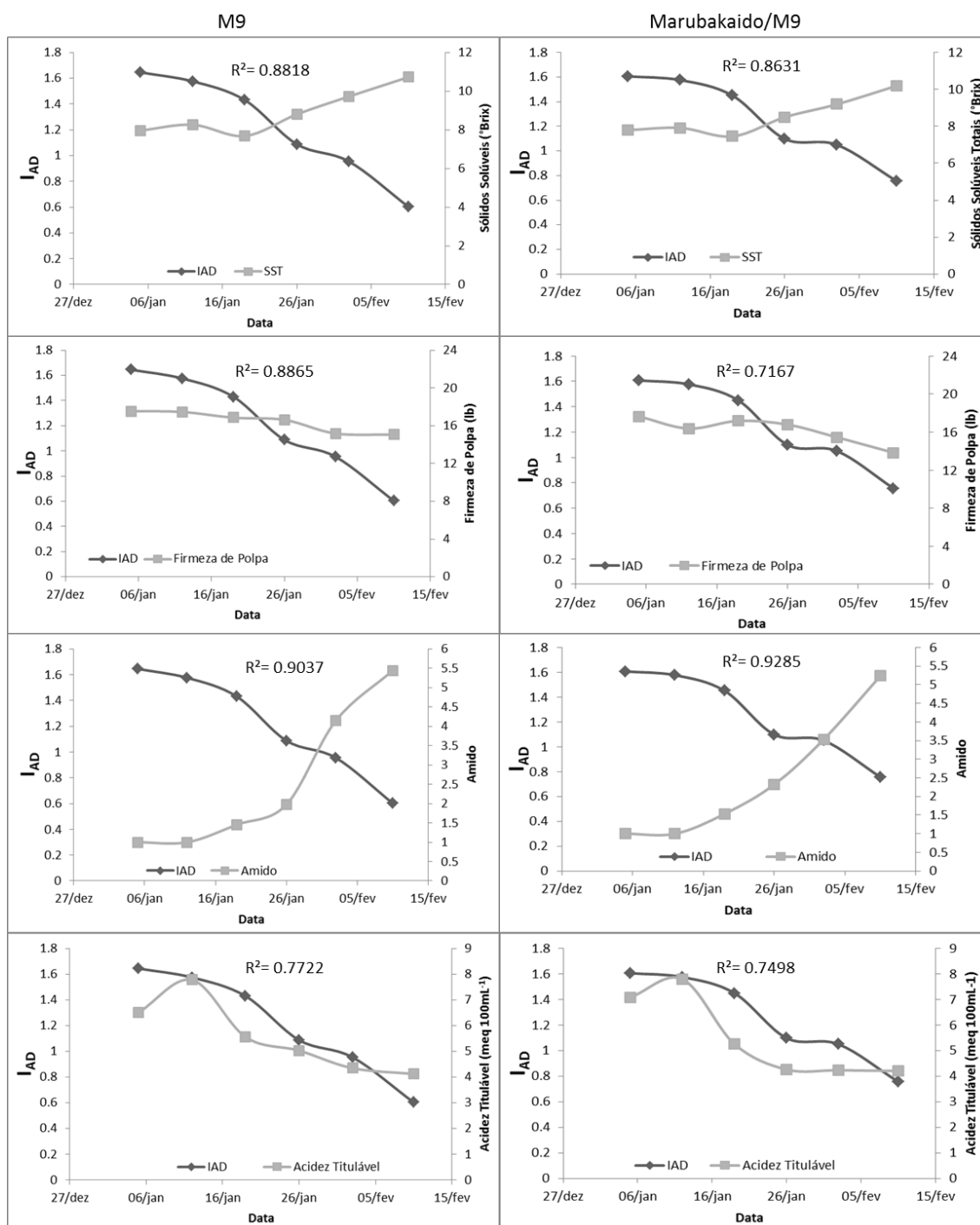


Figura 5 - Evolução da maturação pré-colheita e relação entre o índice de diferença da absorbância e acides titulável, firmeza de polpa, índice iodo-amido e sólidos solúveis para maçãs 'Maxi Gala' enxertadas com M.9 e Marubakaido com filtro de M.9 cultivada em Vacaria, RS, no ano de 2016.



4.2 PROPOSTA DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE MATURAÇÃO DE 'MAXI GALA' EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES PORTA-ENXERTOS E DO ÍNDICE DE DIFERENÇA DE ABSORBÂNCIA (I_{DA})

Para a proposta de confecção das equações de ajuste foram utilizados os resultados das análises dos frutos da cultivar Maxi Gala coletados separadamente para os porta-enxertos M.9 e Marubakaido com filtro de M.9, até o início da colheita em cada área, sendo assim utilizados somente as quatro primeiras coletas de cada ano, e não as seis coletas como utilizados no item 4.1. Foram elaboradas propostas de modelos separados, um para cada porta-enxerto. O primeiro modelo (Tabela 3) foi confeccionado com os frutos coletados nas plantas enxertadas com o porta-enxerto M.9, totalizando 420 frutos. Já na tabela 4 estão as equações geradas para a confecção do modelo para os frutos das plantas enxertadas com Marubakaido com filtro de M.9, totalizando 3.420 frutos.

As equações de ajuste foram produzidas para as variáveis de sólidos solúveis, firmeza de polpa, acidez titulável e índice iodo-amido em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), para os frutos coletados durante as quatro coletas do mês de janeiro (Tabela 1).

Para uma boa predição de modelos gerados é necessário coeficientes de determinação que sejam significativos, com R^2 maiores que 0,7 e que se aproximem a 1, nessas condições um modelo pode prever com boa confiabilidade os valores das variáveis em relação ao I_{AD} . Para que os modelos gerados possam ser validados, além da significância do coeficiente de determinação é necessário que a distribuição dos resíduos seja normal para os dados analisados, com valores de p do resíduo maiores de 0,05.

Dentre as equações geradas na proposta dos modelos para os porta-enxertos Marubakaido com filtro de M.9 (Tabela 3) e M.9 (Tabela 4) não foram observados coeficientes de determinação significativos, embora em alguns casos observa-se distribuição normal dos resíduos.

Para a variável sólidos solúveis (SS) observa-se no porta-enxerto M.9 (Tabela 4), valores maiores do coeficiente de determinação em relação ao porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9 (Tabela 3), sendo os maiores valores do R^2 de 0,57 na equação polinomial para M.9 e 0,26 nas equações polinomial, exponencial e

logarítmica para Marubakaido com filtro de M.9. Uma possível explicação para a melhor relação entre os sólidos solúveis e o índice de diferença de absorbância no porta-enxerto M.9 é que por ele ser menos vigoroso tem melhor interceptação luminosa e a luz afeta a qualidade dos frutos, o que inclui o teor de sólidos solúveis (Robinson et al., 1983). Em relação a normalidade dos resíduos observa-se que para o primeiro porta-enxerto (Tabela 4) somente a equação polinomial indica normalidade com valor p de 0,24, já para o segundo (Tabela 3) todas as equações indicam normalidade com valores de p acima de 0,05 em todas as equações. Contudo não é possível comprovar a proposta do modelo pelo fato de que os coeficientes de determinação não foram significativos.

Segundo McGlone et al. (2002) o desempenho para a predição de valores de sólidos solúveis pode variar com a condição de fruto e/ou cultivar. Durante o período pré-colheita a planta pode passar por períodos de estresse hídrico, pela falta ou excesso de água, o fruto pode estar mais exposto ou não a luz, estes fatores podem fazer com que os teores de carboidratos possam variar dentro dos frutos da mesma planta. Com isso podemos ter uma variação muito grande de resultados de sólidos solúveis em uma mesma planta. Os frutos utilizados nas análises eram provenientes de variações não só dentro da mesma planta, mas também de áreas e plantas distintas, todas estas variações podem ser as causas dos baixos coeficientes de determinação observados, possivelmente pela dificuldade de realizar a leitura em um grande volume de frutas proposto no trabalho.

Observou-se na variável firmeza de polpa (lb), que os coeficientes de determinação não foram significativos, variando entre R^2 0,32 a 0,34 nas equações propostas para o porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9 (Tabela 3). No porta-enxerto M.9 a variação foi de R^2 0,28 a 0,31 entre as equações (Tabela 4). Observa-se para os dois porta-enxertos que os valores de p foram menores do que 0,05 em todas as equações propostas, demonstrando que não houve normalidade nos resíduos dos modelos gerados.

Embora o decréscimo da firmeza de polpa durante a maturação e amadurecimento do fruto esteja bem documentada (KNEE & SMITH, 1989, SAMS, 1999, DEELL et al., 2001, JOHNSTON et al., 2002), é notada uma alta variabilidade da firmeza entre diferentes pomares (BLANPIED & BLAK, 1977).

Segundo McGlone e Kawano (1998) a evidência científica para a predição direta e precisa da firmeza de frutos por Vis/NIR não é boa, não existindo uma teoria

ou mecanismo que seja confiável para basear um modelo. O amolecimento da polpa leva a uma diminuição da opacidade, mas isso é improvável que forneça uma base para uma previsão exata, já que o método penetrômetro portátil normal é conhecido por ser impreciso e isso limitará a precisão demonstrável de qualquer modelo de previsão baseado em espectros Vis/NIR (RUTKOWSKI et al., 2008). Isso nos mostra que pode existir imprecisão no método do penetrômetro, equipamento utilizado para a análise dos frutos, essa imprecisão pode ter gerado a grande variação observada para a variável firmeza de polpa, refletindo na baixa relação com os dados do índice de diferença de absorbância (I_{DA}), observado para os dois porta-enxertos.

Tabela 3 - Seleção das equações geradas para simular os índices de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (lb), índice iodo-amido e acidez titulável (meq 100 mL⁻¹) em frutos de maçãs 'Maxi Gala' cultivadas em Vacaria, RS, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.

Variável	Modelo	Função	R ²	RSE	Valores p Resíduo
SS	Linear	$-1,17^{**} IDA + 9,81^{**}$	0,26	0,526	0,09
	Polinomial	$0,72 IDA^2 - 3,05^{**} IDA + 10,97^{**}$	0,26	0,524	0,10
	Logarítmico	$-1,48^{**} \text{Log}(IDA) + 8,63^{**}$	0,26	0,524	0,08
	Exponencial	$9,38^{**} e^{-0,29^{**} IDA}$	0,23	0,534	0,14
Firmeza de polpa	Linear	$0,89^{**} IDA + 8,57^{**}$	0,34	2,412	<0,01
	Polinomial	$1,84^{*} IDA^2 + 1,88 IDA + 11,86^{**}$	0,34	2,409	<0,01
	Logarítmico	$8,82^{**} \text{Log}(IDA) + 15,46^{**}$	0,32	2,438	<0,01
	Exponencial	$11,12^{**} e^{1,69^{**} IDA}$	0,34	2,414	<0,01
Índice Iodo-Amido	Linear	$-1,34^{**} IDA + 3,30^{**}$	0,23	0,541	<0,01
	Polinomial	$0,93^{**} IDA^2 - 3,96 IDA^{**} + 5,08^{**}$	0,24	0,538	<0,01
	Logarítmico	$-1,84^{**} \text{Log}(IDA) + 2,01^{**}$	0,24	0,538	<0,01
	Exponencial	$2,68^{**} e^{-0,30^{**} IDA}$	0,21	0,548	<0,01
Acidez Titulável	Linear	$0,06^{**} IDA + 1,09^{**}$	0,19	0,192	<0,01
	Polinomial	$-0,02^{**} IDA^2 - 0,31 IDA^{**} + 0,34$	0,24	0,182	<0,01
	Logarítmico	$0,41^{**} \text{Log}(IDA) + 0,76^{**}$	0,21	0,184	<0,01
	Exponencial	$1,45^{**} e^{0,01^{**} IDA}$	0,06	0,201	<0,01

*Coeficiente significativo ($\alpha=0,05$); **Coeficiente significativo ($\alpha=0,01$); RSE = erro padrão do resíduo. Valor p acima de 0,05 indica normalidade dos resíduos gerados.

A variável índice iodo-amido também não pode ser validada pelo modelo. Foi observado que tanto para o porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, como para o M.9 os coeficientes de determinação não foram significativos, com R² variando entre 0,21 a 0,24 e 0,33 a 0,45 entre as equações propostas pelo modelo respectivamente para os dois porta-enxertos. Outro fator que dificultou a validação é que os valores de p dos resíduos foram menores que 0,05 para as equações

propostas pelo modelo. Observa-se também valores maiores de coeficiente de determinação para o porta-enxerto M.9, e menores para o porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, evidenciando uma maior correlação do índice Iodo-Amido com a variável resposta índice de diferença de absorbância no primeiro porta-enxerto. Os resultados no índice de iodo-amido podem ser afetados pelo fato de que não existe boa precisão nos métodos de medida deste índice, pois estes são baseados na comparação subjetiva com escalas discretas que podem ser imprecisas (MCGLONE et al., 2002). Como é necessária uma estreita relação entre os índices DA-Meter e Iodo-Amido, a falta de precisão na medida desta variável pode superestimar ou subestimar este índice, isso pode ter diminuído a relação com o índice de diferença de absorbância, mensurado com o aparelho DA-Meter.

Outro fator que dificulta a predição do índice de iodo-amido, e até mesmo da firmeza de polpa, é o fato de que parece que a maioria dos modelos de predição é quase exclusivamente dependente de mudanças no nível de clorofila da maçã, e não ter qualquer sensibilidade direta aos constituintes ou propriedades de interesse, como a concentração de amido ou mudanças de textura (MCGLONE et al., 2002).

Tabela 4 - Seleção das equações geradas para simular os índices de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (lb), índice iodo-amido e acidez titulável (meq 100 mL⁻¹) em frutos de maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, RS, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.

Variável	Modelo	Função	R ²	RSE	Valores p Resíduo
SS	Linear	$-2,65^{**} \text{IDA} + 11,99^{**}$	0,43	0,562	0,02
	Polinomial	$9,36^{**} \text{IDA}^2 - 30,15^{**} \text{IDA} + 31,87^{**}$	0,57	0,498	0,24
	Logarítmico	$-3,97^{**} \text{Log (IDA)} + 9,59^{**}$	0,45	0,549	0,02
	Exponencial	$10,61^{**} e^{-0,57^{**} \text{IDA}}$	0,38	0,583	0,02
Firmeza de polpa	Linear	$7,59^{**} \text{IDA} + 7,69^{**}$	0,30	2,249	<0,01
	Polinomial	$-3,66 \text{IDA}^2 + 18,21^{**} \text{IDA} + 0,13^{**}$	0,31	2,243	<0,01
	Logarítmico	$10,77^{**} \text{Log (IDA)} + 14,79^{**}$	0,31	2,241	<0,01
	Exponencial	$11,45^{**} e^{1,66^{**} \text{IDA}}$	0,28	2,278	<0,01
Índice Iodo- Amido	Linear	$-1,98^{**} \text{IDA} + 4,39^{**}$	0,40	0,544	<0,01
	Polinomial	$1,56^{**} \text{IDA}^2 - 6,29 \text{IDA}^{**} + 7,26^{**}$	0,45	0,523	<0,01
	Logarítmico	$-2,45^{**} \text{Log (IDA)} + 2,37^{**}$	0,42	0,533	<0,01
	Exponencial	$3,38^{**} e^{-0,43^{**} \text{IDA}}$	0,33	0,573	<0,01
Acidez Titulável	Linear	$4,58^{**} \text{IDA} - 0,84$	0,51	0,837	0,45
	Polinomial	$0,27 \text{IDA}^2 + 3,79 \text{IDA} - 0,27$	0,51	0,855	0,47
	Logarítmico	$6,58^{**} \text{Log (IDA)} + 3,42^{**}$	0,51	0,839	0,33
	Exponencial	$1,25 e^{1,05^{**} \text{IDA}}$	0,51	0,840	0,56

* Coeficiente significativo ($\alpha=0,05$); ** Coeficiente significativo ($\alpha=0,01$); RSE = erro padrão do resíduo. Valor p acima de 0,05 indica normalidade dos resíduos gerados.

Observa-se na variável acidez titulável comportamento distinto nos dois porta-enxertos. Nas plantas enxertadas com Marubakaido com filtro de M.9 foram observados baixos valores do coeficiente de determinação, variando entre as equações propostas, com menor R^2 0,06 para a equação exponencial e maior R^2 0,24 para a equação polinomial, sendo que os valores de p do resíduo ficaram abaixo de 0,05 para todas as equações geradas pelo modelo. No porta-enxerto M.9 o coeficiente de determinação foi de R^2 0,51 para todas as equações propostas pelo modelo, os valores de p do resíduo foram superiores a 0,05, contudo a validação para esta variável não pode ser realizada, pois os coeficientes de determinação observados não foram significativos.

Trabalho conduzido por Knee e Smith, (1989) observaram que a acidez titulável apresenta índices muito baixos de coeficientes de determinação, isso pode estar ligado ao fato de que a acidez tende variar mais entre as estações e os pomares do que entre as datas de colheita. Por isso, a acidez titulável não é um bom parâmetro para estabelecer um valor específico como um indicador para a data de colheita ideal de frutos de maçã (RUTKOWSKI et al., 2008). O fato da coleta dos frutos ter sido feita em diferentes locais e em duas safras diferentes pode ter originado a alta variação entre os resultados, o que poderia explicar os baixos valores do coeficiente de determinação. Contudo, também foi observado que além das variações provocadas por diferentes estações e pomares, pode ocorrer variação entre porta-enxertos, no caso em estudo o porta-enxerto M.9 teve uma melhor correlação da acidez titulável com a variável resposta índice de diferença de absorbância do que o porta enxerto Marubakaido com filtro de M.9.

5 CONCLUSÕES

- 1- A evolução da maturação dos frutos de 'Maxi Gala' é semelhante entre os porta-enxertos M9 e Marubakaido com filtro de M9.
- 2- Existe correlação significativas das médias de cada coleta entre os valores do índice DA-Meter e os valores dos parâmetros destrutivos para estimar a maturação de frutos de maçãs 'Maxi Gala' (Firmeza de polpa, sólidos solúveis, índice iodo-amido).
- 3- É possível prever parâmetros de colheita de maçãs Maxi Gala com o equipamento DA-Meter para definir o momento de início da colheita e a definição do destino da fruta.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo as coletas dos frutos foram feitas em grandes áreas com uma distribuição heterogênea para as características de idade de planta, solo, microclima, arquitetura de planta, precipitação pluviométrica. Todos estes fatores podem ter contribuído para a alta variação dos dados coletados.

Uma alternativa para que os modelos possam ser construídos com uma boa predição das variáveis é fazer a amostragem em áreas menores e mais homogêneas, onde espera-se que ocorra menos variação. Por exemplo, a coleta de frutos em distintos lugares dentro de cada quadra separadamente. A coleta de frutos em unidades menores de área pode diminuir a variação causada por fatores como idade de planta, solo, microclima, arquitetura de planta, precipitação pluviométrica, estreitando assim as correlações das variáveis de sólidos solúveis, firmeza de polpa, índice de iodo-amido e acidez titulável com a variável resposta índice de diferença de absorbância, através das leituras feitas com o aparelho portátil DA-Meter.

O presente trabalho apresentou uma metodologia para abordar os fatores de coleta e análises dos frutos, porém têm-se a necessidade de repeti-lo em outras safras, possibilitando ensaios em áreas menores e mais homogêneas isoladamente, bem como outros critérios para a seleção e leitura dos frutos com o aparelho DA-Meter a fim de encontrar modelos matemáticos concisos.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology & Technology**, v. 15, p. 207-223, 1999.
- ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M.J., KRAMMES, J.L.; PETRI, J.L.; BASSO, C. AVG and 1-MCP effects on maturity and quality of apple fruit at harvest and after storage. **Acta Horticulturae**, n.727, p.495-499, 2006.
- ARGENTA, L.C. Fisiologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 59-104.
- BENDER, R. J.; LUNARDI, R. Perdas qualitativas de Maçãs cv. Gala em armazenamento refrigerado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 563-567, 2001.
- BERNARDI, J.; DENARDI, F. E HOFFMAN, A. (2004) - Cultivares e porta-enxertos. In: Nachtigall, G.R. (Ed.)- Maçã: produção. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 32-46. (Frutas do Brasil, 37).
- BESSHO, H.; SOEJIMA, J.; ITO, Y.; KOMORI, S. Breeding and genetic analysis of apple in Japan. In: HAYASHI, T., OMURA, M., SCOTT, N.S. Techniques on gene diagnosis and breeding in fruit trees. **Tsukuba: Fruit Tree Research Station**, 1993. p. 231-240.
- BETEMPS, D.L. **Qualidade e maturação de frutas avaliadas por meio de métodos não destrutivos**. 2011. 168 p. Tese (Doutorado em Ciências – Fruticultura de Clima Temperado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2011.
- BETEMPS, D.L.; FACHINELLO, J.C.; GALARÇA, S.P. Visible spectroscopy and near infrared (vis/NIR), in assessing the quality of mangoes Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, p. 306-313, 2011.
- BETEMPS, D. L.; FACHINELLO, J. C.; GALARÇA, S. P.; PORTELA, N. M.; REMORINI, D.; MASSAI, R.; AGATI, G. Non-destructive evaluation of ripening and quality traits in apples using a multiparametric fluorescence sensor. **J. Sci. Food Agric.** v. 92, p. 1855-1864, 2012.
- BLANPIED, G.D.; BLAK, V.A. A comparison of pressure test, acid levels and sensory evaluation of overripeness in apples. **Hortscience**. v. 12: p. 73-74, 1977.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. 743 p.

CHITARRA, F.M.I.; CHITARRA, B.A. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 430p.

CORRENT, A. R.; PARUSSOLO, A.; GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V. Uso do 1-metilciclopropeno no controle da maturação de maçãs cv. 'Royal Gala'. **Rev. Bras. Frutic.** [online]. 2005, vol.27, n.2, pp.207-210.

COSTA, G.; MISEROCCHI, O.; BREGOLI, A.M. NIRs evaluation of peach and nectarine fruit quality in pre- and post-harvest conditions. **Acta Hort.** v. 592, p. 593-599, 2002.

COSTA, G.; NOFERINI, M.; MONTEFIORI, M.; BRIGATI, S. Non-destructive assessment methods of kiwifruit quality. **Acta Hort.** v. 998, p. 103-116, 2003.

COSTAMAGNA, F.; GIORDANI, L.; COSTA, G.; NOFERINI, M. Use of AD Index to Define Harvest Time and Characterize Ripening Variability at Harvest in 'Gala' Apple. **Acta Horticulturae**. v. 998, p. 117-124, 2013.

CZYNCZYK, A. New dwarfing apple rootstocks from the Polish Breeding program. **Compact Fruit Tree**, Chesterfield, v.28, p. 68-76, 1995.

DEEII, J.; KHANIZADEH, S.; SAAD, F.; FERREE, D.C. Factors affecting apple fruit firmness – a review. **J. Am. Pomolog. Socil.** v. 55, p. 8-27, 2001.

DELONG, J.; PRANGE, R.; HARRISON, P.; NICHOLS, D.; WRIGHT, H. Determination of optimal harvest boundaries for Honeycrisp™ fruit using a new chlorophyll meter. **Canadian Journal of Plant Science**. v. 94, p. 361-369, 2014.

DENARDI, F. In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, 2006. Editora Pallotti. **Porta-enxertos**. 743p. p 169 – 227.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Pelotas: UFPel, 1996. 311p.

FIORAVANÇO, J. C.; GIRARDI, C. L.; CZERMAINSKI, A.B. C.; SILVA, G. A.; NACHTIGALL, G. R.; OLIVEIRA, P. R. D. Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal. **Embrapa Uva e Vinho In: Documentos/Embrapa Uva e Vinho** 71, Bento Gonçalves, ed.21, v. 2, p.10-60, 2010.

GIRARDI, C. L.; BENDER, R. J.; SANHUEZA, R. M. V. **Manejo pós-colheita e rastreabilidade na produção integrada de maçãs**. Bento Gonçalves/RS. Jun. 2002. (EMBRAPA, Circular Técnica, 31). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/circular/cir031.pdf>>. Acesso em: 14 de jun. 2015.

GIRARDI, C. L.; BRACKMANN, A.; PARUSSOLO, A. Colheita e Armazenamento. In: **Maçã: Produção (Coleção Frutas do Brasil)**. Bento Gonçalves, 2004. p. 148-154.

HARTMANN, N.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T. **Plant propagation: principles and practices**. 5. ed. Englewood Cliffs: Regents/Prentice-Hall, 1990. 647 p.

INFANTE, R.; CONTADOR, L.; RUBIO, P.; MESA, K.; MENESES, C. Non-destructive monitoring of flesh softening in the black-skinned Japanese plums 'Angeleno' and 'Autumn beaut' on-tree and postharvest. **Postharvest Biol. Technol.** 2011. v. 61, p. 35-40.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola**, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 21/01/2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Seção de Ecologia Agrícola. Porto Alegre: **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**, v.1,1989, 102 p.

IUCHI, V. L. Botânica e fisiologia. In: EMRPESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO (Org.). **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 59-104.

JOHNSTON, J.W.; HEWETT, E.W.; HERTOOG, M.L.A.T.M. Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. **New Zealand J. Crop Hort. Sci.** v. 30, p. 145-160, 2002.

KNEE, M.; SMIYH, S.M. Variation in quality of apple fruits stored after harvest on different dates. **J. HORT. SCI.** v. 64, p. 413-419, 1989.

KUNGLE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Rural, 2002. 214 p.

MATZENAUER, R.; BUENO, A. C.; FILHO, A. C.; DIDONÉ, I. A.; MALUF, J. R. T.; HOFMAN, G.; RIBEIRO, D. Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.11, n.1-2, p.63-68, 2005.

MCGLONE, V.A.; KAWANO, S. Firmness, dry matter and soluble solids assessment of postharvest kiwifruit. **Postharvest Biol. Tech.** v. 13, p. 131–141, 1998.

MCGLONE, V. A.; JORDAN, R. B.; MARTINSEN, P. J. Vis/NIR estimation at harvest of pre- and post-storage quality indices for 'Royal Gala' apple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, p. 135-144, 2002.

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

MINOLTA. Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation. Osaka: MINOLTA Co. Ltda., 1994. 49 p.

MOLINA-DELGADO, D.; LARRIGAUDIÈRE, C.; RECASENS, I. Antioxidant activity determines on-tree maturation in 'Golden Smoothee' apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, p. 1207-2212, 2009.

NOFERINI, M.; FIORI, G.; ZIOSI, V.; GOTTARDI, F.; BRASINA, M.; MAZZINI, C.; COSTA, G. DA-meter, piu facile il controllo della qualità dei frutti dal campo alla distribuzione. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, v. 71, n. 4, p. 74-80, 2009.

NYASORDZI, J.; FRIEDMAN, H.; SCHMILOVITCH, Z.; IGNAT, T.; WEKSLER, A.; ROT, I.; LURIE, S. Utilizing the IAD index to determine internal quality attributes of apples at harvest and after storage. **Postharvest Biol. Technol.**, v.77, p. 80–86, 2012.

OSBORNE, B.G. Near infrared spectroscopy in food analysis. BRI Australia Ltd, North Ryde, Australia. Copyright 2000 Wiley, New York, p. 1–14, 2000.

PEIRS, A.; LAMMERTYN, J.; OOMS, K.; NICOLAI, B.M. Prediction of the optimal picking date of different apple cultivars by means of VIS/NIR-spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 189–199, 2001b.

PEIRS, A.; TOUCHANT, K.; SCHENK, A.; NICOLAI, B. FT-NIR spectroscopy to evaluate picking date of apples. **Acta Horticulturae**, v. 553, p. 477–480, 2001a.

PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B. Maturação, qualidade e queda pré-colheita de maçãs 'imperial gala' em função da aplicação de aminoetoxivinilglicina. **Bragantia**, vol.69, n.3, pp.599-608, 2010.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 857-1166, 2008.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; ARGENTA, L. C.; BASSO, C. Ripening delay and fruit drop control in 'Imperial Gala' and 'Suprema' ('Fuji' Sport) apples by applying AVG (Aminoethoxyvinylglycine). **Acta Horticulturae**, n.727, p.519-525, 2006.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; COUTO, M. FRACESCATTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, volume especial, p.48-56, 2011.

ROBINSON, T. L. Advances in apple culture worldwide. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n SPE1, p.37-47, 2011.

ROBINSON, T.; SEELEY, E.J.; BARRITT, B.H. Effect of light environment and spur age on 'Delicious' apple fruit size and quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.108, p.855-861, 1983.

RUTKOWSKI, K.P.; MICHALCZUK, B.; KONOPACKI, P. Nondestructive determination of 'Golden Delicious' apple quality and harvest maturity. **J. Fruit Ornament. PlantRes.** v. 16, p. 39–52, 2008.

SAMS, C.E. Preharvest factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biol. Technol.** v.15, p. 249-254, 1999.

SILVA, K.; SCHUCH, M.; AFONSO, A. P.; SOUZA, J.; SOARES, A.; SCHIRMBECK, E. Explante, Citocinina e Luz: Fatores que Afetam a Organogênese de Portaenxerto de Macieira Cultivar M-9. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 365 -367, 2005.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMPT, E.; NASCIMENTO, P.C. & SCHINEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 107p.

STREIF, J. Jod-Stärke-test zur beurteilung der fruchtreife bei Äpfeln. **Obst und Garten**, Stuttgart, n.8, p.12, 1984.

TOIVONEN, P.M.A.; MOSTOFI, Y.; WIERSMA, P.; HAMPSON, C. Evaluation of Non-Destructive Instruments for Assessing Apple Maturity and Quality: 2011 Results Agriculture And Agri-Food Canada and the Okanagan Plant Improvement Corporation (PICO) report. 2012. 27p.

VANOLI, M.; BUCCHERI, M. Overview of the methods for assessing harvest maturity. **Stewart Postharvest Rev.** v. 8 (1), p. 1–11, 2012.

YUAN, R.; CARBAUGH, D.H. Effects of ANA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, pre harvest fruit drop, fruit maturity and quality 'Golden Delicious' apples. **HortScience**, v.42, p.101-105, 2007.

ZANOL, G.C.; FORTES, G.R.L.; CAMPOS, A.D.; SILVA, J.B.; CENTELLAS, A.Q. Enraizamento in vitro e atividade da peroxidase do porta-enxerto de macieira Marubakaido tratado com ácido indolbutírico e floroglucinol. **Revista Brasileira de fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 65-68,1996.

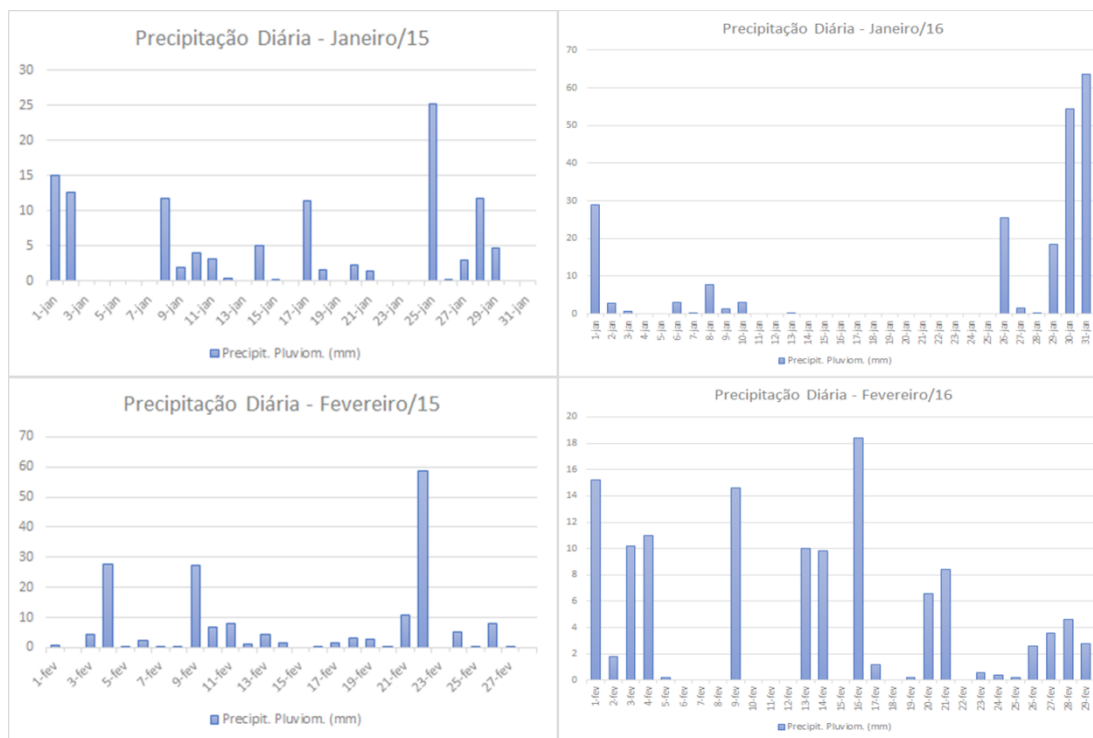
ZIOSI, V.; NOFERINI, M.; FIORI, G.; TADIELLO, A.; TRAINOTTI, L.; CASADORO, G.; COSTA, G.; A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 49, p. 319–329, 2008.

ZUDE, M.; HEROLD, B.. Optimum harvest date determination for apples using spectral analysis. **Garten bauwissen schaft-Munchen**. v.67, p. 199–204, 2002.

ZUDE, M.; HEROLD, B.; ROGER, J. M.; MAUREL, V. B.; LANDAHL, S. Non-destructive tests on the prediction of apple fruit flesh firmness and soluble solids content on tree and in shelf life. **Journal of Food Engineering**. v. 77, p. 254-260, 2005.

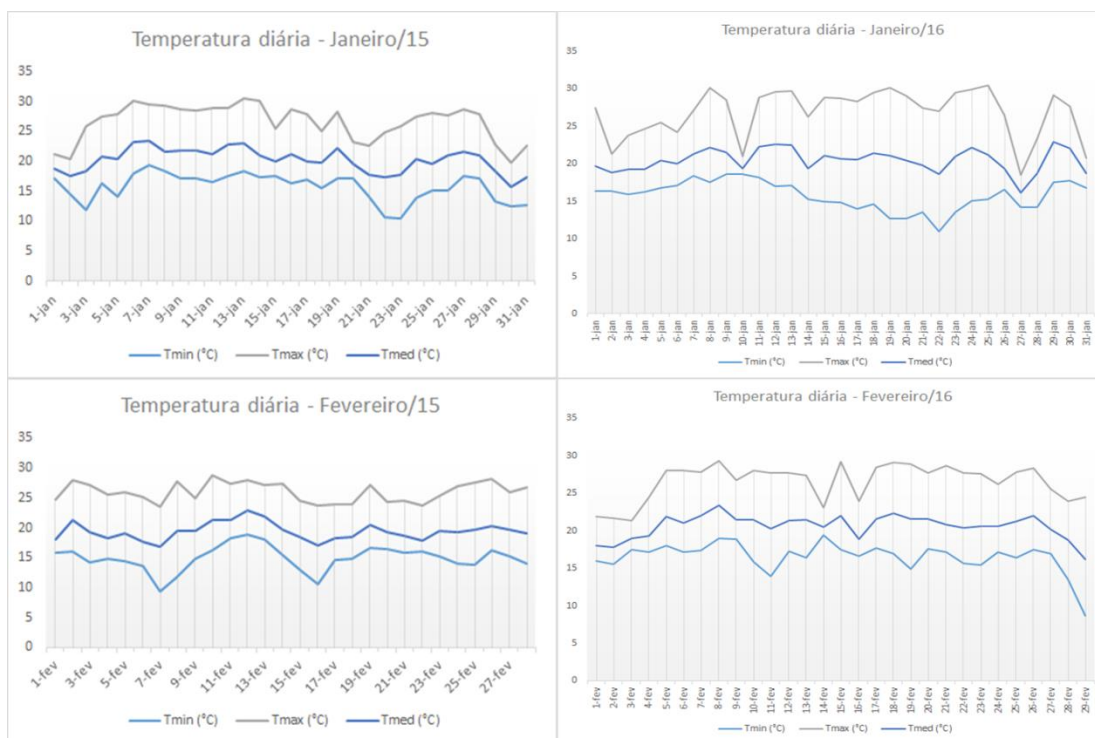
7 APÊNDICES

Figura 6 - Precipitações pluviométricas registradas nas safras 2015 e 2016, correspondente ao período de condução do experimento no município de Vacaria, RS.



Fonte: Adaptado de Embrapa Uva e Vinho, Dados meteorológicos 2015 e 2016.

Figura 7 – Temperaturas máximas, mínimas e médias registradas nas safras 2015 e 2016, correspondente ao período de condução do experimento no município de Vacaria, RS.



Fonte: Adaptado de Embrapa Uva e Vinho, Dados meteorológicos 2015 e 2016.

Figura 8 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável acidez titulável de polpa com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.

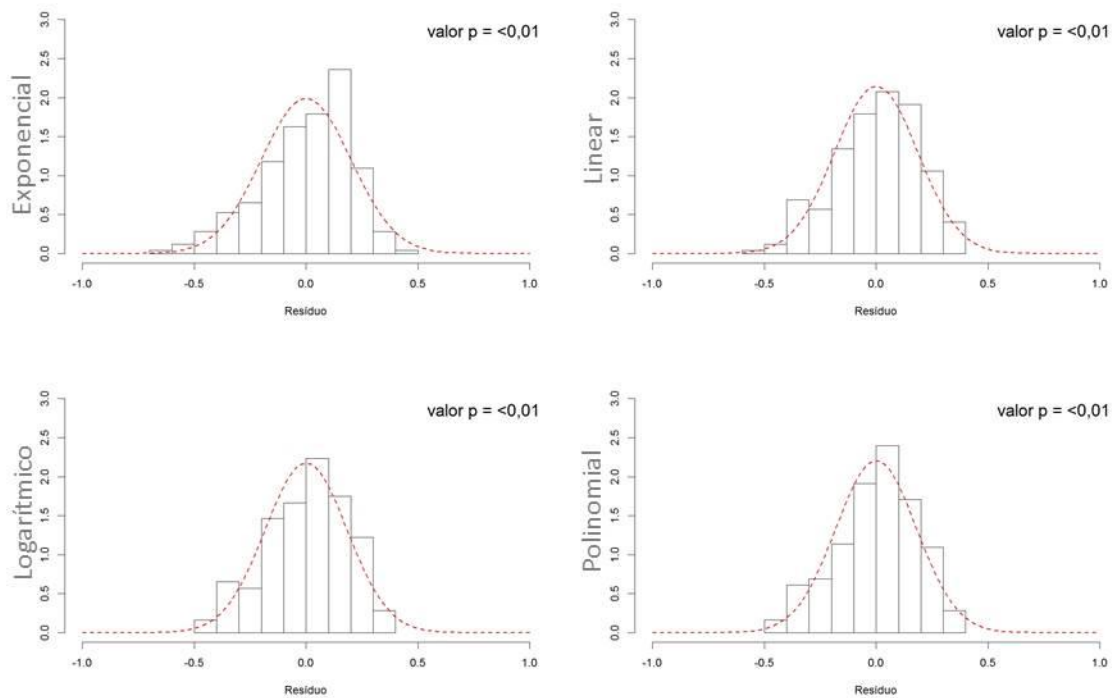
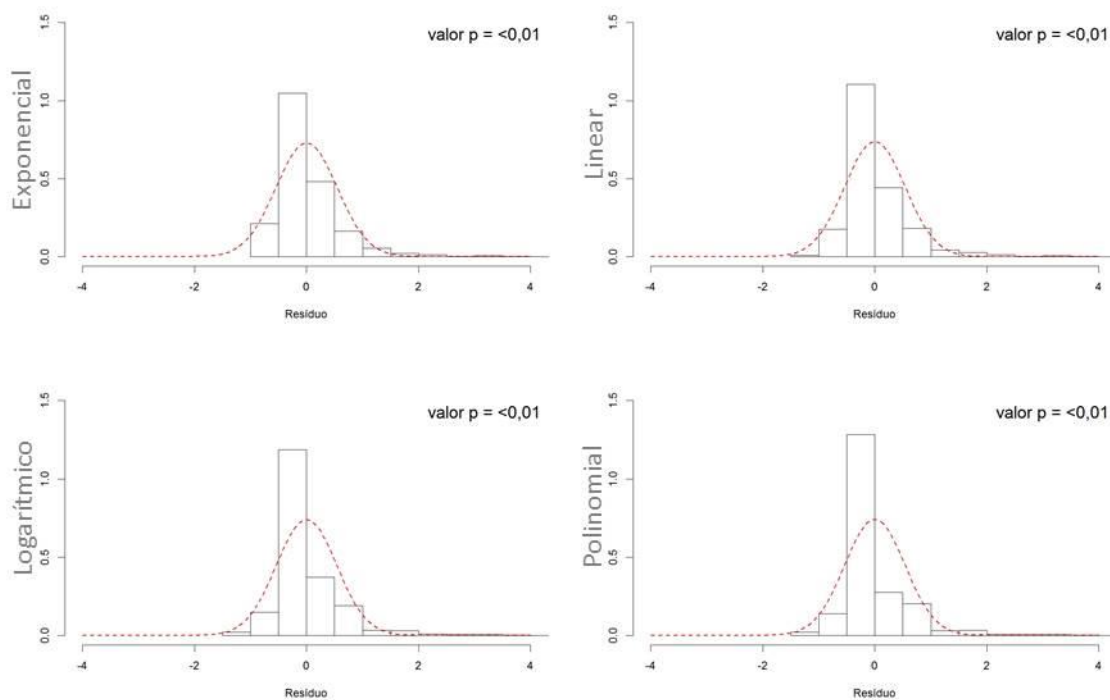
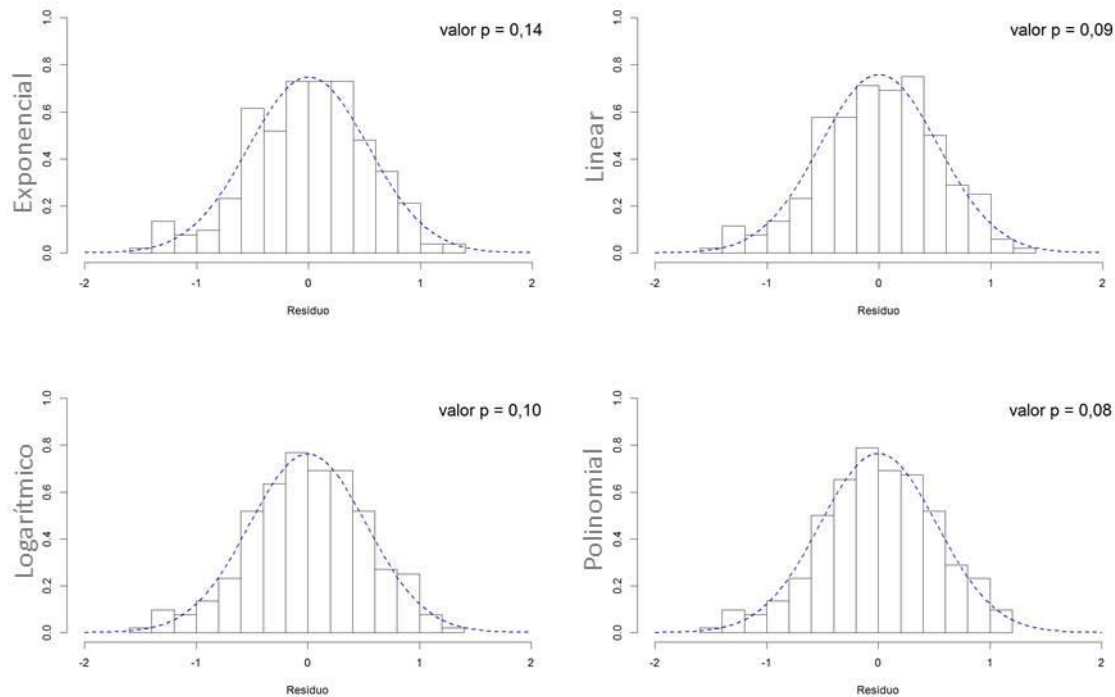


Figura 9 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável índice iodo-amido com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.



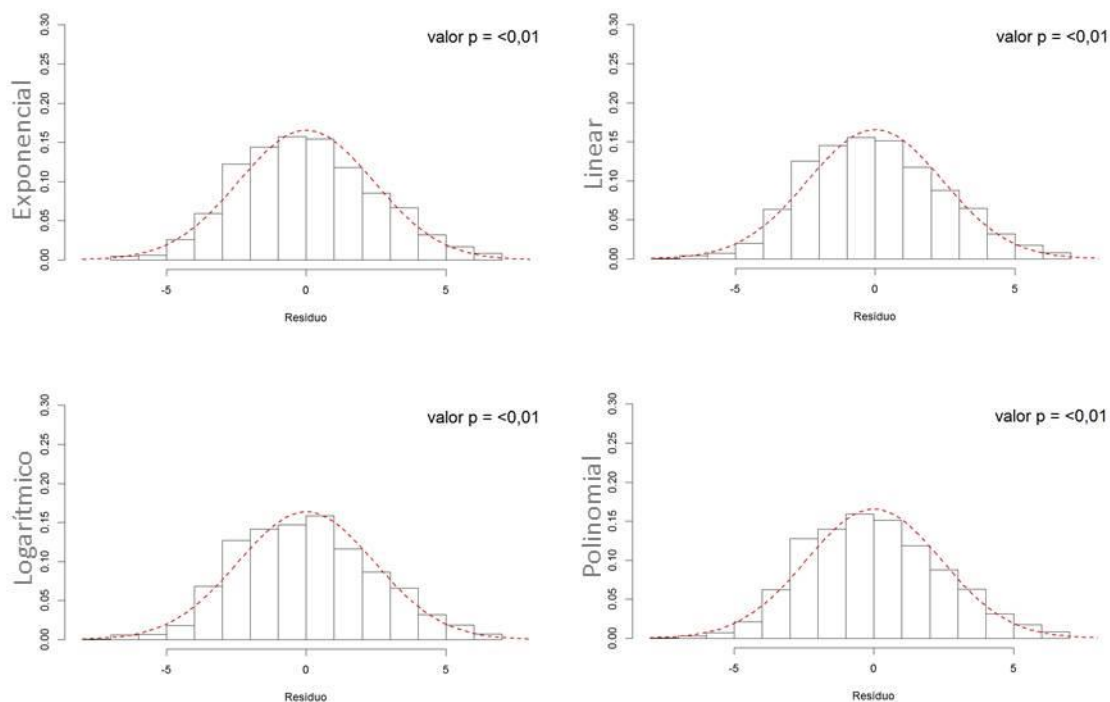
Valor p acima de 0,05 indica normalidade dos resíduos gerados.

Figura 10 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável sólidos solúveis com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.



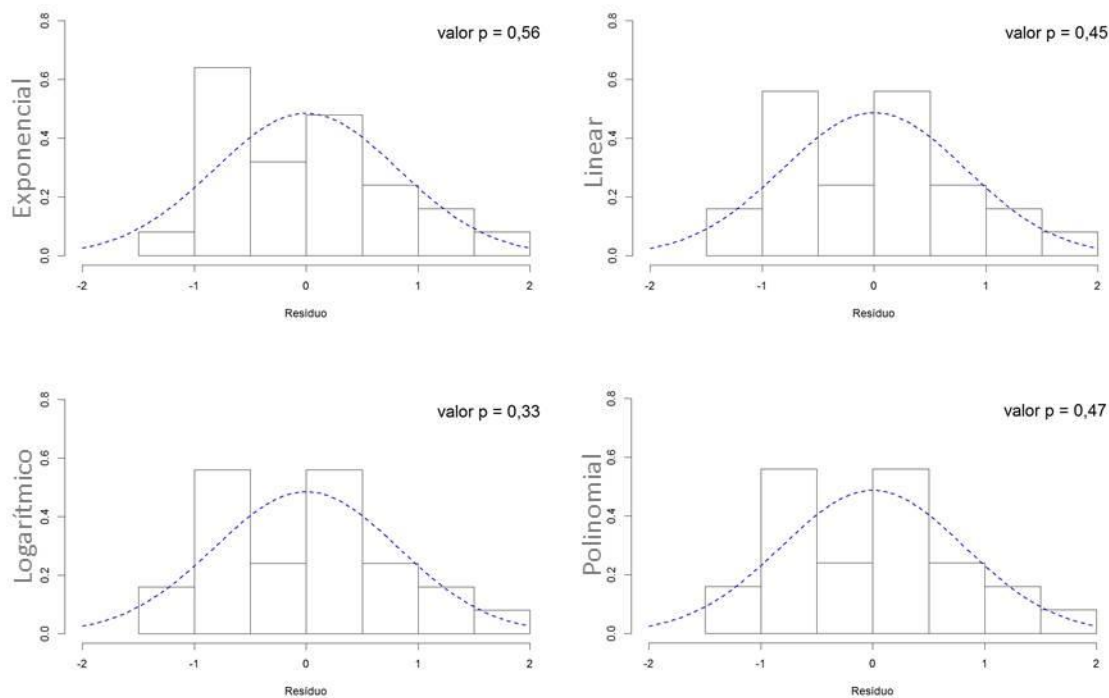
Valor p acima de 0,05 indica normalidade dos resíduos gerados.

Figura 11 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável firmeza de polpa com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro de M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.



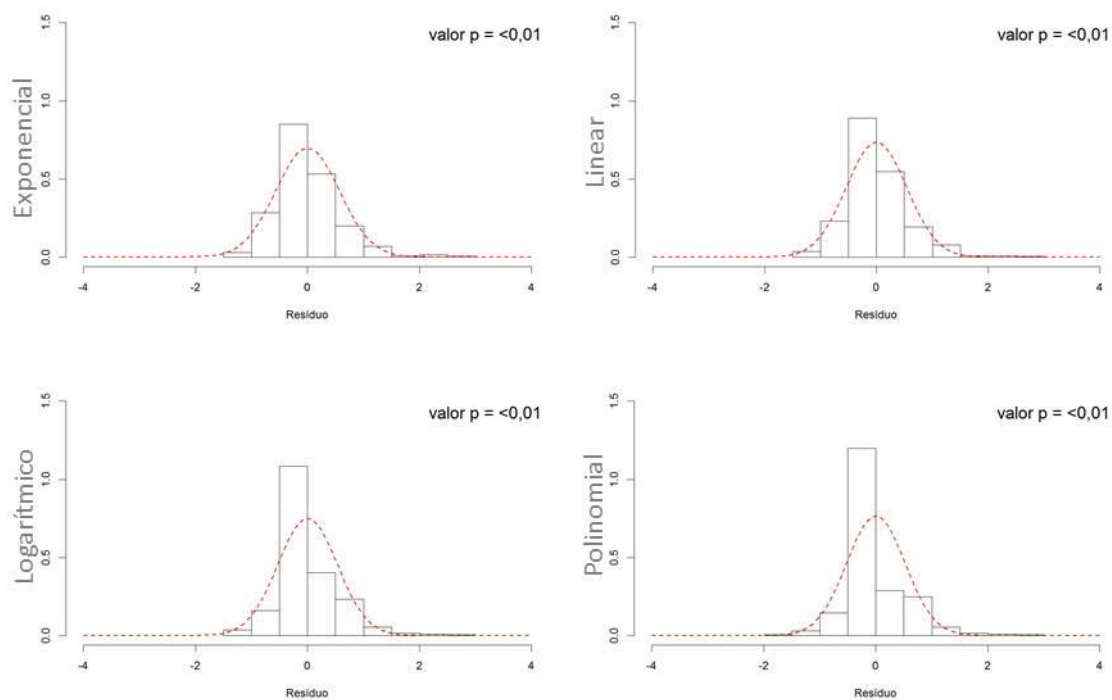
Valor p acima de 0,05 indica normalidade dos resíduos gerados.

Figura 12 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável acidez titulável com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.



Valor p acima de 0,05 indica normalidade dos resíduos gerados.

Figura 13 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável índice iodo-amido com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.



Valor p acima de 0,05 indica normalidade dos resíduos gerados.

Figura 14 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável sólidos solúveis com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.

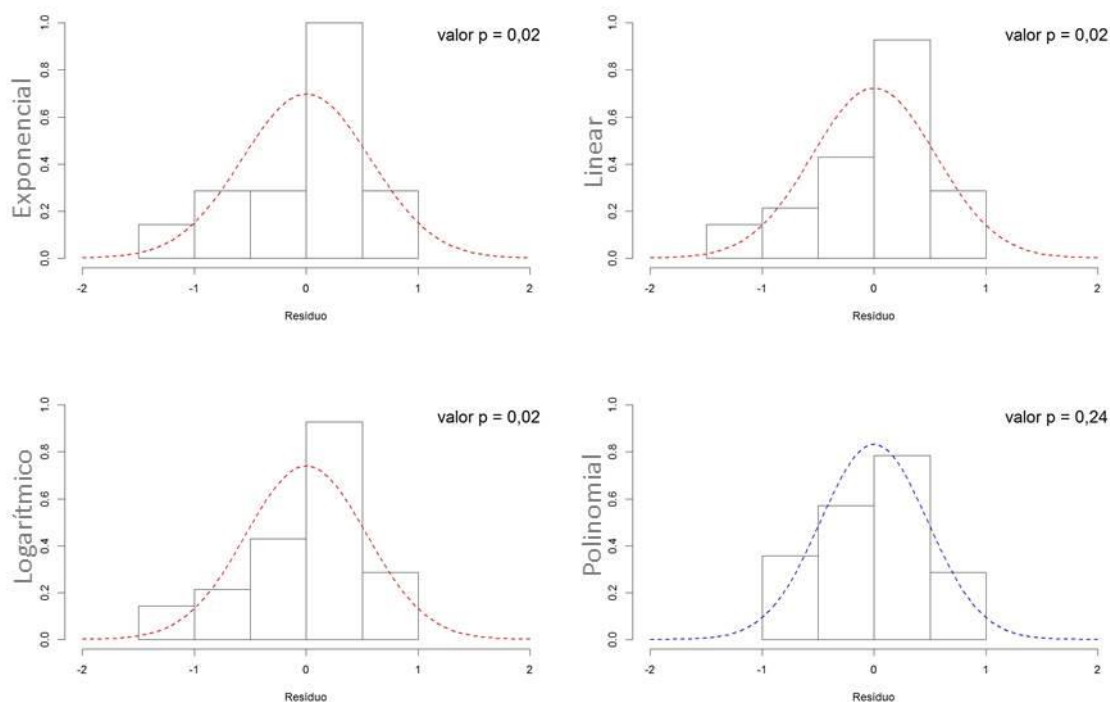


Figura 15 - Representação gráfica da distribuição dos resíduos das equações de ajuste para os modelos gerados para a variável firmeza de polpa com os respectivos valores p para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, para maçãs 'Maxi Gala' cultivada em Vacaria, B Brasil, sobre porta-enxerto M.9, em função do índice de diferença da absorbância (I_{DA}), 2017.

