

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MAGNÓLIA LOURENÇO DA SILVA NETA

**RECOMENDAÇÃO DE ESPECTRÔMETROS NIR
PORTÁTEIS PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE
MANGAS ‘KEITT’ PRODUZIDAS NO SUBMÉDIO DO VALE
DO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito final à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. PhD. Sérgio Tonetto de Freitas

Coorientador: Dr. Emanuel José Nascimento Marques

PETROLINA / PE

2019

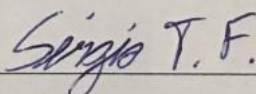
S586r	<p data-bbox="367 1240 782 1276">Silva Neta, Magnólia Lourenço da</p> <p data-bbox="367 1310 1203 1478">Recomendação de espectrômetros NIR portáteis para monitoramento da qualidade de mangas “Keitt” produzidas no submédio do Vale do São Francisco. / Magnólia Lourenço da Silva Neta ; orientador Sérgio Tonetto de Freitas . -- São Cristóvão, SE, 2019.</p> <p data-bbox="399 1478 510 1512">75 f. : il.</p> <p data-bbox="367 1545 1203 1612">Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.</p> <p data-bbox="367 1646 1203 1747">1. Tecnologia de alimentos. 2. Manga - Exportação. 3. Espectrometria de infravermelho. 4. Normalização. I. Freitas, Sérgio Tonetto, orient. II. Título.</p> <p data-bbox="414 1814 558 1848">664:634.441</p> <p data-bbox="1021 1780 1093 1814">CDU:</p>
-------	---

MAGNÓLIA LOURENÇO DA SILVA NETA

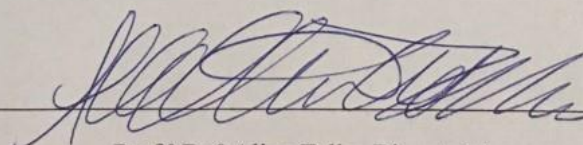
**RECOMENDAÇÃO DE ESPECTRÔMETROS NIR
PORTÁTEIS PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE
MANGAS “KEITT” PRODUZIDAS NO SUBMÉDIO DO VALE
DO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos em 28 de Março de 2019

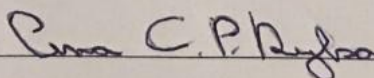
BANCA EXAMINADORA



Prof. PhD. Sérgio Tonetto de Freitas
Orientador / PROCTA - UFS



Prof.^a Dr.^a Aline Telles Biasoto Marques
1º Examinador/PROCTA - UFS



Dr. Ana Cecilia Poloni Rybka
2º. Examinador / EMBRAPA SEMIÁRIDO

PETROLINA / PE

2019

À Deus, aos meus pais, irmão e noivo, dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todo suporte e cuidado em minha vida, agradeço especialmente pela sustentação nessa etapa.

Aos meus pais, Sr. Cristiano Mota e Sra. Simone Mota, por apoiarem e incentivarem todas as decisões por mim tomada; obrigada pelo suporte nos dias difíceis, sem vocês a minha vida não teria sentido.

Ao meu irmão, Ivaldo Neto, meu caçulinha, pelos momentos de lazer e diversão. Sigo sendo seu exemplo.

Ao meu noivo, Reinan Viana, por estar ao meu lado, dando apoio, amor e estabilidade; obrigada por ser compreensivo e incentivador. Você é meu ponto de paz.

Ao meu orientador, PhD. Sérgio Tonetto, por ter me aceito com sua orientada, por todo conhecimento e ensinamentos transmitidos, pela paciência e humanidade, pelo incentivo e por acreditar em mim, obrigada!

Ao meu coorientador, Dr. Emanuel Marques, que mesmo com seu tempo super corrido, procurava sempre encontrar uma forma de sanar minhas dúvidas e de ser presente; obrigada também por ter me apresentado a Quimiometria.

A EMBAPA SEMIÁRIDO, pelo apoio e incentivo a pesquisa.

Ao Programa de Ciência e Tecnologia de Alimentos, por toda disponibilidade e suporte fornecidos. Tenho muito orgulho de ser fruto do programa.

À CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa.

Aos meus professores do PROCTA, em especial a Prof^ª Dra. Patrícia Beltrão e Prof^º Dr. Marcelo Carnelossi, pela supervisão durante o estágio docência e por todo conhecimento transmitido.

As minhas amigas de curso Débora Félix, Helisvanhah Gretta e Tamna Guedes, pelas horas de estudos e análises, pelo apoio e por todo momento que tivemos juntas.

A empresa AGRODAN, pelo apoio a pesquisa e concessão das amostras.

À Ítala Guimarães e João Vilvert, pelos dias intensos que passamos na fazenda, por todo suporte durante a realização das análises e por tornarem tudo mais fácil, obrigada!

À Ianca Carneiro e Bárbara Sobreira, pelo suporte durante o desenvolvimento do estudo.

Ao pessoal do laboratório de fisiologia e tecnologia pós-colheita e do laboratório de análise sensorial da Embrapa Semiárido, pelo suporte.

À Prof^a Dra. Rita Nassur, pelo suporte e disponibilidade durante a realização das análises sensoriais.

As bolsistas da Prof^a Dra. Rita Nassur, e ao pessoal do laboratório de Tecnologia de Alimentos da UNEB, por todo suporte durante a análise sensorial.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse estudo.

Gratidão!

SILVA NETA, M. L. da. Recomendação de espectrômetros NIR portáteis para monitoramento da qualidade de mangas “Keitt” produzidas no Submédio do Vale do São Francisco. [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2019.

RESUMO

No Brasil a exportação de manga tem aumentado significativamente, sendo esta responsável por um elevado giro de capital. O mercado consumidor vem se tornando cada dia mais seletivo e exigente, com isso busca-se sempre a melhor fruta, o que leva ao desenvolvimento de métodos para avaliar e monitorar padrões de qualidade nos frutos desde a colheita até o consumidor. Entre os parâmetros mais importantes na definição da qualidade de consumo de mangas está o teor de matéria seca (MS). Desta forma, este trabalho teve como objetivos avaliar o desempenho de diferentes espectrômetros NIR portáteis para a determinação de parâmetros de qualidade em mangas ‘Keitt’ no momento da colheita selecionar o equipamento mais apropriado para esta finalidade; e determinar a faixa ideal de MS que os frutos devem possuir no momento da colheita, considerando o tempo de transporte e a aceitação dos consumidores. Neste estudo, foram utilizados três espectrômetros portáteis, sendo eles F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos), que permite o registro de dados na faixa espectral de 400 a 1100 nm; Telspec (Telspec, Estados Unidos), que permite o registro de dados na faixa espectral de 900 a 1700 nm; e Scio (Consumer Physics, Israel), que permite o registro de dados na faixa espectral de 700 a 1100 nm. De acordo com os resultados, todos os três equipamentos apresentam RMSECV relativo ≤ 10 , logo os modelos obtidos foram considerados de alta eficiência e precisão na determinação dos teores de MS em mangas ‘Keitt’ produzidas no Submédio do Vale do São Francisco. Com isso, selecionou-se o espectrômetro F-750, por se adequar as necessidades exigidas no campo. Resultados relacionados a colheita de mangas ‘Keitt’ em diferentes estádios de maturação mostram que frutos colhidos com teores de MS acima de 16% resultam em melhor qualidade com maior intenção de compra e preferência pelos consumidores, quando comparado com as mangas colhidas com menores teores de MS.

Palavras-chave: Keitt. Exportação. Espectrometria NIR. Calibração. Validação Cruzada.

SILVA NETA, M. L. da. Recommendation of portable NIR spectrometers for monitoring the quality of “Keitt” mangoes produced in the São Francisco Valley. [Dissertation]. São Cristóvão: Program Postgraduate Food Science and Technology, Federal University of Sergipe; 2019.

ABSTRACT

In Brazil, the export of mango has increased significantly, being responsible for a high economical income. Consumers have become more selective and demanding, requiring the development of methods and the establishment of reference parameters for quality determination, such as fruit dry matter (DM) content. The objective of this study was to evaluate the performance of different portable NIR spectrometers for the determination of quality parameters in 'Keitt' mangoes at harvest, and to select the most appropriate equipment for this purpose; as well as to determine the optimal DM range that the fruits must have at harvest, taking into account the shipping time and consumer preference. The spectrometers evaluated were F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, United States); that allows the recording of data in the spectral range of 400 to 1100 nm; Telspec (Telspec, United States); that allows the recording of data in the spectral range from 900 to 1700 nm; and Scio (Consumer Physics, Israel); that allows the recording of data in the spectral range from 700 to 1100 nm. According to the results, all three equipments present RMSECV relative to ≤ 10 , so the obtained models were considered of high efficiency and precision in determining the DM content in 'Keitt' mangoes produced in the Submedia of the São Francisco Valley. With this, the F-750 spectrometer was considered the best choice for mango analysis in the field and packing house due to the fact it does not require internet access to be operated, which is a great limitation of the two spectrometers. In addition, 'Keitt' mangoes must be harvested with DM contents above 16% to ensure high consumer quality, increasing purchase intention and consumer preference, compared to mangoes harvested with lower DM contents.

Keywords: Keitt. Export. NIR spectrometry. Calibration. Cross Validation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Morfologia da manga.....	17
Figura 2 - Morfologia das principais cultivares do Submédio do Vale do São Francisco	21
Figura 3 - Manga Keitt	23
Figura 4 - Interdisciplinaridade da quimiometria.....	29
Figura 5 - Escala visual utilizada para classificação dos estádios de maturação de mangas...	33
Figura 6 - Espectrômetro Félix F-750 produce quality meter.	34
Figura 7 - Espectrômetro Tellspec	35
Figura 8 - Espectrômetro Scio version 1.2	35
Figura 9 - Extrator de sucos manual.....	36
Figura 10 - Registro dos espectros utilizando os espectrômetros F-750, Tellspec e Scio.....	42
Figura 11 - Espectro bruto e pré-processado por SNV, provenientes de 200 mangas ('Keitt') intactas, registrados utilizando o espectrômetro F-750.....	43
Figura 12 - Espectro bruto e pré-processado por SNV, provenientes de 200 mangas ('Keitt') intactas, registrados utilizando o espectrômetro Tellspec	44
Figura 13 - Espectro bruto e pré-processado por SNV, provenientes de 200 mangas ('Keitt') intactas, registrados utilizando o espectrômetro Scio	44
Figura 14 - Valores obtidos pelo F-750 pelos métodos de referência versus valores previstos pelos modelos de calibração multivariada (regressão por PLS) nas etapas de calibração (círculos preenchidos) e validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.....	52
Figura 15 - Valores obtidos pelo Tellspec pelos métodos de referência versus valores previstos pelos modelos de calibração multivariada (regressão por PLS) nas etapas de calibração (círculos preenchidos) e validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.....	53
Figura 16 - Valores obtidos pelo Scio pelos métodos de referência versus valores previstos pelos modelos de calibração multivariada (regressão por PLS) nas etapas de calibração (círculos preenchidos) e validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.....	54
Figura 17 - Frequência de consumo de manga.....	59
Figura 18 - Histogramas de frequência dos valores obtidos no teste de intenção de compra, a partir de escala hedônica de 5 pontos para as diferentes faixas de MS, referente a colheita de Março de 2018.....	63

Figura 19 - Histogramas de frequência dos valores obtidos no teste de intenção de compra, a partir de escala hedônica de 5 pontos para as diferentes faixas de MS, referente a colheita de Março de 2018.....63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da manga por 100g de parte comestível. Adaptado.....	21
Tabela 2 - Parâmetros estatísticos relativos aos dados de referência.	46
Tabela 3 - Parâmetros para os modelos de calibração multivariadas desenvolvidas por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) utilizando o espectrômetro portátil F-750.	48
Tabela 4 - Parâmetros para os modelos de calibração multivariadas desenvolvidas por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) utilizando o espectrômetro portátil Tellspec.	49
Tabela 5 - Parâmetros para os modelos de calibração multivariadas desenvolvidas por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) utilizando o espectrômetro portátil Scio.....	50
Tabela 6 - Análise físico-química realizada em mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco em Março de 2018.	57
Tabela 7 - Análise físico-química realizada em mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco em Outubro de 2018.....	57
Tabela 8 - Análise de aceitação de mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para o consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco colhidas em Março de 2018.....	60
Tabela 9 - Análise de aceitação de mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para o consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco colhidas em Outubro de 2018.....	60
Tabela 10 - Somas de ordens das formulações no teste de preferência de ordenação, na colheita de março de 2018.....	61
Tabela 11 – Somas de ordens das formulações no teste de preferência de ordenação, na colheita de outubro de 2018.....	62

ABREVIATURAS E SIGLAS

AT - Acidez Titulável

CP - Cor de Polpa

FP - Firmeza de Polpa

KgF - Quilo Grama Força

MS - Matéria Seca

mm - Milímetro

N - Newtons

NIR - Infravermelho Próximo (*Near Infrared*)

nm - Nanômetro

pH - Potencial Hidrogeniônico

PLS - Mínimos Quadrados Parciais (*Partial Least Squares*)

RMSEC – Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Calibração (*Root Mean Square Error of Calibration*)

RMSECV - Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Validação Cruzada (*Root Mean Square Error of Cross Validation*)

RMSECV r - Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Validação Cruzada Relativo (*Root Mean Square Error of Cross Validation Relative*)

SNV - Variação Normal Padrão (*Standard Normal Variate*)

SS - Sólidos Solúveis

VL - Variável Latente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 MANGICULTURA.....	16
2.1.1 Consumo de manga no Brasil e no Mundo.....	18
2.2 CARACTERÍSTICAS DO FRUTO.....	21
2.2.1 Cultivar Keitt.....	22
2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE.....	24
2.3.1 Matéria Seca.....	25
2.4 ESPECTROMETRIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO - ESPECTROMETRIA NIR.....	26
2.4.1 Quimiometria.....	28
3 OBJETIVOS.....	31
3.1 OBJETIVO GERAL.....	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1 VISÃO GERAL.....	32
4.2 EXPERIMENTO 1 - AVALIAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DE ESPECTRÔMETROS NIR PORTÁTEIS PARA A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE EM MANGA ‘KEITT’ NO MOMENTO DA COLHEITA.....	33
4.2.1 Amostras.....	33
4.2.2 Instrumentação e aquisição espectral.....	34
4.2.3 Análises de referência.....	36
4.2.3.1 Determinação de Matéria Seca (MS).....	36
4.2.3.2 Determinação de sólidos solúveis (SS).....	37
4.2.3.3 Determinação de acidez titulável (AT).....	37
4.2.3.4 Determinação do potencial Hidrogeniônico (pH).....	37
4.2.3.5 Determinação de firmeza de polpa (FP).....	38
4.2.3.6 Determinação de cor de polpa (CP).....	38
4.2.4 Análise de dados e software.....	38
4.3 EXPERIMENTO 2 - DETERMINAÇÃO DA FAIXA IDEAL DE MATÉRIA SECA VISANDO A COLHEITA DE FRUTOS DE BOA QUALIDADE DE CONSUMO E ACEITAÇÃO PELOS CONSUMIDORES.....	39

4.3.1 Amostras.....	39
4.3.2 Instrumentação e aquisição espectral	40
4.3.3 Análises físico-químicas para avaliação da qualidade de consumo dos frutos	40
4.3.4 Teste com consumidores	40
4.3.5 Análise estatística	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 EXPERIMENTO 1 - AVALIAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DE ESPECTRÔMETROS NIR PORTÁTEIS PARA A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE EM MANGA ‘KEITT’ NO MOMENTO DA COLHEITA.....	42
5.1.1 Absorção de radiação NIR em mangas.....	42
5.1.2 Análises de Referência	45
5.1.3 Desenvolvimento dos modelos de calibração multivariadas.....	46
5.1.4 Recomendação do espectrômetro	55
5.2 EXPERIMENTO 2 - DETERMINAÇÃO DA FAIXA IDEAL DE MATÉRIA SECA VISANDO A COLHEITA DE FRUTOS DE BOA QUALIDADE DE CONSUMO E ACEITAÇÃO PELOS CONSUMIDORES	56
5.2.1 Análises Físico-químicas.....	56
5.2.2 Teste com Consumidores.....	58
6 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a cultura da mangueira é uma das atividades agrícolas mais importantes no Brasil, sendo que o país se encontra entre os sete maiores produtores e está na sexta posição no ranking mundial de exportação (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

Neste contexto, o nordeste brasileiro contribui intensamente com o desenvolvimento da fruticultura nacional, sendo o Submédio do Vale do São Francisco responsável por 85% das exportações de manga do país (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017; IBGE, 2017).

Mesmo a cultura da manga sendo de grande importância para o desenvolvimento nacional, existem limitações importantes que precisam ser resolvidas. Dentre estas limitações está a colheita antecipada dos frutos, que tem efeito direto sobre a cadeia produtiva, tendo impacto no consumo e comercialização, além de gerar perdas significativas no mercado interno e externo, pois, pode resultar em frutos de baixa qualidade e impróprios para o consumo (NATIONAL MANGO BOARD, 2008; KIENZLE et al., 2012).

Um estudo feito pela Nacional Mango Board (2008) revela que um grande volume de frutos exportados para os Estados Unidos eram imaturos devido terem sido colhidos antes do estágio ideal de maturação, estes frutos não atingiram a maturidade fisiológica para se desenvolverem fora da planta mãe, sendo assim não amadurecem, permanecendo imaturos até a senescência (SIGRIST, 2004).

O estágio de maturação na colheita é um fator importante na definição da capacidade de amadurecimento e qualidade final dos frutos. Na prática, sabe-se, que muitas vezes o fruto é colhido a partir do conhecimento e da experiência dos produtores, baseado em avaliações visuais quanto ao enchimento dos ombros e tonalidade da casca. Esse conhecimento empírico, resulta na colheita de frutos que não atingiram a maturidade fisiológica, aumentando cada vez mais as perdas pós-colheita. Com isso a busca por métodos precisos e com reduzidas chances de erros, tem crescido nos últimos anos. Esses métodos podem ser utilizados como alternativa para determinar o ponto de ideal da colheita dos frutos. Contudo, mesmo com a existência de métodos objetivos, estes são pouco utilizados, principalmente, por na grande maioria serem métodos destrutivos e/ou de difícil utilização no campo, estimulando a busca por novos métodos precisos e não destrutivos (GENÚ; PINTO, 2002; SIGRIST, 2004; ARAYA et al., 2014).

A manga é um fruto carnudo que pode conter aproximadamente 80% de água e 20% de matéria seca (MS), sendo esta última a fração que representa a quantidade de fotoassimilados e nutrientes acumulados ao longo do crescimento e desenvolvimento dos frutos na planta (LAKSHIMNARAYANA et al., 1970; LÉCHAUDEL et al., 2002).

Desta forma, o acúmulo de MS pode ser utilizado como um padrão de referência para determinar a qualidade dos frutos, sendo o teor de MS definido por fatores genéticos, bem como ambientais das condições de cultivo, os quais contribuem para a composição química do fruto como paredes celulares, açúcares, ácidos, amido, entre outros compostos (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007).

Estudos mostram que a qualidade da manga madura é determinada principalmente pelo teor de MS nos frutos, interferindo assim diretamente no consumo e aceitação pelos consumidores (NASSUR, 2013). Carboidratos de reserva como o amido, o qual é convertido para açúcares durante o processo de amadurecimento, também apresentam um papel importante na determinação da qualidade de consumo e aceitação dos frutos pelos consumidores (SARANWONG et al., 2004; SUBEDI et al., 2007).

Nesse sentido, a espectrometria na região do infravermelho (NIR, do inglês Near Infrared Spectroscopy) vem sendo estudada como uma alternativa eficiente para a avaliação da qualidade de mangas, permitindo a quantificação de alguns parâmetros de qualidade, como: sólidos solúveis (SS), matéria seca (MS), firmeza de polpa (FP), acidez titulável (AT), amido (AM), cor de polpa (CP), entre outros (GUTHRIE; WALSH, 1997; SARANWONG et al., 2001; SARANWONG et al., 2003; MAHAYOTHEE et al., 2004; SARANWONG et al., 2004; SUBEDI et al., 2007; DELWICHE et al., 2008; VALENTE et al., 2009; BETEMPS et al., 2011; JHA et al., 2012; JHA et al., 2014; MARQUES et al., 2016).

Além de permitir uma análise rápida e não destrutiva, a espectroscopia NIR não necessita de preparo de amostras ou o uso de reagentes químicos, se encaixando assim aos parâmetros da Química Verde. Contudo, sua utilização no campo foi restringida, devido às limitações impostas pelo tamanho, custo e deficiência dos espectrômetros existentes no mercado. Com o passar dos anos e com o avanço da tecnologia, novos espectrômetros foram criados, ampliando sua utilização e reduzindo suas limitações. Tornando-se assim uma possibilidade crescente para que as indústrias e os produtores possam analisar e monitorar a qualidade de frutos (SARANWONG et al., 2003; BETEMPS et al., 2011; JHA et al., 2012; JHA et al., 2014).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MANGICULTURA

A manga é originada do Ceilão e regiões do Himalaia, pertencendo à família das Anacardiáceas e espécie (*Mangífera indica L.*) (CAMARGO FILHO et al., 2004).

Mesmo sendo cultivada em diversos países do mundo como México, Brasil, Filipinas, Índia, China, Paquistão entre outros, o processo de propagação foi extremamente lento visto que, a manga apenas alcançou outras terras após ser cultivada por mais de quatro séculos em suas regiões de origem (SILVA, 1999; MURAKAMI, 2003).

A viagem da manga através do mundo deu-se início apenas com a descoberta das rotas comerciais marítimas entre a Europa e a Ásia no início do século XVI, onde foram os navios portugueses que obtiveram o mérito de efetuar esse deslocamento levando a manga inicialmente para as costas leste e oeste da África e trazendo-as logo em seguida para a América. Esta espécie chegou ao Brasil por meados de 1700, posteriormente ao México e de lá seguiu para a Flórida, nos Estados Unidos. Nos dias de hoje a cultura é presente em todos os países da faixa tropical e equatorial do mundo, onde é considerada um dos frutos mais saborosos e consumidos, além de bastante procurado devido seu sabor delicado, aroma prazeroso e elevado valor nutricional (SILVA, 1999; SINGH et al., 2013).

A mangueira é uma planta frondosa de configuração de média a alta sendo capaz de alcançar até trinta metros. Possui copa arredondada, variando entre pouca e densa à volumosa e aberta. Nos plantios contemporâneos o tamanho e a forma da planta se torna definido pela densidade de cultivo e tratos culturais, sobretudo através do sistema de poda usado (LIMA NETO, 2017).

A inflorescência da mangueira possui flores masculinas e flores hermafroditas. Normalmente, a infrutescência é terminal, entretanto, às vezes, pode ser lateral. Além do mais é ramificada e piramidal, mostrando uma quantidade altamente variável de flores, partindo desde centenas até milhares. As flores são minúsculas medindo aproximadamente seis milímetros. O ovário é súpero e unilocular e o estígmate é rudimentar (LIMA NETO, 2017).

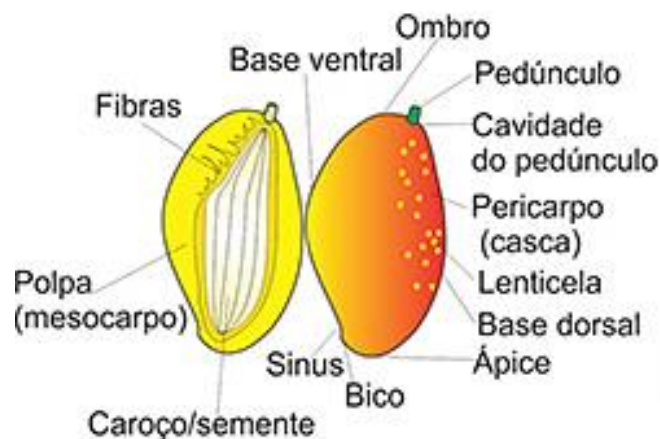
O desenvolvimento vegetativo da mangueira é importante para fornecer uma produção ampla. O período jovial é de cerca de três anos e meio. O florescimento é dependente de uma conciliação de aspectos climáticos, normalmente favorecido por uma associação dentre uma

redução na temperatura e um estresse hídrico. Certas medidas culturais, como a utilização de alguns fito-reguladores e manejo nutricionais, também induzem ao florescimento e são frequentemente utilizadas nos pomares da cultura (SAITO et al., 2006; LIMA NETO, 2017).

O período de desenvolvimento do fruto até a colheita é de cerca de 100 a 150 dias após a fecundação, alternando entre tudo em conformidade com as situações climáticas e, sobretudo com o genótipo (DAVENPORT, 2007; LIMA NETO, 2017).

A manga é uma drupa (Figura 1) e sua forma alterna de arredondado a alongado, podendo pesar algumas gramas até aproximadamente dois quilogramas, dependendo do genótipo. A cor da casca pode ser verde, amarela e/ou vermelha. A polpa é normalmente amarelada, mostrando uma vasta quantidade de sabores e uma variação também muito notória de fibras. Dentro da polpa, situa-se a semente, cuja forma e comprimento também variam conforme o genótipo (LIMA NETO, 2017).

Figura 1 - Morfologia da Manga.



Fonte: BORGES FILHO, 2018.

Por ser um fruto climatérico, a manga pode amadurecer na planta mãe e/ou fora dela, sendo geralmente colhida verde logo após atingir a maturidade fisiológica, a partir de quando pode dar continuidade ao processo de amadurecimento usando apenas os substratos que foram acumulados no decorrer do seu desenvolvimento na planta (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com um período de armazenamento irregular entre a colheita e o consumo, variando entre cultivares e tecnologias de armazenamento, juntamente com as limitações de mercado, além da elevada variabilidade dos aspectos de pré e pós-colheita, a dificuldade de colher frutos com a maturidade fisiológica é grande. Além disso, os diversos pontos que estão inseridos na distribuição dos frutos, cuidados com o mesmo e a aplicação de ações uniformizantes, podem resultar em perdas futuras (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O amadurecimento é a fase do desenvolvimento dos frutos em que acontecem diversas mudanças fisiológicas e bioquímicas que modificam as características organolépticas e sensoriais, promovendo o desenvolvimento do flavor e outras características de qualidade de consumo dos frutos (McATEE et al., 2013).

Em frutos climatéricos como a manga, o fitohormônio etileno é responsável pela regulação do processo de amadurecimento dos frutos, estimulando a síntese de açúcares, degradação da parede celular, degradação da clorofila, entre outras mudanças (OLIVEIRA et al., 2015). Em mangas, a maturação fisiológica acontece na etapa final do desenvolvimento na planta, a partir de quando o fruto adquire a capacidade de amadurecer após a colheita (AKAMINE; GOO, 1973).

2.1.1 Consumo de manga no Brasil e no Mundo

Devido à sua extensão territorial e seus diversos tipos de solo e clima, o território Brasileiro é capaz de desenvolver quase todas as espécies de frutos e hortaliças, permitindo assim o cultivo em várias épocas do ano (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

A produção de frutas como manga, uva, banana, coco e acerola geram aproximadamente um milhão de toneladas por ano, sendo 70% desta produção destinada ao mercado interno e 30% para o mercado externo (BRASIL, 2010).

Atualmente, as tendências do segmento global de itens alimentícios indicam um forte desenvolvimento e enfoque, em produtos naturais não processados como as frutas e hortaliças. Essas tendências são o reflexo da procura por alimentos saudáveis com efeitos benéficos à saúde humana quando do seu consumo frequente (FARIAS; MARTINS, 2002; PINTO et al., 2011).

Além da padronização das práticas de manuseio e transporte do fruto após a colheita, assim como das especificações ditadas pela cadeia de relação comercial (embalagem, transporte, resfriamento e conservação), o produtor tem de se preocupar com a qualidade da manga ofertada no mercado, considerando à aparência e o sabor visando a satisfação dos consumidores de forma a estimular o consumo e a comercialização dos frutos (LIMA; MIRANDA, 2000; LIMA et al., 2016).

O mercado internacional da manga é influenciado pelas características específicas de cada cultivar e pelo histórico de qualidade que o fruto apresenta no decorrer da cadeia de exportação, além desses fatores, os exportadores procuram por cultivares que possam se adequar a vários segmentos de comercialização, desde de o consumo in natura ao processamento. Esse conjunto de características fazem com que a relação comercial da manga mude de maneira rápida e dinâmica tanto no aspecto positivo quanto negativo (PINTO et al., 2011).

O aumento das exportações nos últimos anos confirma a vocação brasileira para a fruticultura, assim o Brasil é um dos países responsáveis pela distribuição das demandas alimentares das outras nações contribuindo com o abastecimento e diminuindo a insuficiência dos cultivos agrícolas. Assim sendo, tanto a população nacional quanto a mundial se beneficiam do potencial brasileiro (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

O Brasil, está no rol dos mais importantes países exportadores de manga do mundo, mesmo que ainda tenha uma contribuição nas exportações mundiais abaixo do seu potencial e de outros países como o México (ARAÚJO et al., 2003).

No Brasil, o Submédio do Vale do São Francisco é responsável por mais de 95% das exportações brasileiras de manga. Esta alta contribuição para as exportações está relacionada a capacidade de produzir manga 12 meses por ano devido as características locais (SILVA et al., 1999; ARAÚJO et al., 2003).

A produção de manga no Submédio do Vale do São Francisco acontece em diversos períodos do ano, porém ocorre estrategicamente nos meses de excelentes possibilidades de produção e exportação que são entre julho e dezembro, quando encerra a produção mexicana que é exportada para os Estados Unidos e Europa. Outra janela de produção e exportação acontece em pequeno volume no primeiro semestre para a Europa (LOPES et al, 2008; MURAKAMI, 2003).

Sabe-se que o Brasil está entre o sexto e o sétimo maior exportador mundial de manga. Embarcou 156.337 toneladas em 2015, com fluxo de US\$ 184.342.375 milhões. Em 2016, constatou-se que foram exportadas 154.211 toneladas (-1,36%), com negócios na ordem de US\$ 179.932.100 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

Em 2017, no Brasil, houve um excelente desempenho da manga nos mercados internos e externos, sendo que os volumes comercializados crescem a cada ano, e os embarques para exportação atingem números impressionantes somando recorde de volume de 179 mil toneladas, e de receita de aproximadamente US\$ 205 milhões. Em 2018, houve um crescimento de aproximadamente 6% na área cultivada, sendo a projeção para 2019 de mais aumento na produção (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018).

2.2 CARACTERÍSTICAS DO FRUTO

Atualmente, a manga é uma das mais notáveis frutas tropicais presente na mesa e na dieta alimentar devido sua composição nutricional (Tabela 1). O consumo de manga pode variar entre 1,2 à 2,5 kg/per capita/ano; seja na sua forma fresca e/ou como produtos derivados, tais como polpa, suco, néctar e geleia (CANUTO et al., 2009; PINTO, 2002; MARTIM, 2006).

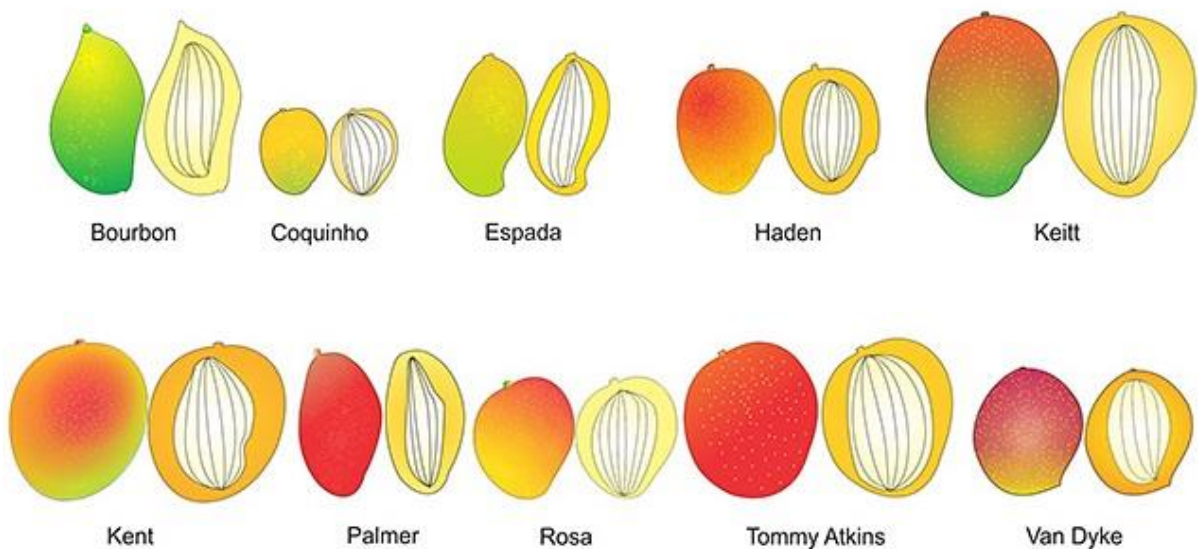
Tabela 1 - Composição da manga por 100g de parte comestível. Adaptada.

FRUTA	Caloria (cal)	Água (g)	Prot. (g)	Fibra (g)	Cálcio (mg)	Fósf. (mg)	Ferro (mg)	Vit. A (mg)	Vit. B2 (mg)	Niacina (mg)	C (mg)
Manga	59	83,5	0,5	0,8	12	12	0,8	2100	0,06	0,4	53

Fonte: FACHINELLO et al, 2015.

Apesar da existência de muitas centenas de cultivares de manga cultivadas (Figura 2) no subcontinente indiano e nas demais partes do mundo, as cultivares mais conhecidos normalmente são extremamente precízes e amadurecem dentro de sete a nove dias depois da colheita à temperatura ambiente (SINGH et al., 2013).

Figura 2 - Morfologia das principais cultivares do Vale do São Francisco.



Fonte: BORGES FILHO, 2018.

Algumas variedades podem possuir vida útil de até dez dias após a colheita quando mantidas em temperatura ambiente, contudo diversas variedade podem atingir vida útil entre quatorze e vinte dias após a colheita sob baixas temperaturas. Porém a elevada susceptibilidade da manga a problemas por frio e doenças pós-colheita estão dentre os mais importantes pontos que limitam a distribuição e comercialização do produto, causando prejuízos à agricultura e ao comércio (YAMASHITA et al., 2001; MIGUEL et al., 2011; SINGH et al., 2013).

Por ser normalmente colhida quando atinge a maturação fisiológica, a manga é avaliada no decorrer do seu armazenamento. Sendo assim possível compreender os efeitos da pré-colheita, para com a maturação da manga e a biossíntese de compostos secundários, precursores ou produtos finais, que é um passo indispensável para elucidar a nutrição e atributos de qualidade aromática (LALEL et al., 2003; LÉCHAUDEL; JOAS, 2007).

Por serem extremamente aromáticas, doces e possuir cor atrativa, a manga é atrativa aos consumidores; outras características nutricionais como ser fonte de vitamina C e carotenoides, além de possuir inúmeros minerais e carboidratos, levam a busca pelo consumo do fruto, gerando assim uma grande importância financeira (JAYARAMAN, 1988; RAMOS et al., 2004).

2.2.1 Cultivar Keitt

Com posição de destaque nos mercados internos e externo, a variedade Keitt (Figura 3) tem elevada procura devido sua versatilidade, podendo ser utilizada desde o consumo in natura como para a indústria de processamento de produção de polpa, suco, geleias, etc., (CEREZAL et al, 1995; SIQUEIRA et al, 1988). Souza et al. (2004) afirmam que a cultivar Keitt possui rendimento de polpa de aproximadamente 79%, quando comparada com outras cultivares como a Tommy Atkins.

De acordo com Cerezal et al (1995), frutos da cultivar Keitt são considerados grandes, podendo pesar entre 600 e 1500 gramas, possuem cor amarelo esverdeada com nuances avermelhadas, polpa amarela intensa, semente pequena. A mangueira 'Keitt' é muito produtiva, com crescimento típico e uniforme, além de possuir ramos longos e abertos, possuindo boa produtividade e sendo mais resistente a doenças.

Figura 3 - Manga Keitt.



Fonte: S.MILANEZ, 2019.

Os frutos de manga ‘Keitt’ possuem formato oval e base arredondada, geralmente possuem de 9 a 11 centímetros de largura e comprimento variando entre 8,5 e 10 centímetros; a casca é densa e resistente, e a semente monoembriônica (SCHNELL et al, 2006).

Segundo Ribeiro et al (2008) ao atingir o estágio de maturação, mangas ‘Keitt’ tem um aumento de massa, firmeza de polpa de 40N, pouca fibra, teor de sólidos solúveis de 18,9% a 22% e acidez titulável de 0,31%, além de possuir uma vida útil entre 16 e 20 quando armazenados sob temperatura ambiente.

Quando comparada com outras cultivares, a Keitt é considerada tardia e com elevada concentração de sólidos solúveis, sendo ainda resistente à antracnose, as injúrias por frios e ao transporte, além de ser bem produtiva (EMBRAPA, 2018; SCHNELL et al., 2006).

2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE

Estudos têm sido realizados para definir a qualidade final de mangas ao âmbito do consumidor, sendo esses em geral focados entre a maturidade na colheita e os cuidados e pontos críticos na pré e pós-colheita (HOA et al., 2002; NUNES et al., 2007).

Como qualidade de frutos, entende-se a junção de diversos atributos intrínseco e extrínsecos, como a textura, doçura, acidez, aroma, vida útil e valor nutricional, bem como como outras características físicas e químicas (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007).

Do aspecto de compreensão da qualidade do fruto, é essencial compreender como os aspectos pré-colheita influenciam o desenvolvimento do fruto. As características sensoriais dos frutos são extremamente dependentes da manutenção do equilíbrio entre ácidos orgânicos e açúcares solúveis presentes no fruto, que são caracterizados por ácidos cítrico e málico, sacarose, frutose e glicose, respectivamente (MEDLICOTT; THOMPSON, 1985).

A qualidade também pode ser medida a partir da vida útil da manga que além de variar entre genótipos pode alternar de acordo com as condições ambientais da pré e pós-colheita (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007). Além disto, a vida útil pode ser discutida se tratando de teor de matéria seca, que é de forma direta influenciada pelos carboidratos e água presentes e fornecidos ao fruto no decorrer do seu desenvolvimento (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007).

Inicialmente, a aparência do fruto tem papel fundamental na decisão de compra, sendo que o flavor, o rendimento da polpa e as características sensoriais são apontados como fatores importantes para a seleção e regresso do consumidor, ao supermercado para comprarem a mesma variedade de manga (PINTO, 2002).

Neste contexto, Alves et al. (2000) afirmam que as mangas devem ter condições mínimas exigidas, depois de preparadas, embaladas e armazenadas até o consumo, os frutos devem permanecer - intactos, firmes, com aparência fresca, sadios (livres de qualquer tipo de contaminação ou deterioração), limpos, livres de pragas e danos causados por pragas, sem injúrias mecânicas e/ou pelo frio, isentos de qualquer cheiro ou gosto não característico da fruta.

No Brasil, perdas pós-colheita de frutos podem chegar a 70% do total produzido. Para manga o cenário não muda muito, as perdas são consideráveis, devido à diversos aspectos como, à elevada fragilidade e susceptibilidade da manga à doenças e deterioração fisiológica

devido ao amadurecimento, resultando em perdas quantitativas e qualitativas nos frutos (ASSIS et al., 2004; FISCHER et al., 2009; NEVES et al., 2007).

2.3.1 Matéria Seca

A manga além de ser um fruto carnudo, contém mais de 80% de água, sendo seu comprimento dependente do acúmulo de água e matéria seca no decorrer do desenvolvimento do fruto. A casca, a polpa e a semente portam uma composição específica que se parecem, eles acumulam água e matéria seca em diferentes taxas, em conformidade com a das situações ambientais na quais foram cultivados (LAKSHIMNARAYANA et al., 1970; LÉCHAUDEL et al., 2002; HO et al., 1987).

A matéria seca da manga consiste em carboidratos, sendo 60% desses açúcares e ácidos os quais são responsáveis pelo sabor doce e ácido do fruto (UEDA et al., 2000; MALUNDO et al., 2001).

A quantidade de carboidratos fornecida pela planta para o fruto depende da quantidade produzida na fotossíntese, demanda do sistema foto-dreno e disponibilidade de reservas. Além disso, do ponto de vista da qualidade da fruta, é essencial entender como os fatores da pré-colheita como a maturidade da planta, manejo da cultura, condições ambientais, época do ano, sistema de irrigação e estresse hídrico influenciam o acúmulo de carboidratos e a qualidade final do fruto (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007; BUENO et al., 2017).

O acúmulo de matéria seca é afetado pela oferta de abastecimento de assimilação, e pelas modificações em sua composição componente, havendo a inclusão de paredes celulares, e dos açúcares, ácidos, minerais e amido (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007).

Sabe-se que a determinação do teor de matéria seca é de suma importância para determinação da qualidade de frutos e hortaliças, com isso métodos para a quantificação do teor tem sido buscado com o passar dos anos. O método mais utilizado é a secagem, onde a porcentagem de água é calculada pela perda de peso devido à sua eliminação por aquecimento (CAJAMAR, 2014).

2.4 ESPECTROMETRIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO - ESPECTROMETRIA NIR

A identificação da maturidade fisiológica correta para a colheita de frutos é um desafio e muitas vezes é realizada através de conhecimento empírico e/ou da experiência dos produtores. Em manga, a identificação da maturação de colheita é realizada com base em propriedades visuais dos frutos como a rugosidade e brilho da casca, enchimento e formação do ombro, firmeza da polpa, coloração tanto da casca quanto da polpa e pelo teor de sólidos solúveis. Entretanto, todos esses quesitos são passíveis de erros e falta precisão, levando a colheita de frutos em diferentes estádios de maturação que resulta em mangas com padrões de qualidade heterogêneos (SUBEDI et al., 2007).

Estudos indicam que uma limitação importante da mangicultura é a desuniformidade de amadurecimento dos frutos de um mesmo lote. Esta desuniformidade pode ser superada como uso de métodos mais precisos na determinação da maturação de colheita frutos. Entretanto, a grande maioria dos métodos precisos disponíveis são destrutivos, assim como requerem tempo e mão de obra especializada, dificultando a implantação na rotina de produtores e empresas de manga (SIGRIST et al., 2004).

Com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, as técnicas não destrutivas estão expandindo para a avaliação e monitoramento da qualidade de frutos e hortaliças (PEIRIS et al., 1999). Uma vasta quantidade de técnicas que usam a relação das ondas eletromagnética de radiação e/ou acústicas com a matéria, como por exemplo, ressonância magnética nuclear (RMN), sônica e ultrassom, luz visível, infravermelho e raio-X, são estudadas para que possam ser empregadas na avaliação interna e/ou externa de frutos (PEIRIS et al., 1999).

Em 1800 Friedrich Wilhelm Herschel descobriu a espectrometria do infravermelho próximo. A espectrometria NIR, como costuma ser conhecida, que explora as características da luz nos comprimentos de onda dentre 700 e 2500 nm (OSBORNE, 2000).

A primeira vez que a espectrometria NIR foi utilizada na agricultura foi por Norris em 1964, para analisar umidade em grãos. A partir de então, tem sido utilizada para análise rápida de umidade, teores de proteínas e de gordura, assim como em uma vasta diversidade de produtos alimentícios e agrícolas (NICOLAI et al., 2007).

Como a propagação do NIR em frutas e hortaliças altera em relação às características físicas e químicas dos tecidos descobriu-se que a espectroscopia NIR poderia ser utilizada para

medir tais características, como por exemplo, firmeza, teores de açúcares, problemas internos e chegando até mesmo aos atributos sensoriais (MEHINAGIC et al., 2004).

Uma grande vantagem no uso da espectroscopia NIR é a praticidade em determinar diversos parâmetros de qualidade de forma não-destrutiva em apenas alguns segundos. Esta técnica baseia-se na medição de óptica, correlacionada, com as características físico-químicas, como também as características do material que têm uma correlação suficientemente elevada com a qualidade característica de interesse. Este método pode ser utilizado na avaliação dos parâmetros físico-químicos, disponibilizando assim diversos benefícios, como a possibilidade de determinar e monitorar a qualidade de um grande volume de frutos em tempo real sem a necessidade de destruí-los (NICOLAI et al., 2007; PEIRIS et al., 1999).

Peiris et al. (1999) afirmam que as técnicas NIR podem adquirir medidas eficientes para a avaliação do teor de sólidos solúveis (SS) e matéria seca (MS) de frutos e hortaliças. O teor de sólidos solúveis e matéria seca são parâmetros de qualidade importantes para determinar a maturidade qualidade de consumo de frutos como mangas.

Inúmeros fatores são alterados e modificados no fruto no decorrer da sua vida útil, sendo assim diversos atributos interferem na qualidade trazendo assim a necessidade de classificação para a padronização. Mudanças nos níveis dos atributos também podem haver dentro de uma constituinte analisada no fruto. Se houver pouco ou nenhuma variabilidade da constituinte, na metodologia de reflexão NIR, o volume ou o posicionamento da região de coleta não influenciará a equação de ajuste (PEIRIS et al., 1999).

A espectroscopia de infravermelho próximo envolve transferência de energia entre a luz e a matéria, as quais caracteriza-se por sobretons e combinação de bandas de vibrações moleculares fundamentais, sendo estas provenientes principalmente de específicos grupos orgânicos, como por exemplo, C-H que pertence aos grupos metileno, metoxi, carbonil e aromáticos, O-H que pertence a hidroxila e N-H que pertence à amidas primárias e secundárias, aminas primárias, secundárias e terciárias, além dos sais e complexos orgânicos (WORKMAN, 1996; VALDERRAMA, 2005; XIABO et al., 2010).

Como todo método de análise para checar a qualidade de frutas, a espectrometria NIR, também possui deficiências, sendo a principal delas a necessidade de calibração, o que se deve ao fato de que os instrumentos utilizados necessitam de calibrações específicas para cada

parâmetro e cada genótipo produzido em determinadas condições de cultivos (NOFERINI et al., 2009).

A calibração de um espectrômetro NIR, consiste em coletar espectros das amostras dos produtos e construir equações de calibração para relacionar essas informações espectrais com as características de qualidade físico-químicas dos frutos. As equações de calibração são obtidas por meio de técnicas quimiométricas, como por exemplo por meio de regressão linear múltipla, regressão de componentes principais, regressão parcial de mínimos quadrados (PEIRIS et al., 1999).

A coleta dos dados é feita em uma região do fruto onde a leitura e obtenção dos dados possa ser padronizada e significativa, uma vez que a varredura avalia apenas uma pequena porção de cada unidade de produto individual. A fração da amostra verificada depende do tamanho da amostra, a intensidade da energia fonte, as características ópticas do tecido, e o tamanho e posicionamento da entrada e coleta óptica (PEIRIS et al., 1999).

Segundo Nicolai et al (2007), os modelos de calibração são construídos baseados em uma vasta quantidade de dados considerando as diferentes condições operacionais sobre a cultura utilizada, assim como a espécie e a cultivar, além das condições climáticas e agrícolas.

Desta forma, o modelo deve ser construído e validado pela utilização de muitas amostras, visando ser representativo de uma população. O processo de modelagem é dividido em duas etapas, sendo a primeira a calibração onde os modelos são obtidos e a segunda é a validação onde a predição dos modelos é avaliada (ROGGO et al., 2007).

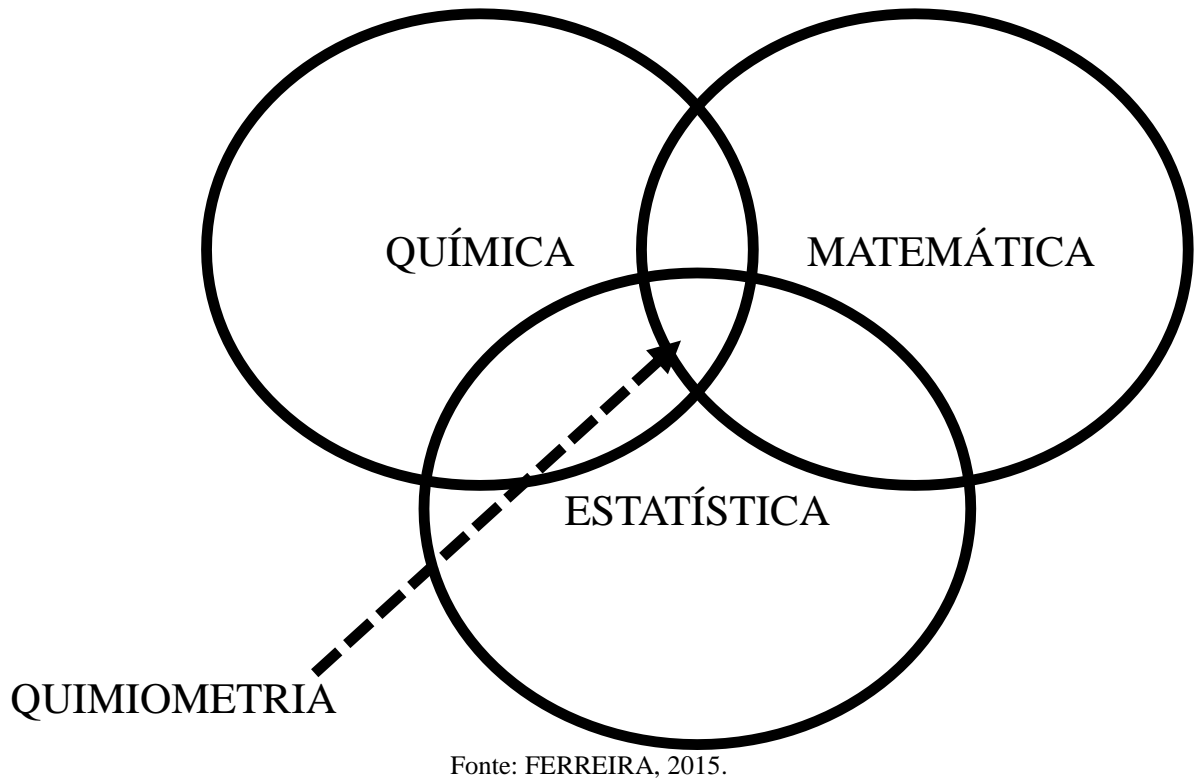
2.4.1 Quimiometria

Segundo Ferreira (2015) o termo quimiometria surgiu pela primeira vez em 1971 sendo usada pelo químico orgânico Svante Wold, o qual foi o responsável pela primeira publicação envolvendo quimiometria em 1972.

A quimiometria nasceu devido a necessidade de uma ferramenta que fosse capaz de analisar dados químicos de natureza multivariadas, originados através da absorção de comprimentos de onda. Esta área do conhecimento teve um rápido desenvolvimento ao longo dos anos devido a necessidade de ferramentas matemáticas e estatísticas (Figura 4) que

pu dessem converter um elevado conjunto de dados em informações aplicáveis (FERREIRA, 2015; FERREIRA et al., 1999).

Figura 4 - Interdisciplinaridade da Quimiometria.



Ferreira (2015) afirma que são muitas as definições que podemos encontrar na literatura sobre quimiometria, sendo a primeira delas a definição oficial estabelecida pela Sociedade de Quimiometria, onde temos que a quimiometria é a aplicação de ferramentas matemáticas e estatísticas à química. Quimiometria é a disciplina química que usa métodos matemáticos e estatísticos para planejar ou otimizar procedimentos experimentais e extrair o máximo de informação química relevante, através da análise dos dados. Desta forma a quimiometria é todo o processo no qual os dados são transformados em informações para a tomada de decisões.

A quimiometria é considerada umas das áreas mais recentes da química analítica, desde o surgimento até os dias atuais métodos vêm sendo desenvolvidos para tornar possível o processamento e interpretação de dados. Devido ao seu crescimento, novas ferramentas para tratamento de dados foram desenvolvidas, variando de acordo com as aplicações, seja, para a

otimização de processos ou para a classificação de dados. Assim, a quimiometria foi dividida em diversas áreas de pesquisa, sendo uma das mais importante a construção de modelos, que é denominada de calibração multivariada (OTTO, 1999; BRERETON, 2000).

Calibração é uma série de operações que de forma específica estabelecem uma relação entre as medidas instrumentais e os valores para um parâmetro de interesse. Um modelo de calibração, representa uma função matemática que relaciona duas variáveis, a x que corresponde a matriz espectral e a y que são os valores de referência (VALDERRAMA, 2005).

Na calibração multivariada, várias leituras espectrais são relacionadas com o parâmetro de referência de interesse. Esse método possibilita a análise mesmo com a presença de interferentes, desde que estes estejam presentes nas amostras utilizadas para a construção do modelo de calibração. A resposta espectral obtida é representada em forma de matriz, enquanto o parâmetro analisado e determinado por uma metodologia padrão existente, é representada por um vetor (MARTENS; NAES, 1996; VALDERRAMA, 2005).

Valderrama (2005) afirma a necessidade da utilização de métodos para o ajuste linear entre as variáveis na realização da calibração multivariadas, entre esses métodos os mais empregados são regressão linear múltipla (MLR), regressão por componentes principais (PCR) e regressão por mínimos quadrados parciais (PLS). A PLS (do inglês, Partial Least Squares) é o método de regressão mais utilizado para a construção de modelos de calibração multivariadas. Esse método não exige nenhuma análise exploratória, nem a previsão de amostras interferentes, desde que as mesmas estejam presentes na construção do modelo (BRERETON, 2000).

O método de regressão por PLS forma um modelo que sofre uma pequena modificação para busca a máxima covariância entre a matriz \mathbf{X} e o vetor \mathbf{y} , gerando assim a variável latente (VL). A regressão por mínimos quadrados parciais aplica o conceito de modelo inverso (propriedade como função da resposta instrumental) modificando as variáveis originais por um subconjunto de variáveis latentes dos dados originais (OTTO, 1999; BEEBE; KOWALSKI, 1987; BEEBE et al., 1998).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de diferentes espectrômetros NIR portáteis para a determinação de parâmetros de qualidade em mangas da cultivar Keitt no momento da colheita, e selecionar o equipamento mais apropriado para esta finalidade; e determinar a faixa ideal de MS que os frutos devem possuir no momento da colheita para serem exportados ou comercializados no mercado interno, considerando o tempo de transporte e a aceitação dos consumidores.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir e validar modelos de calibração multivariados para determinação de parâmetros de qualidade (MS, AM, SS, AT, pH, FP e CP) em mangas intactas da variedade Keitt, utilizando diferentes espectrômetros NIR portáteis;
- Selecionar o espectrômetro NIR portátil mais eficiente (com base na relação entre custo e desempenho), dentre os equipamentos avaliados, para realizar a determinação do teor de MS, em mangas da cultivar Keitt;
- Utilizar o espectrômetro selecionado para realizar a determinação de MS no momento da colheita de frutos que foram utilizados em testes com consumidores e submetidos a análises físico-químicas para avaliação da qualidade de consumo;
- Realizar testes de aceitação com consumidores para avaliar a qualidade de consumo de mangas da cultivar Keitt colhidas com diferentes teores de MS, visando a definição da melhor faixa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi desenvolvido na Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, nos laboratórios de Pós colheita e de Enologia (referente à parte sensorial), e no Laboratório de Tecnologia em Alimentos da Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro-BA.

4.1 VISÃO GERAL

O presente trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira, mangas ‘Keitt’, produzidas em um pomar comercial na região do Submédio do Vale do São Francisco, foram colhidas no estádio de maturação utilizado comercialmente e foram armazenadas à 20°C por 21 dias, no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE. No momento da colheita e durante o armazenamento os frutos foram analisados empregando-se diferentes espectrômetros NIR portáteis e então submetidas as análises físico-químicas para MS, SS, AT, pH, FP e CP. Os dados obtidos foram utilizados para a construção de modelos de calibração multivariados. O desempenho preditivo dos modelos de calibração construídos com dados provenientes dos diferentes espectrômetros NIR portáteis foram comparados, permitindo selecionar o equipamento mais apropriado para realizar a determinação dos parâmetros de qualidade nos frutos avaliados.

Na segunda etapa, mangas ‘Keitt’, produzidas em um pomar comercial na região do Submédio do Vale do São Francisco, foram colhidas em diferentes faixas de MS determinada de forma não destrutiva por meio do espectrômetro selecionado na etapa anterior. Depois da colheita, os frutos foram levados ao laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, onde foram higienizados com água corrente, secos e armazenados a 12°C. Após o amadurecimento, os frutos foram submetidos a análises físico-químicas para determinação de MS, SS, AT, pH, FP e CP, e testes de aceitação com consumidores. Os dados obtidos nesta etapa do estudo foram utilizados para definir a faixa ideal de MS que os frutos devem possuir no momento da colheita visando a melhor aceitação pelos consumidores.

4.2 EXPERIMENTO 1 - AVALIAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DE ESPECTRÔMETROS NIR PORTÁTEIS PARA A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE EM MANGA 'KEITT' NO MOMENTO DA COLHEITA

4.2.1 Amostras

Mangas 'Keitt' foram colhidas em março de 2018 em pomar comercial localizado no polo de fruticultura irrigada da região do Submédio do Vale do São Francisco.

Foram colhidos cerca de 100 frutos nos estádios de maturação de 1 a 5, sendo 30 frutos no estágio de maturação 1 e 70 frutos no estágio de maturação 2, conforme descrito por Santos et al. (2008) (Figura 5). O estágio de maturação 2 corresponde ao utilizado comercialmente pelos produtores, enquanto os estádios 1 e 5 correspondem a períodos de maturação menos e mais avançados, respectivamente.

Figura 5 - Escala visual utilizada para classificação dos estádios de maturação de mangas.



Fonte: SANTOS et al, 2008.

Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, onde foram lavados, secos e identificados e mantidos em temperatura de 20°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) por 21 dias. A identificação ocorreu de modo que os frutos pudessem ser avaliados em seus dois lados separados, ou seja, cada lado do fruto foi tratado com uma amostra, independente, totalizando assim no total de 200 amostras.

No dia seguinte foram analisados 35 frutos, sendo 30 do estágio de maturação 1 e 5 do estágio de maturação 2.

Em seguida foi estabelecido que a cada cinco dias cinco frutos seriam avaliados, assim foi possível avaliar os frutos em diferentes estádios de maturação ao longo do processo de amadurecimento. Ao total os frutos foram avaliados em um período de 21 dias.

4.2.2 Instrumentação e aquisição espectral

Os espectros foram registrados empregando os seguintes espectrômetros portáteis: (1) F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos), que permite o registro de dados na faixa espectral de 400 a 1100 nm (Figura 6); (2) Tellspec (Tellspec, Estados Unidos), que permite o registro de dados na faixa de 900 a 1700 nm (Figura 7); e (3) Scio (Consumer Physics, Israel), que permite o registro de dados na faixa espectral de 700 a 1100 nm (Figura 8).

Figura 6 - Espectrômetro Félix F-750 Produce Quality Meter.



Fonte: FÉLIX INSTRUMENTS, 2019.

Figura 7 - Espectrômetro Tellspec.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2018.

Figura 8 - Espectrômetro Scio version 1.2.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2018.

Parâmetros como intervalo de aquisição de dados, tempo de integração e tempo de medida foram definidos de acordo com as possibilidades oferecidas por cada equipamento. Os espectros foram registrados em um ponto da região equatorial, sendo o mesmo ponto de leitura para todos os espectrômetros, localizados em cada lado do fruto. As medidas foram realizadas posicionando-se cada espectrômetro diretamente sobre a casca dos frutos.

Os espectros foram registrados em temperaturas médias de 24°C (temperatura do laboratório) e em uma condição de luminosidade em laboratório (após a colheita). A temperatura dos frutos foi determinada empregando um termômetro infravermelho portátil antes da aquisição de cada espectro e variavam entre 22° e 25°C.

4.2.3 Análises de referência

As análises de referência foram realizadas utilizando as regiões dos frutos correspondentes às áreas anteriormente utilizadas para a aquisição dos espectros. Uma amostra com as dimensões aproximadas de 5 x 3 x 1 cm (comprimento x largura x profundidade) foi retirada ao longo da região equatorial de cada um dos lados do fruto. Em seguida estas amostras foram divididas ao meio, onde metade foi utilizada para determinação de MS. E a outra metade foi prensada por meio de um extrator de sucos manual (Figura 9) e a fração líquida resultante foi utilizada para as demais análises físico-químicas.

Figura 9 - Extrator de sucos manual.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2018.

4.2.3.1 Determinação de Matéria Seca (MS)

O teor de MS foi determinado pela diferença entre a massa da amostra úmida e seca. As amostras foram secas em estufa, sob temperatura de 65°C, até atingirem massa constante (AOAC, 2016). Os resultados obtidos foram expressos como porcentagem de MS.

Para o cálculo da MS foi utilizada a equação

$$MS(\%) = \frac{Pf}{Pi} \times 100$$

Onde:

MS - Matéria Seca em porcentagem

Pf - Peso Final da amostra

Pi - Peso Inicial da amostra

4.2.3.2 Determinação de sólidos solúveis (SS)

A determinação de SS foi realizada por meio de um refratômetro portátil digital modelo Pocket Pal-1 (Atago), com compensação automática de temperatura. As leituras foram realizadas utilizando aproximadamente 1 mL de suco filtrado com algodão. Os resultados obtidos foram expressos em °Brix.

4.2.3.3 Determinação de acidez titulável (AT)

A determinação de AT foi realizada por meio da titulação de uma solução composta por 1g de suco da amostra mais a adição de 50 mL de água destilada, com uma solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹, utilizando titulador automático modelo 848 Titrino Plus (Metrohm). Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (m/v) de ácido cítrico.

4.2.3.4 Determinação do potencial Hidrogeniônico (pH)

A leitura do pH foi realizada diretamente na amostra composta por 1g de suco mais a adição de 50 mL de água destilada, utilizando titulador automático modelo 848 Titrino Plus (Metrohm).

4.2.3.5 Determinação de firmeza de polpa (FP)

A determinação da FP foi realizada utilizando um texturômetro digital TA.XT/Plus (Extralab, Brasil), equipado com ponteira de 6 mm de diâmetro. Os resultados obtidos foram expressos em Newtons (N), representando a força necessária para efetuar 10 mm de penetração da ponteira através da polpa dos frutos.

4.2.3.6 Determinação de cor de polpa (CP)

A determinação da CP foi realizada utilizando um colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta). Os resultados obtidos foram expressos em termos dos parâmetros L (luminosidade), C (saturação) e h (tonalidade, ângulo hue).

4.2.4 Análise de dados e software

Inicialmente, foi realizada a técnica Variação Normal Padrão (SNV, do inglês *Standard Normal Variate*) para o pré-processamento espectral no intuito de eliminar problemas relacionados ao espalhamento da luz.

Os modelos de calibração foram desenvolvidos empregando regressão por mínimos quadrados parciais (PLS), relacionando os espectros dos frutos registrados no momento da colheita com os valores de MS, SS, AT, pH, FP e CP, determinados pelos métodos de referência. O número de variáveis latentes utilizadas foi determinado de acordo com o valor da raiz quadrada do erro médio quadrático de validação cruzada (RMSECV, do inglês *Root Mean Square Error of Cross Validation*) na etapa de validação interna, empregando-se o conjunto de amostras de calibração.

Foi aplicado o teste F ao nível de 95% de confiança para comparação entre os valores de RMSECV obtidos pelos diferentes equipamentos utilizados para registrar os espectros.

Os cálculos relacionados às etapas de pré-processamento, seleção de amostras, seleção de variáveis e construção dos modelos de calibração multivariados foram realizados utilizando o software The UnscramblerX versão 10.4 (CAMO, Oslo, Noruega).

4.3 EXPERIMENTO 2 - DETERMINAÇÃO DA FAIXA IDEAL DE MATÉRIA SECA VISANDO A COLHEITA DE FRUTOS DE BOA QUALIDADE DE CONSUMO E ACEITAÇÃO PELOS CONSUMIDORES

4.3.1 Amostras

Mangas ‘Keitt’, produzidas em pomar comercial na região do Submédio do Vale do São Francisco, foram colhidas e identificadas pelos teores de MS determinados de forma não destrutiva por meio do espectrômetro F-750, utilizando o modelo de calibração fornecido pela Agrodan.

As mangas ‘Keitt’ foram colhidas em duas épocas de produção, sendo uma colheita realizada em março e outra em outubro de 2018. Na colheita de março, os frutos apresentaram teores de MS variando de 16% a 23%, enquanto na colheita de outubro, os frutos apresentaram teores de MS variando de 11% a 17%.

Na colheita de março, os frutos foram classificados nas faixas de MS de 16% a 18% (1), 19% a 21% (2) e 22% a 23% (3). Na colheita de outubro, os frutos foram colhidos nas faixas de MS de 11% a 13% (1), 14% a 15% (2), 16% a 17% (3). Estas faixas de matéria seca representam as médias de MS obtidas em cada época de cultivo.

Após a colheita, os frutos foram levados ao laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, onde foram higienizados com água corrente, secos e armazenados a 12°C por 34 dias até atingirem a maturação de consumo com firmeza de polpa entre 20 e 40 N, determinada com o auxílio de um texturômetro TA.XT/Plus (Extralab, Brasil).

Após atingirem a maturação de consumo, amostras de polpa foram cortadas de forma uniforme e colocadas em copos plásticos de fundo branco (100mL) codificados com três dígitos e contendo 35g de amostra. Para cada avaliador foi apresentado um grupo de três amostras em ordem balanceada referentes às três faixas de MS (Macfie et al., 1989).

Ao atingirem o amadurecimento, estes frutos foram submetidos a análises físico-químicas para determinação de SS, AT, pH, FP e CP, e testes de aceitação com consumidores.

4.3.2 Instrumentação e aquisição espectral

Os procedimentos que foram utilizados foram descritos anteriormente no item 4.2.2. Entretanto, nesta etapa do trabalho foi utilizado apenas o espectrômetro NIR portátil selecionado no primeiro experimento.

4.3.3 Análises físico-químicas para avaliação da qualidade de consumo dos frutos

Os procedimentos que serão utilizados foram descritos anteriormente a partir do item 4.2.3 até o item 4.2.3.6.

4.3.4 Teste com consumidores

O Projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética sob **CAAE: 06323119.7.0000.5196**.

O teste com consumidores foi realizado no Laboratório de Enologia da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE e no Laboratório de Tecnologia em Alimentos da Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, sendo as amostras de manga avaliadas por uma equipe composta por 246 consumidores, destes 144 referentes a colheita de março de 2018 e os outros 102 referentes a colheita de outubro de 2018.

Inicialmente os consumidores receberam as fichas e instruções de preenchimento para cada teste aplicado. Foi aplicada uma ficha para identificação do perfil dos consumidores, onde deveriam informar se são consumidores de manga, como costumam e preferem consumir, além da frequência de consumo.

Posteriormente, os consumidores avaliaram as amostras utilizando a escala hedônica de 9 pontos, onde 1 - Desgostei muitíssimo; 2 - Desgostei muito; 3 - Desgostei moderadamente; 4 - Desgostei ligeiramente; 5 - Nem gostei / Nem desgostei; 6 - Gostei ligeiramente; 7 - Gostei moderadamente; 8 - Gostei muito; 9 - Gostei muitíssimo; sendo esta escala utilizada para os atributos de: Aparência e aceitação.

Após a realização do teste de aceitação as amostras foram submetidas ao teste de preferência por ordenação, de acordo com a metodologia recomendada por Dutvosky (2011),

onde cada amostra também foi ranqueada de acordo com a preferência do consumidor, onde nota 1 - menos preferida e 3 - mais preferida.

Em seguida cada consumidor informou a intenção de compra a partir da metodologia descrita em Meilgaard et al., (1991), utilizando a escala hedônica de 5 pontos, onde 1 - certamente não compraria; 2 - possivelmente não compraria; 3 - talvez comprasse / talvez não comprasse; 4 - possivelmente compraria; e 5 - certamente compraria.

As análises sensoriais foram conduzidas em cabines individuais com luz branca, temperatura de $22\pm 2^{\circ}\text{C}$. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SISVAR 5.6 e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%).

4.3.5 Análise estatística

Os resultados encontrados provenientes da escala hedônica foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de Tukey (5%), utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6.

Os resultados obtidos para o teste de Preferência por ordenação foram avaliados segundo método de soma de ordenação de Christensen (Dutvosky, 2011).

Os resultados obtidos para a Intenção de compra foram analisados e apresentados por meio de histogramas de frequência, onde o eixo X foi representado pelos pontos da escala utilizada e o eixo Y pela porcentagem de consumidores.

Os resultados provenientes da avaliação sensorial dos frutos (teste de aceitação com consumidores) foram utilizados para a determinação da faixa ótima de MS que deve estar presente nos frutos no momento da colheita. Esta faixa foi definida com base na frequência de distribuição dos resultados provenientes da escala hedônica (1 - desgostei extremamente; 5 - Nem gostei / Nem desgostei; 9 - gostei extremamente) obtida para cada faixa de concentração de MS avaliada.

No total, foram avaliadas seis faixas de concentração (três em cada época de colheita) para estes parâmetros de qualidade, que foram determinadas previamente no momento em que os frutos foram colhidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXPERIMENTO 1 - AVALIAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DE ESPECTRÔMETROS NIR PORTÁTEIS PARA A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE EM MANGA ‘KEITT’ NO MOMENTO DA COLHEITA

Os espectrômetros F-750 (Figura 10A), Telspec (Figura 10B) e Scio (Figura 10C) foram utilizados para registrar os espectros na região equatorial central dos dois lados de cada fruto.

Em seguida, na mesma área onde foi realizada anteriormente a leitura espectral, foram retiradas as amostras destinadas as análises de referência para a determinação de FP, CP (L, C, h), MS, SS, pH e AT.

Figura 10 - Registro dos espectros utilizando os espectrômetros F-750, Telspec e Scio.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2018.

5.1.1 Absorção de radiação NIR em mangas

Sabe-se que as frutas e hortaliças podem possuir em sua composição até 90% de água, sendo, o restante composto por parede celular, amido, açúcares, proteínas, ácidos orgânicos, nutrientes e outros compostos. Assim, os espectros na região do NIR apresentam grandes e complexas bandas de absorção sobrepostas, que são provenientes de sobretons e vibrações fundamentais atribuídas às ligações O-H, C-H, N-H e S-H (GÓMEZ et al, 2006; GOLIC et al, 2003; NICOLAÏ et al, 2009; MAGWAZA et al, 2012).

Nesse estudo, empregou-se três espectrômetros NIR de fabricantes distintos. Para o F-750 os espectros de absorvância foram registrados e ajustados para a faixa de 750 à 1065 nm; para o Tellspec, os espectros de absorvância foram registrados e ajustados para a faixa de 950 à 1600 nm; e para o Scio, os espectros de absorvância foram registrados e ajustados para a faixa de 750 à 1050 nm.

Os dados espectrais obtidos foram pré-processados por meio da variação normal padrão (SNV, do inglês *Standard Normal Variate*) para a eliminação de efeitos atribuídos ao espalhamento da luz. Essa técnica foi escolhida por ser prática e eficiente, além de preservar o perfil espectral, facilitando a interpretação dos espectros. Em um estudo realizado posteriormente, verificou-se que o pré-processamento realizado por SNV foi similar à outras técnicas de pré-processamento (1ª e 2ª derivadas com filtro de Savitzky-Golay) em relação ao desempenho preditivo dos modelos de calibração obtidos (MARQUES et al, 2016). Os gráficos apresentados nesta seção correspondem aos espectros brutos e pré-processados por SNV (Figuras 13, 14 e 15).

Figura 11 - Espectro bruto e pré-processado por SNV, provenientes de 200 mangas ('Keitt') intactas, registrados utilizando o espectrômetro F-750.

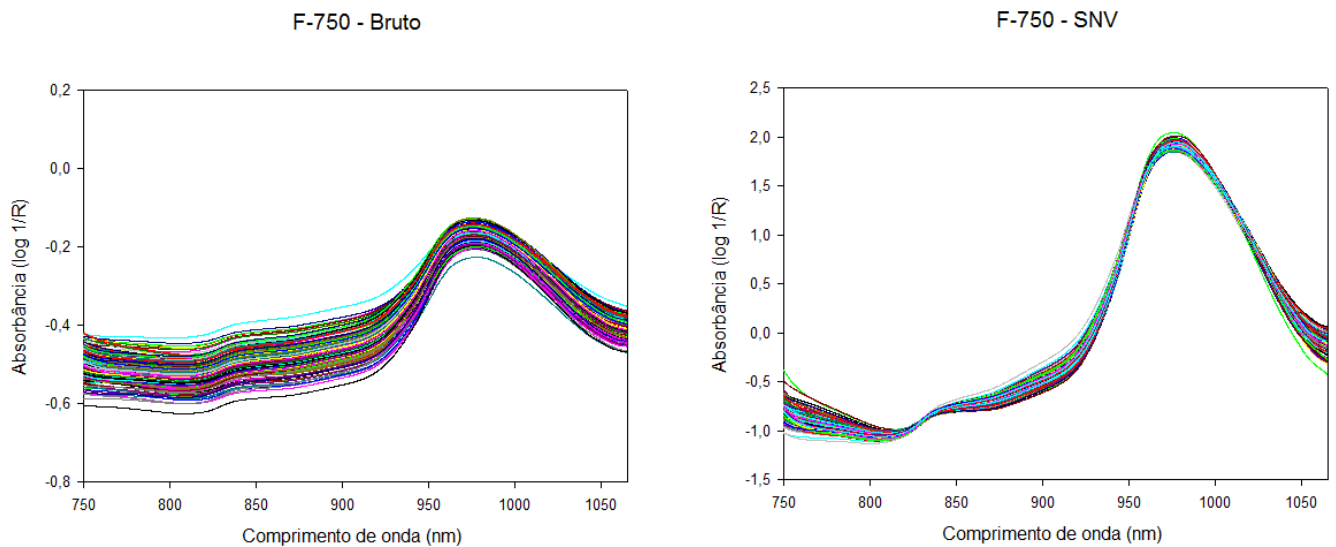


Figura 12 - Espectro bruto e pré-processado por SNV, provenientes de 200 mangas ('Keitt') intactas, registrados utilizando o espectrômetro Telspec.

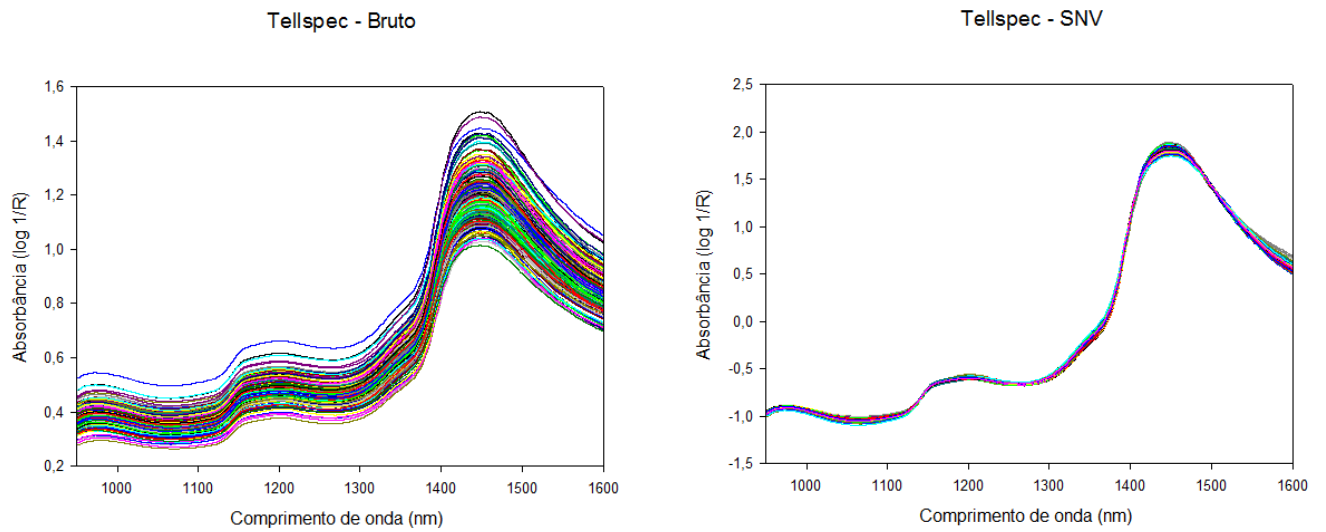
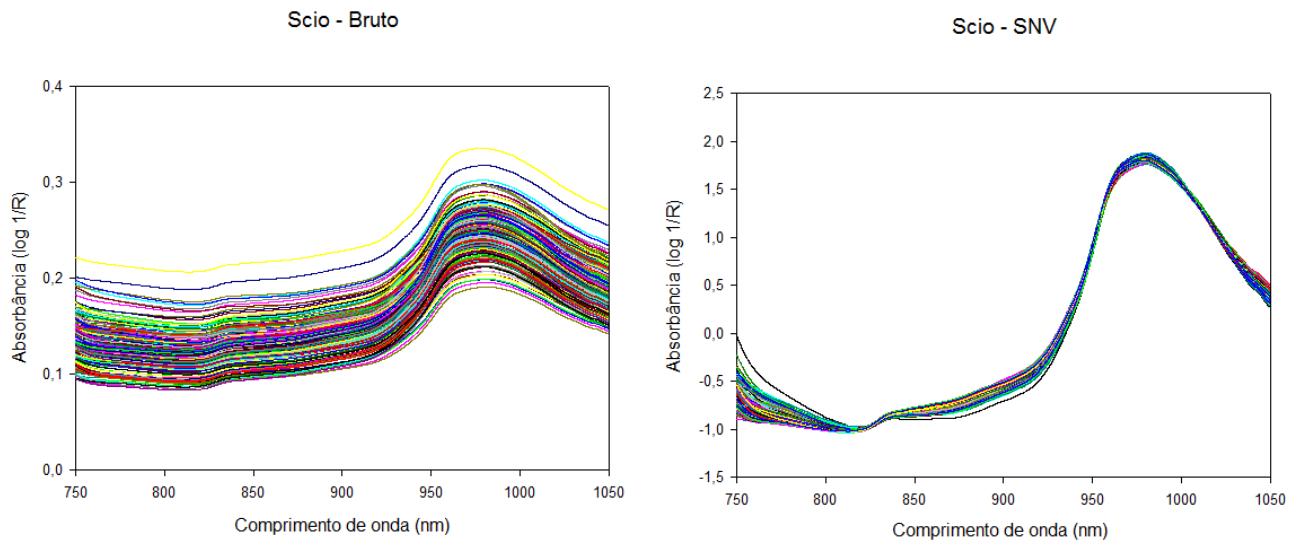


Figura 13 - Espectro bruto e pré-processado por SNV, provenientes de 200 mangas ('Keitt') intactas, registrados utilizando o espectrômetro Scio.



Os instrumentos F-750 e Scio, operam em faixas espectrais muito similares, sendo possível a observação da banda de absorção características da água na região espectral de 970 nm, a qual é atribuída às ligações O-H. Em geral, os carboidratos, amido e açúcares apresentam bandas localizadas em dois pontos nessa faixa espectral, sendo a primeira ao redor de 920 nm, também atribuída às ligações O-H, e a segunda entre 750 e 910 nm, atribuídas às ligações C-H. Os compostos presentes nos frutos possuem bandas de absorção muito próximas as bandas

atribuídas à água, tornando a visualização mais difícil. A presença dos ácidos orgânicos pode ser verificada pela existência de bandas centradas em 800 e 1000 nm, as quais são atribuídas também às ligações de O-H (WEYER; LO, 2002; GOLIC et al, 2003; SUDEBI et al, 2007).

O espectrômetro Telspec opera em uma região do NIR diferente dos outros dois instrumentos. Assim, é possível observar bandas de absorção atribuídas à água em dois pontos distintos, 970 e 1450 nm, sendo estas provenientes de ligações O-H. Os amidos e açúcares, apresentam bandas centradas em 1190 nm, atribuídas às ligações C-H. É possível observar também a presença de bandas provenientes de carboidratos na região espectral entre 950 e 1600 nm, porém estas estão sobrepostas às bandas de água que estão localizadas na região espectral entre 970 e 1450 nm; a mesma sobreposição acontece com os ácidos orgânicos, que apresentam bandas de absorção na região espectral entre 1000 e 1445 nm (WEYER; LO, 2002; OSBORNE et al, 1993).

5.1.2 Análises de Referência

As análises de referência foram realizadas na mesma região dos frutos em que foi realizada a leitura dos espectros. As 200 amostras apresentaram-se heterogêneas em relação à composição físico-química (Tabela 2), evidenciando variações importantes e necessárias para a construção dos modelos de calibração. Isso deve-se ao fato dos frutos terem sido analisados desde o estágio de vez até o maduro. Foram realizadas análises de firmeza de polpa (FP), cor de polpa (CP), matéria seca (MS), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável (AT). Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por Ribeiro et al (2008).

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos relativos aos dados de referência.

Parâmetro de Qualidade	Faixa	Média	DP*	CV(%)**
Matéria Seca (%)	11,95 - 24,87	16,90	2,68	15,90
Sólidos Solúveis (%)	5,6 - 20,3	12,26	4,98	40,62
Ph	2,9 - 6,1	4,59	0,86	18,67
Acidez Titulável (% Ácido Cítrico)	0,07 - 3,16	0,53	0,51	96,55
Firmeza de Polpa (KgF cm ⁻²)	0,09 - 11,16	3,56	3,77	105,75
Cor de Polpa (Parâmetro L)	54,22 - 82,72	67,19	8,00	11,91
Cor de Polpa (Parâmetro C)	31,34 - 96,03	56,54	9,52	16,84
Cor de Polpa (Parâmetro h)	64,03 - 105,21	89,30	7,43	8,32

*Desvio Padrão. **Coeficiente de variação. Foram analisadas 200 amostras (n=200)

5.1.3 Desenvolvimento dos modelos de calibração multivariadas

Os modelos de calibração multivariada foram desenvolvidos a partir de faixas espectrais específicas para cada espectrômetro NIR. Para o F-750 utilizou-se a faixa de 750 a 1065 nm; para o Telspec, a faixa de 950 a 1600; e para o Scio a faixa de 750 a 1050 nm. As regiões espectrais que apresentam ruído significativo não foram utilizadas.

Foram construídos modelos de calibração para a determinação de FP, CP (L, C, h), MS, SS, pH e AT utilizando a técnica de regressão PLS. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que os parâmetros de FP, pH e AT (Tabelas 3, 4 e 5) não apresentaram desempenho preditivo satisfatório. Uma vez que foram obtidos altos valores dos erros médios relativos de validação cruzada (RMSECV relativo entre 12,2 e 64,2) em relação à faixa utilizada para a calibração destes parâmetros, tornando assim a aplicação prática desses modelos inviável. Os parâmetros de CP (L, C e h) avaliados (Tabela 3, 4 e 5), sendo L o indicador da luminosidade, C o representante da saturação e h o indicador de tonalidade (também conhecido como ângulo hue) foram modelados, resultando em modelos com desempenho preditivo satisfatórios (RMSECV relativo ≤ 10). Contudo, apenas o parâmetro h possui aplicação prática, uma vez que esse parâmetro está relacionado com a tonalidade e pode ser utilizado para a definição do estágio de maturação dos frutos, indicando a cor da polpa.

Os valores de RMSECVr (RMSECV relativo, foi calculado pela razão entre o RMSECV e o valor médio de cada parâmetro, multiplicado por 100) gerados para o parâmetro h (CP) são considerados de bons desempenho preditivo, sendo os valores encontrados de 4,0%, 4,3% e 4,3% para o F-750, Telspec e Scio, respectivamente (Tabela 3, 4 e 5).

A MS (Tabela 3, 4 e 5) também apresentou modelos de bom desempenho preditivo (RMSECV relativo ≤ 10) para todos os espectrômetros, os valores de RMSECVr foram de 7,4% para o F-750, 10,9% para o Telspec e 8,4% para o Scio. O desempenho preditivo obtido é similar ao encontrado por Marques et al (2016), onde estes autores utilizaram um espectrômetro portátil, operando na faixa espectral entre 950 e 1650 nm, e obtiveram valores de RMSECVr de 7,4%; e por Saranwong et al (2003), que utilizaram um espectrômetro portátil, operando na faixa espectral entre 600 e 1000 nm, e obtiveram valores de RMSECVr de 7,2%. Em outro estudo, Saranwong et al (2004) utilizaram um espectrômetro de bancada, operando na faixa espectral de 700 a 1100 nm e obtiveram valores de RMSECVr de 7,3%.

Por outro lado, os valores encontrados do RMSECVr para SS (Tabela 3, 4 e 5) foram elevados (RMSECV relativo ≥ 10), 15,7%, 17,6% e 14,9% para o F-750, Telspec e Scio, respectivamente. Os resultados encontrados para RMSEC são maiores quando comparados com os encontrados para SS por Marques et al (2016), nesse caso podendo ser explicado pela diferença nas cultivares. Cada cultivar possui características distintas, sendo a espessura da casca, uma das características mais importantes, pois quanto maior a espessura da casca, menor a penetração da radiação diminuindo assim as informações obtidas sobre a composição físico-química da polpa. A cultivar Keitt possui espessura de casca de aproximadamente 2 mm, enquanto outras cultivares, como por exemplo, a ‘Tommy Atkins’ possui 0,7 mm aproximadamente (MARTIM, 2006).

Tabela 3 - Parâmetros para os modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) utilizando o espectrômetro portátil F-750.

Parâmetro	Unidade	Faixa ^a (Valor Médio) ^b	N ^c	VL ^d	Outliers*	R-Square	RMSEC ^f	RMSECV ^g	RMSECVr (%)**
CP (L)	-	54,22 - 82,72 (67,19)	200	8	5	0,75	3,41	4,00	5,95
CP (C.)	-	31,34 - 96,03 (56,39)	200	6	5	0,63	5,59	5,97	10,59
CP (h)	-	64,03 - 105,21 (89,36)	200	8	4	0,77	3,05	3,58	4,01
FP	KgF	0,09 - 11,16 (3,60)	200	8	5	0,75	1,61	1,90	52,78
SS	%	5,6 - 20,3 (12,26)	200	8	4	0,85	1,66	1,93	15,74
pH	-	2,9 - 6,1 (4,60)	157	5	5	0,57	0,53	0,56	12,17
AT	% Hac.	0,07 - 3,16 (0,53)	156	5	5	0,58	0,31	0,34	64,15
MS	%	11,95 - 24,87 (16,85)	200	6	4	0,79	1,18	1,24	7,36

^a Faixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência. ^b Valores médios para cada parâmetro de qualidade. ^c Número de amostras analisadas. ^d Número de fatores ou variáveis latentes. ^f Erro Quadrático médio da Calibração. ^g Erro quadrático médio da validação cruzada. *Outliers sempre <5% do total de amostras.

**RMSECVr erro quadrático médio da validação cruzada relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

Tabela 4 - Parâmetros para os modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) utilizando o espectrômetro portátil Tellspec.

Parâmetro	Unidade	Faixa ^a (Valor Médio) ^b	N ^c	VL ^d	Outliers*	R-Square	RMSEC ^f	RMSECV ^g	RMSECVr (%)**
CP (L)	-	54,22 - 82,72 (67,28)	200	6	6	0,73	3,87	4,11	6,11
CP (C)	-	31,34 - 96,03 (56,36)	200	6	6	0,55	6,04	6,39	11,34
CP (h)	-	64,03 - 105,21 (89,45)	200	6	6	0,74	3,65	3,85	4,30
FP	KgF	0,09 - 11,16 (3,64)	200	6	6	0,79	1,64	1,74	47,80
SS	%	5,6 - 20,3 (12,18)	200	6	5	0,81	2,02	2,15	17,65
pH	-	2,9 - 6,1 (4,61)	157	6	4	0,48	0,56	0,61	13,23
AT	% Hac.	0,07 - 3,16 (0,54)	156	7	5	0,67	0,29	0,31	57,41
MS	%	11,95 - 24,87 (16,87)	200	8	6	0,52	1,68	1,85	10,97

^a Faixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência. ^b Valores médios para cada parâmetro de qualidade. ^c Número de amostras analisadas. ^d Número de fatores ou variáveis latentes. ^f Erro Quadrático médio da Calibração. ^g Erro quadrático médio da validação cruzada. *Outliers sempre <5% do total de amostras. **RMSECVr erro quadrático médio da validação cruzada relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

Tabela 5 - Parâmetros para os modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) utilizando o espectrômetro portátil Scio.

Parâmetro	Unidade	Faixa ^a (Valor Médio) ^b	N ^c	VL ^d	Outliers*	R-Square	RMSEC ^f	RMSECV ^g	RMSECVr (%)**
CP (L)	-	54,22 - 82,72 (67,27)	200	8	6	0,77	3,4	3,9	5,80
CP (C.)	-	31,34 - 96,03 (56,40)	200	6	5	0,61	5,61	5,99	10,62
CP (h)	-	64,03 - 105,21 (89,39)	200	6	6	0,74	3,53	3,81	4,26
FP	KgF	0,09 - 11,16 (3,60)	200	8	5	0,77	1,6	1,84	51,11
SS	%	5,6 - 20,3 (12,25)	200	8	5	0,87	1,62	1,83	14,94
pH	-	2,9 - 6,1 (4,60)	157	8	4	0,53	0,5	0,57	12,39
AT	% Hac.	0,07 - 3,16 (0,52)	156	7	6	0,65	0,27	0,31	59,62
MS	%	11,95 - 24,87 (16,81)	200	7	4	0,71	1,28	1,41	8,39

^a Faixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência. ^b Valores médios para cada parâmetro de qualidade. ^c Número de amostras analisadas. ^d Número de fatores ou variáveis latentes. ^f Erro Quadrático médio da Calibração. ^g Erro quadrático médio da validação cruzada. *Outliers sempre <5% do total de amostras. **RMSECVr erro quadrático médio da validação cruzada relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

Após a obtenção dos resultados de RMSECV foi aplicado o teste F (nível de significância de 95%) para comparação entre os valores, onde foi possível concluir que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os resultados obtidos por cada espectrômetro NIR para cada parâmetro analisado.

Nas figuras a seguir (Figura 14, 15 e 16), estão expostos os gráficos com os valores obtidos entre as análises de referência e dos valores obtidos pelos modelos de calibração multivariadas, através da regressão por PLS, para os parâmetros de FP; CP (L, C, h); MS; SS; pH; AT, para cada um dos espectrômetros utilizados.

Figura 14 - Valores obtidos pelo F-750 pelos métodos de referência *versus* valores previstos pelos modelos de calibração multivariada (regressão por PLS) nas etapas de calibração (círculos preenchidos) e validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.

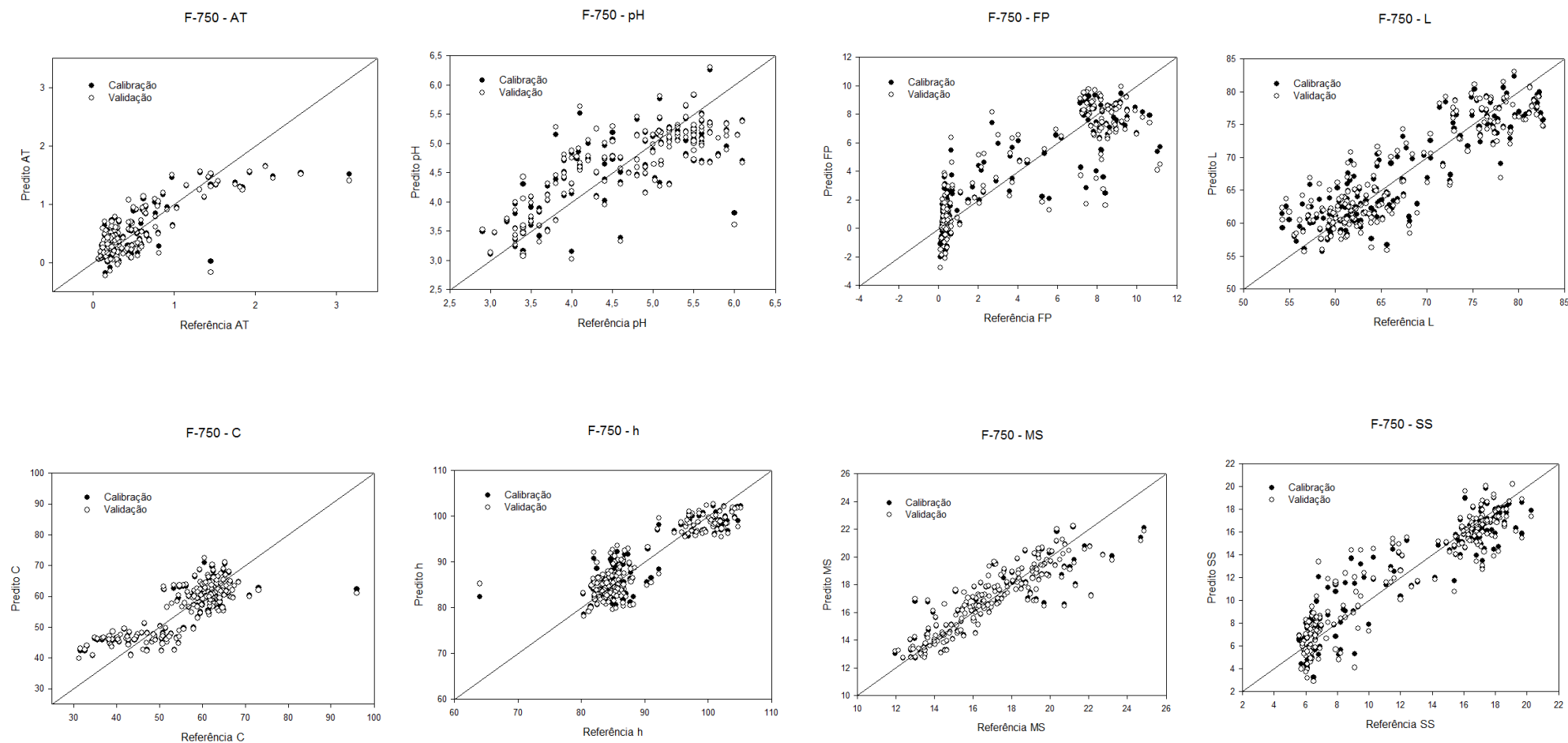


Figura 15 - Valores obtidos pelo Tellspec pelos métodos de referência *versus* valores previstos pelos modelos de calibração multivariada (regressão por PLS) nas etapas de calibração (círculos preenchidos) e validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.

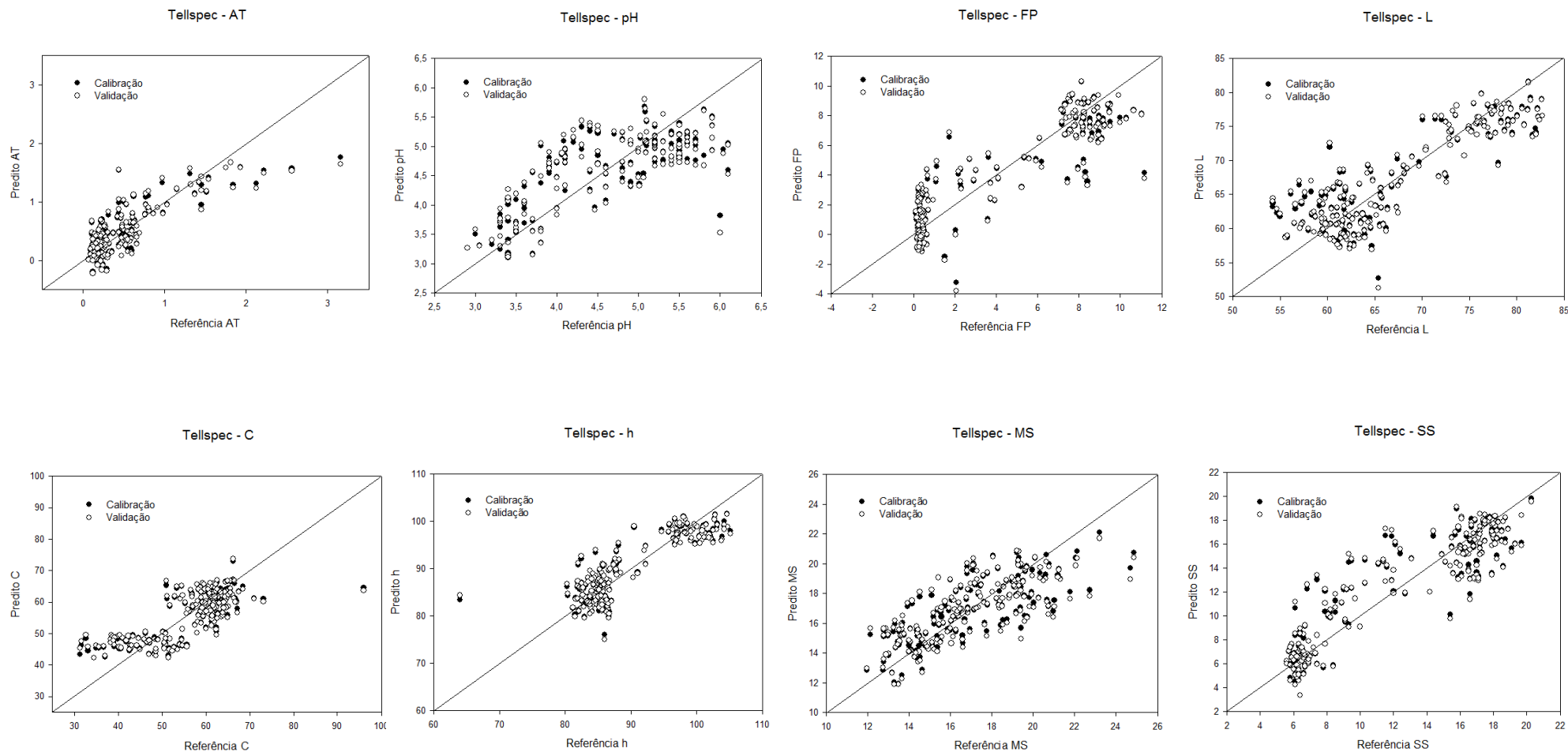
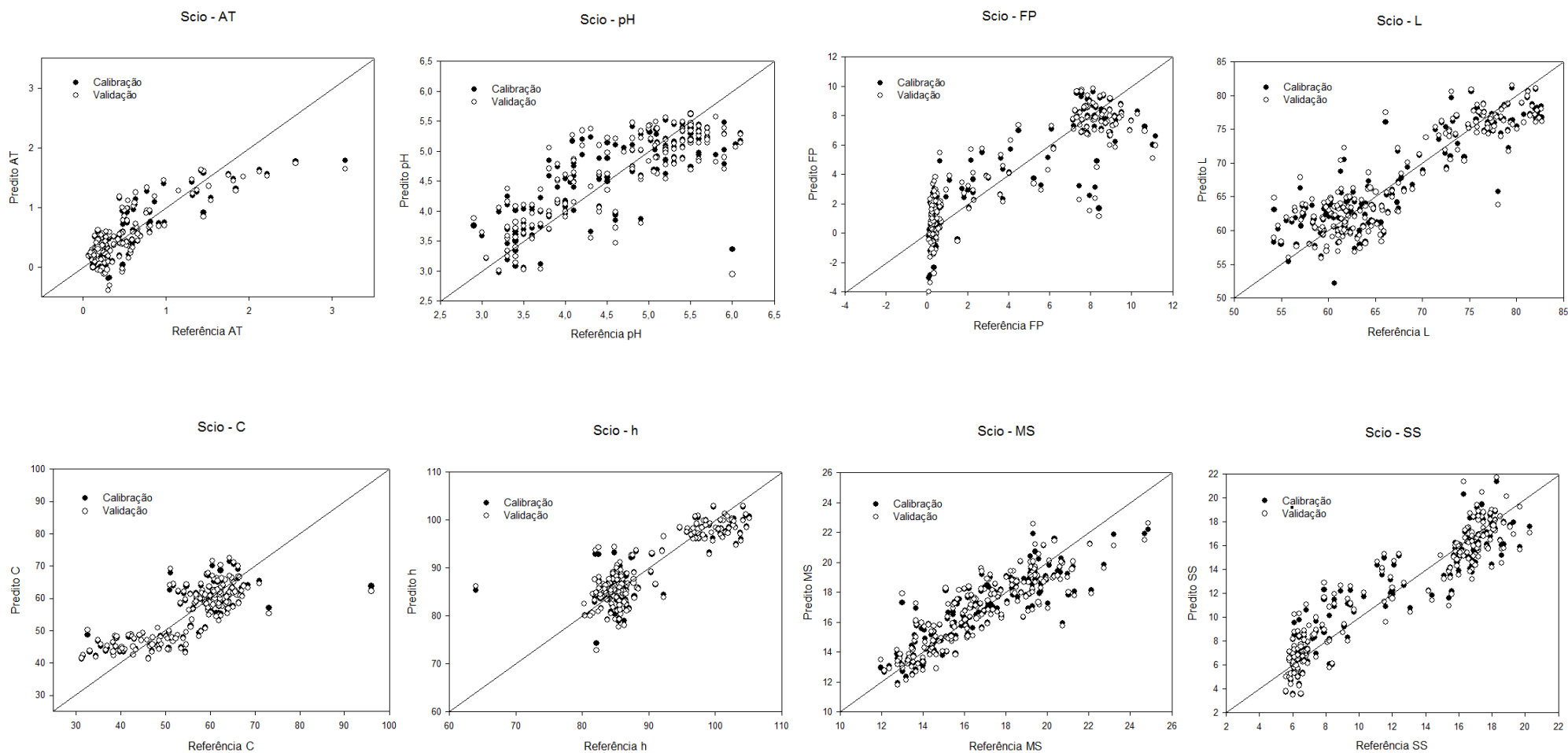


Figura 16 - Valores obtidos pelo Scio pelos métodos de referência *versus* valores previstos pelos modelos de calibração multivariada (regressão por PLS) nas etapas de calibração (círculos preenchidos) e validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.



5.1.4 Recomendação do espectrômetro

A partir dos resultados obtidos na calibração multivariada por regressão PLS, foi realizado o teste F (nível de significância de 95%) para comparação da precisão quantitativa dos equipamentos, concluindo-se que não existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os três modelos de espectrômetros utilizados para a precisão na análise da qualidade de mangas 'Keitt' produzidas no Submédio do Vale do São Francisco.

Nesse caso, para a identificação e recomendação de um equipamento cabe uma análise individual de cada espectrômetro para o custo, eficiência e praticidade na rotina de utilização na agroindústria de manga.

O F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Portland, USA) possui uma leitura rápida de cerca de 5 segundos aproximadamente; com banda espectral entre 310 a 1100 nm; sendo os dados armazenados em cartão de memória; é capaz de realizar o mapeamento quando as leituras forem realizadas em campo; pesa 1,05 kg e custa aproximadamente US\$ 12 mil.

O Tellspec (Tellspec Inc., Toronto, Canada) possui uma leitura que pode levar entre 30 e 60 segundos; com banda espectral entre 900 a 1700 nm; se faz necessária a utilização de internet para a geração dos dados, pois este espectrômetro necessita de um software disponível para os sistemas iOS e Android, os dados são enviados via e-mail após a leitura; pesa 136g e custa aproximadamente US\$ 2400.

O Scio version 1.2 (Consumer Physics, Hod HaSharon, Israel) é um micro espectrômetro; possui uma leitura que pode levar entre 10 e 15 segundos; com banda espectral entre 740 a 1070 nm; se faz necessária a utilização de internet para a geração dos dados, pois este espectrômetro necessita de um software disponível para os sistemas iOS e Android e conexão via Bluetooth, os dados são armazenados no aplicativo; pesa 50g e custa aproximadamente US\$ 950.

Quando comparados os três espectrômetros, foi possível concluir que o F-750 se torna o mais recomendado, pois se adequa a realidade de campo, fornece o mapeamento dos frutos em que foram realizadas leituras, realiza a leitura de forma rápida e eficiente, além de ser um equipamento menos sensível a variações ambientais e não depender da internet para o seu funcionamento, diferentemente do Tellspec e do Scio que necessitam de internet e de um equipamento de suporte onde deve ser instalado seu respectivo software para a realização das leituras espectrais.

5.2 EXPERIMENTO 2 - DETERMINAÇÃO DA FAIXA IDEAL DE MATÉRIA SECA VISANDO A COLHEITA DE FRUTOS DE BOA QUALIDADE DE CONSUMO E ACEITAÇÃO PELOS CONSUMIDORES

Na etapa anterior, o F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Portland, USA) foi escolhido como o espectrômetro mais eficiente, sendo este utilizado para a colheita das frutas que foram destinadas as análises de aceitação do consumidor.

A faixa maior de MS foi observada em frutos colhidos em março, podendo ser explicada pelas condições de maior radiação solar durante o período de crescimento e desenvolvimento dos frutos, comparando com os frutos colhidos em outubro e produzidos nos meses de menor radiação solar. A radiação solar é importante para a atividade fotossintética das plantas sendo responsável pela energia necessária no processo fotossintético pelo qual carboidratos são sintetizados nas folhas e translocados para os frutos.

5.2.1 Análises Físico-químicas

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que não existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) em ambas as épocas de colheita para os parâmetros de CP analisados (Tabela 6 e 7). Este resultado deve-se ao fato das faixas de MS não interferirem diretamente sobre a coloração da polpa, resultados similares foram encontrados por Motta et al (2015) que afirmam não existir relação entre a cor de casca ou polpa e o teor de SS.

Para os demais parâmetros a análise de variância pelo teste Tukey (5%) mostrou existir diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as faixas de MS utilizadas. Sabe-se que o teor de MS presente no fruto é responsável por grande parte das modificações do fruto desde a separação da planta mãe, os resultados encontrados já eram esperados, uma vez que frutos com maiores teores de MS, realizam suas modificações de forma mais uniforme durante o amadurecimento.

Tabela 6 - Análise físico-química realizada em mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco em Março de 2018.

Faixa de Matéria Seca (%)	Cor de Polpa			SS (%)	pH	AT (%)	SS/AT
	L	C	h				
16 a 18	66,68 a*	55,56 a	86,63 a	15,75 b	3,60 a	0,48 a	33,82 a
19 a 21	65,44 a	56,38 a	87,74 a	16,27 b	3,41 a	0,49 a	33,54 a
22 a 23	62,04 a	57,51 a	87,11 a	17,87 a	3,43 a	0,51 a	34,90 a
CV**(%)	5,72	7,30	1,67	6,18	8,13	11,04	15,87

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). **CV, coeficiente de variação.

Tabela 7 - Análise físico-química realizada em mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco em Outubro de 2018.

Faixa de Matéria Seca (%)	Cor de Polpa			SS (%)	pH	AT (%)	SS/AT
	L	C	h				
11 a 13	66,52 a*	55,56 a	86,63 a	9,53 b	3,78 ab	0,45 a	21,33 b
14 a 15	65,44 a	56,38 a	87,74 a	12,40 a	3,82 a	0,38 a	33,07 a
16 a 17	62,04 a	57,51 a	87,11 a	13,32 a	3,63 b	0,43 a	31,73 a
CV**(%)	5,69	7,30	1,67	6,91	2,00	13,99	15,67

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). **CV, coeficiente de variação.

Para o parâmetro de pH, os resultados encontrados mostram que não existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as faixas de MS para a colheita de Março (Tabela 6), e diferença significativa ($p \geq 0,05$) para a colheita de outubro em relação as faixas de Ms analisada. Contudo, os valores obtidos são similares aos encontrados por Bleinroth (1985) que fez um levantamento de diversas cultivares de manga e encontrou valores de pH na faixa de 3,40 a 4,29.

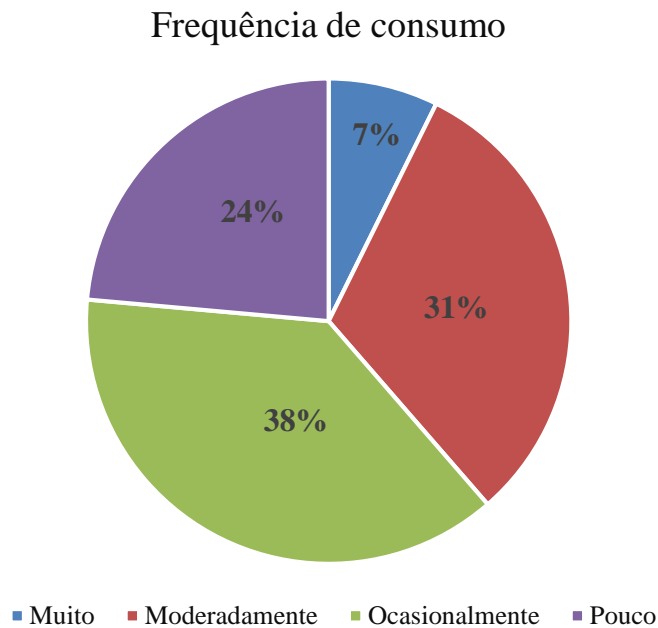
A acidez de um fruto é menor no estágio maduro, quando comparado com estágios de maturação menos avançados. Os resultados obtidos para o parâmetro de AT mostraram não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as faixas de MS em nenhuma das duas épocas de colheita (Tabela 6 e 7), sendo que a maior acidez foi encontrada nos frutos das duas maiores faixas de MS (Tabela 6) correspondente a colheita de Março. Os valores para AT obtidos nesse estudo foram compatíveis com os determinados por Bleinroth (1985) e Gorgatti Netto (1994), sendo que estes concluem que no estágio de maturação maduro diversas cultivares de manga possuem 0,30 a 1,10% de ácido cítrico.

Os teores de SS apresentam diferença significativa ($p \geq 0,05$), entre as diferentes faixas de MS nas duas épocas de colheita (Tabela 6 e 7). Estudos anteriores mostram que quanto maior a MS maior a doçura dos frutos maduros (NASSUR, 2013). Fato este que afirma os resultados obtidos uma vez que os maiores teores de SS foram encontrados na colheita de Março (Tabela 6) onde as faixas utilizadas para a análise possuíam os maiores teores de MS. Além disto, foi observado neste estudo que frutos com maiores teores de MS apresentam amadurecimento mais uniforme, assim como foram mais resistentes a incidência de distúrbios fisiológicos.

A relação entre SS/AT indica o grau de equilíbrio entre o teor de açúcares e dos ácidos orgânicos dos frutos, o que tem um papel fundamental na definição do sabor e aceitação dos consumidores. Durante o processo de amadurecimento, os teores de SS aumentam e a AT diminui aumentando a relação SS/AT o que torna o fruto mais atrativo para os consumidores. Na Tabela 6 referente a colheita de Março, foi possível observar que a razão entre SS/AT mostrou não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$), contudo, na Tabela 7, referente a colheita de Outubro, foi possível observar que a amostra de menor teor de MS diferiu significativamente ($p \geq 0,05$) das outras duas faixas que possuíam teor de MS mais elevado. Isso dá-se ao fato de os teores de MS são as reservas energéticas do fruto, quando mais elevado o teor maior a concentração e uniformidade de reservas energéticas presente nos frutos.

5.2.2 Teste com Consumidores

Os testes foram realizados com 246 julgadores não treinados, sendo desses, 150 mulheres (60,98%) e 96 homens (39,02%), com idades entre 16 e 67 anos, todos consumidores de manga. Participaram dos testes estudantes de graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado; pesquisadores e funcionários da Embrapa Semiárido. 200 consumidores afirmaram preferir consumir a manga in natura (81,30%) e outros 46 preferem consumir refrigerada (18,70). Em relação ao estágio de maturação 73 consumidores preferem a manga de vez (29,67) e 173 preferem consumir a manga madura (70,33). A frequência de consumo pode ser observada na figura 17, onde foi considerada 1 vez de consumo para cada 100 gramas de fruto consumida.

Figura 17 - Frequência de consumo de Manga.

Estudos provam que a MS está diretamente ligada ao grau de aceitação do consumidor, sendo que quanto maior os teores de MS, maior será a aceitação do consumidor para com o fruto. Sabe-se também que frutas com elevados teores de MS possuem maior qualidade de consumo (NASSUR, 2013).

O teor de matéria seca aumenta em frutas e hortaliças durante o crescimento e desenvolvimento e é representado principalmente por carboidratos, como amido, açúcares e polissacarídeos da parede celular (AKANBI et al., 2010; GARCÍA-LUIS et al., 2002). A quebra do amido e parede celular durante o amadurecimento tem um efeito positivo no aumento dos teores de açúcar e da doçura da fruta (GOMEZ et al., 2002; BERNARDES-SILVA et al., 2003).

De acordo com esses estudos, nossos resultados (Tabela 8 e 9) mostram que o conteúdo de MS na colheita é positivamente relacionado s com o teor SS quando madura. Portanto, o alto conteúdo de MS na colheita garante um alto teor de açúcar no fruto maduro, melhorando o sabor e a aceitação pelos consumidores.

Tabela 8 - Análise de aceitação de mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para o consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco colhidas em Março de 2018.

Faixa de Matéria Seca (%)	Atributos	
	Aparência	Aceitação
16 a 18	7,46 a*	7,13 b
19 a 21	7,55 a	7,17 b
22 a 23	7,44 a	7,60 a
CV**(%)	18,95	18,50

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). **CV, coeficiente de variação.

A partir da análise de variância pelo teste Tukey (5%) foi possível observar que, referente a colheita de Março (Tabela 8) o atributo aparência não diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) entre as faixas de MS utilizadas, contudo, para a colheita de Outubro (Tabela 9) foi possível observar diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as faixas utilizadas nessa época, estes resultados já eram esperados uma vez que os teores de MS na colheita de março foram elevados, permitindo que as características sensoriais dos frutos fossem mais realçadas.

Tabela 9 - Análise de aceitação de mangas ‘Keitt’ maduras (prontas para o consumo) produzidas no Submédio do Vale do São Francisco colhidas em Outubro de 2018.

Faixa de Matéria Seca (%)	Atributos	
	Aparência	Aceitação
11 a 13	6,54 b*	6,47 b
14 a 15	7,07 ab	7,08 a
16 a 17	7,29 a	7,45 a
CV**(%)	24,42	22,83

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). **CV, coeficiente de variação.

Para o atributo de Aceitação, na colheita de Março (Tabela 8), foi possível observar diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as faixas de MS, onde a amostra com maior teor de MS, possuiu uma melhor qualidade de consumo. Os resultados obtidos referentes a colheita de Outubro (Tabela 9) são parecidos com os obtidos na colheita de Março, onde foi possível observar diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as faixas de MS, e as amostra com maior teor de MS, possuíram uma melhor qualidade de consumo. Sendo a colheita de março a com maior

aceitação, estes resultados já eram esperados uma vez que os teores de MS nessa colheita foram elevados, permitindo que as características sensoriais dos frutos fossem mais realçadas.

Nas Tabelas a seguir são expressos os resultados referentes as somas de ordens recebidas para cada faixa de MS pelo teste de Preferência por ordenação. Os dados foram tabulados considerando os valores variando de 1 a 3, sendo a nota 1 atribuído à amostra menos preferida e 6 para a mais preferida.

Na Tabela 10, podemos avaliar os resultados referentes a colheita de Março de 2018. De acordo com a tabela de Christensen, para cada 144 consumidores e 3 amostras, a diferença mínima entre as somas de ordens para estabelecer diferença (em relação à preferência) significativa entre amostras, a 5% de significância, é de 39,75.

Tabela 10 - Somas de ordenações das formulações no teste de preferência de ordenação, na colheita de março de 2018.

Amostra	Faixas de Matéria Seca (%)	Soma de Ordenações
A	16 a 18	273 b*
B	19 a 21	274 b
C	22 a 23	319 a

*Diferenças críticas entre totais de ordenação, em 5% de significância.

A amostra C (Tabela 10), correspondente à faixa de MS entre 22 e 23% diferiu significativamente ($p \geq 0,05$) das outras duas amostras, sendo a preferida referente a colheita de março, as amostras A e B (Tabela 10), correspondentes à faixa de MS entre 16 e 21% não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si.

Na Tabela 11, podemos avaliar os resultados referentes a colheita de Outubro de 2018. De acordo com a tabela de Christensen, para cada 102 consumidores e 3 amostras, a diferença mínima entre as somas de ordens para estabelecer diferença (em relação à preferência) significativa entre amostras, a 5% de significância, é de 28.

Tabela 11 - Somas de ordenações das formulações no teste de preferência de ordenação, na colheita de outubro de 2018.

Amostra	Faixas de Matéria Seca (%)	Soma de Ordenações
A	11 a 13	157 c*
B	14 a 15	211 b
C	16 a 17	244 a

*Diferenças críticas entre totais de ordenação, em 5% de significância.

Os resultados obtidos na Tabela 11 mostraram que todas as faixas de MS diferiram significativamente ($p \geq 0,05$) entre si, a amostra C (Tabela 11), referente a faixa de MS entre 16 e 17, foi a preferida referente a colheita de outubro, sendo está o maior teor de MS desta época.

A MS do fruto é uma variável estável no processo de amadurecimento e é diretamente influenciada pelas condições climáticas e de manejo da planta. O teor de MS dos frutos na colheita está correlacionado com os teores de carboidratos acumulados nos frutos durante o crescimento e desenvolvimento. Desta forma, quanto maior o teor de MS, maior será a síntese de açúcares nos frutos durante o amadurecimento e maior será a aceitação destes pelos consumidores.

Neste contexto, os dados da análise de preferência por ordenação confirmaram que os frutos colhidos com os maiores teores de MS em cada época de colheita (Tabela 9 e 10) foram os mais preferidos pelos consumidores, sendo seguidos pelos frutos com teores de MS intermediário.

Confirmando os resultados obtidos pelo teste de preferência por ordenação, os resultados obtidos pelos histogramas de frequência elaborados a partir dos valores obtidos pelo teste de intenção de compra podem ser vistos nas Figuras 18 e 19.

Na Figura 18, pode-se observar que a porcentagem de frequência de resposta obtidas para a colheita de março, sugere que os consumidores possivelmente e/ou certamente comprariam os frutos com faixa de MS acima de 16%.

A maior faixa de MS na colheita de Março (Figura 18), foi correspondente aos teores de 22% a 23% de matéria seca, nessa faixa aproximadamente 46% dos consumidores afirmaram que certamente comprariam o fruto e outros 27% aproximadamente afirmaram que possivelmente comprariam o fruto. No total 73% dos consumidores comprariam os frutos.

Figura 18 - Histogramas de frequência dos valores obtidos no teste de intenção de compra, a partir de escala hedônica de 5 pontos para as diferentes faixas de MS, referente a colheita de Março de 2018.

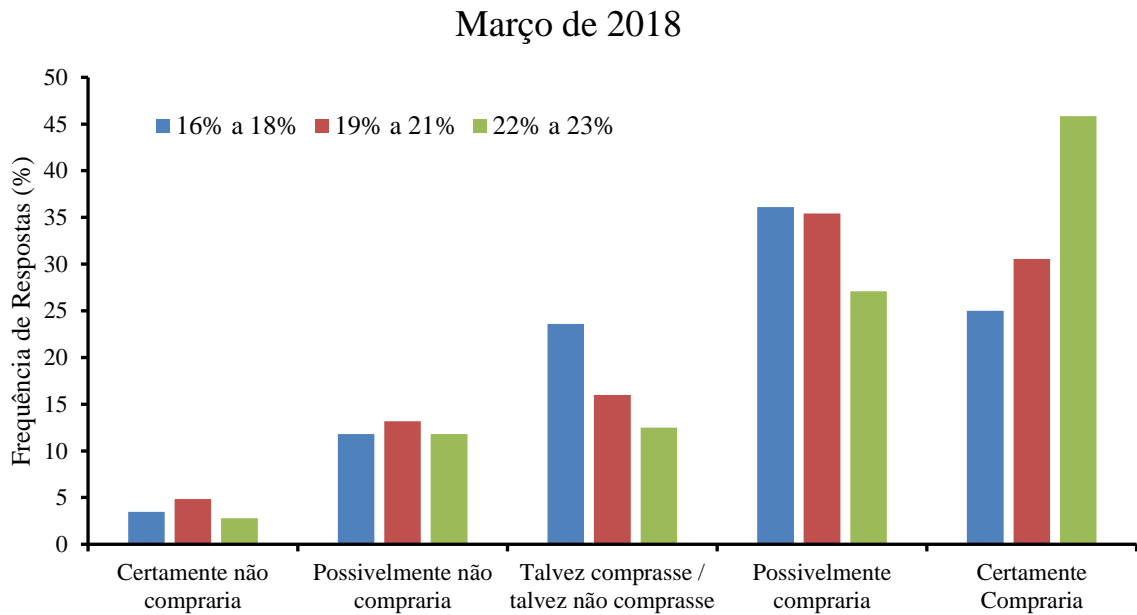
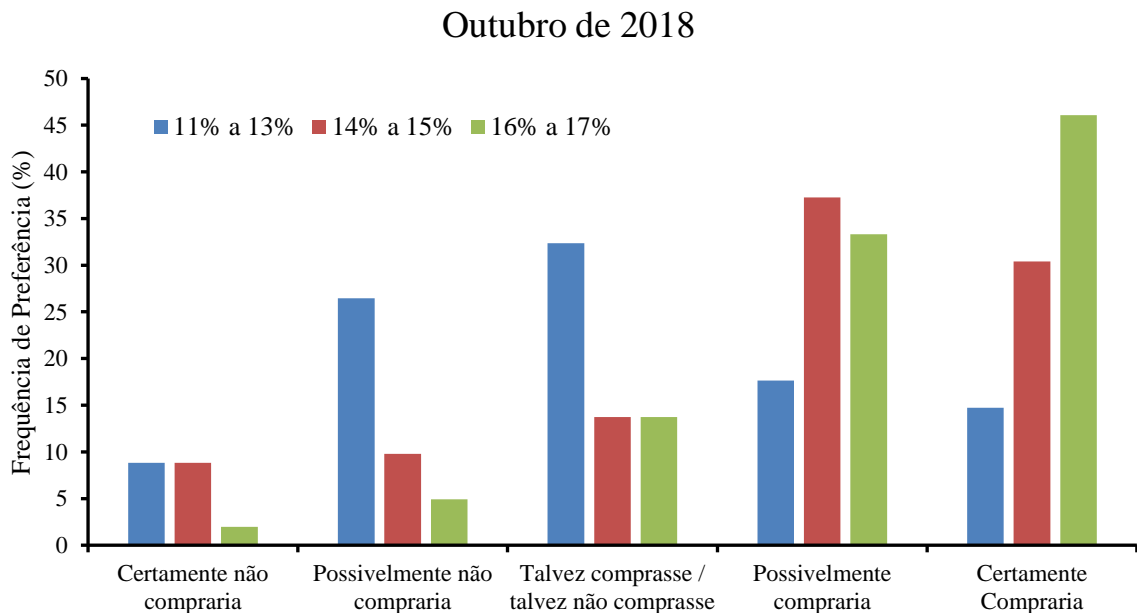


Figura 19 - Histogramas de frequência dos valores obtidos no teste de intenção de compra, a partir de escala hedônica de 5 pontos para as diferentes faixas de MS, referente a colheita de Outubro de 2018.



Na Figura 19, pode-se observar que a porcentagem de frequência de resposta obtidas para a colheita de outubro, sugere que os consumidores possivelmente e/ou certamente comprariam os frutos com faixa de MS acima de 14%.

Na Figura 19 foi possível observar que a faixa de MS intermediária (14% a 15%) obteve resultados entre possivelmente e/ou certamente comprariam, contudo, apenas 30% dos consumidores afirmam que certamente comprariam o fruto, com isso, é mais seguro afirmar que os frutos com teores de MS acima de 16% possuem alta garantia e qualidade de consumo.

A maior faixa de MS na colheita de Outubro (Figura 19), foi correspondente aos teores de 16% a 17% de matéria seca, nessa faixa aproximadamente 46% dos consumidores afirmaram que certamente comprariam o fruto e outros 30% aproximadamente afirmaram que possivelmente comprariam o fruto.

Ainda na Figura 19, foi possível concluir que frutos com baixo teores de MS são rejeitados pelos consumidores, sua frequência de respostas encontra-se entre talvez comprasse / talvez não comprasse e certamente não compraria.

Os resultados obtidos pelos histogramas de frequência das duas épocas de colheita, apresentam valores parecido, assim pode-se afirmar que frutos com teores de MS entre 16% a 23% (Figura 18 e 19) foram ranqueados como os mais preferidos pelos consumidores, seguidos por frutos colhidos com teores de MS entre 14 a 15% (Figura 19).

Este resultado sugere um teor ótimo de MS em manga para a colheita inferior ao encontrado em outros trabalhos, onde os autores indicam um teor de MS igual ou superior a 16,9% para atingir alta aceitação dos consumidores (NASSUR, 2013). Esta diferença entre teores ideais de MS para satisfazer as exigências dos consumidores pode estar relacionada ao diferente genótipo e condições de cultivos dos frutos entre estes estudos. De modo geral, mangas com altos teores de MS tendem a ser preferidos pelos consumidores, pois possuem características sensoriais mais atrativas quando comparadas com mangas contendo baixos.

A partir desses resultados, pode-se afirmar que, na colheita de março devido as condições de maior radiação solar durante o período de crescimento e desenvolvimento dos frutos, permitindo melhor atividade fotossintética das plantas, os frutos possuem naturalmente elevado teor de MS, sendo este facilmente aceito pelos consumidores. Contudo, na colheita de Outubro, onde ocorre menor radiação e incidência de chuvas, os teores de MS são menores. Nessa época

de colheita os frutos precisam possuir teor de MS elevado para que sejam aceitos pelos consumidores e tenham qualidade de consumo.

6 CONCLUSÃO

Com o presente estudo foi possível concluir que:

Após a realização dos modelos de calibração e avaliação da eficiência, não existiu diferença significativa pelo teste F (nível de significância de 95%) para cada parâmetro entre os três modelos de espectrômetros utilizados. Os resultados obtidos para o parâmetro de MS apresentaram modelos de bom desempenho preditivo (RMSECV relativo ≤ 10).

O espectrômetro F-750 foi o equipamento recomendado, pois se adequa a realidade de campo, fornece o mapeamento dos frutos em que foram realizadas leituras, realiza a leitura de forma, rápida e eficiente, além de ser um equipamento menos sensível a variações ambientais e não depender da internet para o seu funcionamento, possuindo como desvantagem apenas o valor de aquisição.

Em relação aos testes com consumidores, foi possível concluir que, mangas da cultivar Keitt produzidas no Submédio do Vale do São Francisco, colhidas com teor de Matéria Seca acima de 16% resultam em maior qualidade, intenção de compra e preferência pelos consumidores, quando comparado com as mangas colhidas com menores teores de MS. A época de colheita influencia os teores de matéria seca, entretanto não influenciam a intenção de compra e preferência destes pelos consumidores desde que os frutos sejam colhidos com teor de Matéria Seca acima de 16%. Na colheita de março os frutos possuem teores de matéria seca facilmente aceitos pelos consumidores, todavia, na colheita de outubro se faz necessário um manejo mais intensivo para que ocorra o aumento de MS, aumentando assim a qualidade de consumo e aceitação dos consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAMINE, E. K.; GOO, T. **Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit.** J. Am. Soc. Hort. Sci. v. 98. p. 286-291. 1973.

AKANBI, W. B., TOGUN, A. O., ADEDIRAN, J. A., ILUPEJU, E. A.O. **Growth, Dry Matter and Fruit Yields Components of Okra under Organic and Inorganic Sources of Nutrients.** Am. Eurasian J. Sustain. Agriculture 4(1), p. 1-13. 2010.

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B.; ASSIS, J. S. de; LIMA, M. A. C. de; AMORIM, T. B. F. A.; MARTINS, A. G. **Cultura da Mangueira.** Colheita e Pós colheita. Cap 17. p. 382-405 2000.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 128p. 2012.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. ISSN 1808-4931. 88 p. 2017.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. ISSN 1808-4931. 88 p. 2018.

AOAC. **Association of Official Analytical Chemistry.** Official methods of analysis. 16th ed. Arlington: AOAC, 1141 p. 2016.

ARAÚJO, J. L. P.; CORREIA, R. C.; GUIMARÃES, J.; ARAÚJO, E. P. **Análise do custo de produção e comercialização da manga Produzida e exportada na região do submédio São Francisco.** 2003.

ARAUJO, J. J. **Avaliação do estado nutricional da mangueira Tommy Atkins irrigada no Vale do Açu em diferentes épocas de amostragem foliar.** Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró. 70 p. 2010.

ARAYA, M. D. M. C.; CALDERÓN, M. M.; JONES, O. S. **Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (persea americana) cultivar hass en zona intermedia de producción de los santos, costa rica.** Agronomía Costarricense 38(1): 207-214. ISSN:0377-9424. 2014.

ASSIS, J. S.; SILVA, D. J.; MORAES, L. D. **Equilíbrio nutricional e distúrbio fisiológico em manga ‘Tommy Atkins’.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 26, p. 326-329. 2004.

BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C.; TRINDADE, D. C. G.; ALVES, R. E. **Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley.** Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 1, p. 176-184, ISSN 1806-6690. 2015.

BEEBE, K. R.; KOWALSKI, B. R. **An Introduction to multivariate calibration and Analysis.** Analytical Chemistry. 17p. 1987.

BEEBE, K. R.; PELL, R. J.; SEASHOLTZ, M. B. **Chemometrics: A practical guide**. Wiley, 1998.

BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. **Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga**. Ciência e Tecnologia de Alimentos 23. p. 116-120. 2003.

BETEMPS, D. L.; FACHINELLO, J.C.; GALARÇA, S.P. **Espectroscopia do visível e infravermelho próximo (VIS/NIR) na avaliação da qualidade de mangas 'Tommy Atkins'**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, p. 306-313, 2011.

BLEINROTH, E. W. **Avaliação de novas cultivares de manga para industrialização. 1 Análise das características físico- geométricas e químicas da matéria- prima**. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, 22(2): p. 207-216. abr/jun. 1985.

BORGES FILHO, B. **Manga**. Jornal Entrepasto. Disponível em: <<https://jornalentrepasto.com.br/guia-de-produtos/frutas/2907-manga>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba**. Brasília: CODEVASF, 2010. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

BRERETON, R. G. **Introduction to multivariate calibration in analytical chemistry**. Analyst. 125p. 2000.

BUENO, A. V. I.; JOBIM, C. C.; RIBEIRO, M. G.; OLIVEIRA, J. P. de. **Zootecnia método de obtenção de matéria seca e composição química de volumosos**. Cienc. anim. bras., Goiânia, v.18. p. 1-8, e-44913, 2017.

CAJAMAR. **Ficha de Tranferencia**. Negocio Agroalimentario y Cooperativo. N. 5. Set. 2014.

CANUTO, K. M.; SOUZA, M. A. NO.; GARRUTI, D. S. **Composição química volátil, em diferentes estádios de maturação, de manga 'Tommy Atkins' Produzida no Vale do São Francisco**. Quimica Nova, v. 32. p. 2377-2381. 2009.

CAMARGO FILHO, W. P. de; ALVES, H. S.; MAZZEI, A. R. **Mercado de manga no brasil: contexto mundial, variedades e estacionalidade**. Informações Econômicas, SP, v. 34, n. 5. 2004.

CEREZAL, P.; BATISTA, A. R.; PIÑERA, R. M. **Evaluation de cultivares de mango para la elaboración de pulpas**. Alimentaria, v. 260, p. 29-31, 1995.

CHRÉTIEN, J. R. **Boosting Chemometrics in Europe**. Chemom. Intell. Lab. Syst. 2003.

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

DAVENPORT, T. L. **Reproductive physiology of mango**. Brazilian Journal of Plant Physiology. Campos dos Goytacazes, v.19, n.4, p. 363-376. 2007.

DELWICHE, S. R.; MEKWATANAKARN, W.; WANG, C. Y. **Soluble solids and simple sugars measurement in intact mango using near infrared spectroscopy**. HortTechnology, v. 18. p. 325-544, 2008.

DURÁN ZUAZO, V. H.; RODRÍGUEZ, P. C. R.; FRANCO, T. D. **Impacto da irrigação com déficit sustentado no crescimento das árvores, nutrição mineral, produção e qualidade de frutos de manga em terraços pomar**. Frutas, São Paulo, v. 66, p. 257-268, 2011.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3. ed. rev. e ampl. – Curitiba: Champagnat. 426 p. 2011.

EMBRAPA. **Manga - cultivares**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_15_24112005115221.html>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Introdução à fruticultura**. 2007.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Roma: FAOSTAT Database Gateway-FAO. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

FARIA, L. N.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R. dos, CASTRO, L. G.; **Nutrient contents in ‘tommy atkins’ mango leaves at flowering and fruiting stages**. Eng. Agríc. Jaboticabal, v. 36, n. 6, p. 1073-1085. 2016.

FARIAS, R. de M.; MARTINS, C. R. **Produção integrada de frutas - revisão bibliográfica**. Revista da FZVA. Uruguaiana, v. 9, n. 1, p. 33-47. 2002.

FÉLIX INSTRUMENTS. F-750 Produce Quality Meter. **Food Science Instruments**. USA. Disponível em: <<https://felixinstruments.com/food-science-instruments/portable-nir-analyzers/f-750-produce-quality-meter/>>. Acesso em: 09 jan. 2019.

FERREIRA, M. M. C.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S.; VOLPE, P. L. O. **Quimiometria I: Calibração multivariada, um tutorial**. Química Nova. 22p. 1999.

FERREIRA, M. M. C. **Quimiometria – Conceitos, Métodos e Aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2015.

FISCHER, I. H.; ARRUDA, M. C.; ALMEIDA, A. M.; GALLI, J. A.; BERTANI, R. M. A.; JERÔNIMO, E. M. **Doenças pós-colheita em variedades de manga cultivadas em pindorama, são paulo**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31. p. 352-359. 2009.

GALLI, J. A.; ARRUDA-PALHARINI, M. C. de; FISCHER, I. H.; MARTINS, A. L. M. **Características físico-químicas de variedades de manga cultivadas em sistema orgânico**. Cadernos de Agroecologia - ISSN 2236-7934. Vol 6. No. 2. Dez. 2011.

GARCÍA-LUIS, A.; OLIVEIRA, M. E. M.; BORDÓN, Y.; SIQUEIRA, D. L.; TOMINAGA, S.; GUARDIOLA, J. L. **Dry Matter Accumulation in citrus fruit is not limited by transport capacity of the pedicel.** *Annals of Botany* 90(6). p. 755-764. 2002.

GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. A cultura da mangueira. Brasília: EMBRAPA, p. 452, 2002.

GOLIC, M.; WALSH, K. B.; LAWSON, P. **Short-wavelength near-infrared spectra of sucrose, glucose, and fructose with respect to sugar concentration and temperature.** *Applied Spectroscopy*, v.57, p.139-145, 2003.

GOMEZ, M.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B. **Evolution of soluble sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste.** *Journal of Food Science* 67. p. 442-447. 2002.

GÓMEZ, A. H.; HE, Y.; PEREIRA, A. G. **Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using vis-NIR spectroscopy techniques.** *Journal of Food Engineering*, v.77, p. 313–319, 2006.

GORGATTI NETTO, A. **Manga para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita.** Ministério do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília: EMBRAPA - SPI. 44 p. 1994.

GUTHRIE, J. A.; WALSH, K. B. **Non-invasive assessment of pineapple and mango fruit quality using near infrared spectroscopy.** *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 37, p. 253-263, 1997.

HO, L. C.; GRANGE, R. I.; PICKEN, A. J. **An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit.** *Plant Cell Environ.* v. 10. p. 157-162. 1987.

HOA, T. T.; DUCAMP, M. N.; LEBRUN, M.; BALDWIN, E. A. **Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit.** *J. Food Qual.* v. 25. p. 471-486. 2002.

IBGE - **Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ba&tema=lavourapermanente>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola estadual: lavoura permanente.** 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estadosat/>. Acesso em: 13 dez. 2017.

JAYARAMAN, K.S. **Development of intermediate moisture tropical fruits and vegetable products.** Technological problems and prospects. SEOW, C. C. Applied Sciences. Essex: Elsevier. 175p. 1988.

JHA, S. N.; JAISWAL, P.; NARSAIAH, K.; GUPTA, M.; BHARDWAJ, R.; SINGH, A. K. **Nondestructive prediction of sweetness of intact mango using near infrared spectroscopy.** *Scientia Horticulturae*, v. 138, p. 171-175, 2012.

JHA, S. N.; NARSAIAH, K.; JAISWAL, P.; BHARDWAJ, R.; GUPTA, M.; KUMAR, R.; SHARMA, R. **Nondestructive prediction of maturity of mango using near infrared spectroscopy**. Journal of Food Engineering, v. 124, p. 152-157, 2014.

KIENZLE, S.; SRUAMSIRI, P.; CARLE, R.; SIRISAKULWAT, S.; SPREER, W.; NEIDHART, S. **Harvest maturity specification for mango fruit (*Mangifera indica* L. 'Chok Anan') in regard to long supply chains**. Postharvest Biology and Technology, v. 61, p. 41-55, 2011.

LAKSHIMNARAYANA, S.; SUBHADRA, N. V.; SUBRAMANYAM, H. **Some aspects of developmental physiology of mango fruit**. J. Hort. Sci. v. 45. p. 133-142. 1970.

LÉCHAUDEL, M.; GÉNARD, M.; LESCOURRET, F.; URBAN, L.; JANNOYER, M. **Leaf-to-fruit ratio affects water and drymatter content of mango fruit**. J. Hort. Sci. Biotechnol. v. 77. p. 773-777. 2002.

LÉCHAUDEL, M.; JOAS, J. **An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior**. Braz. J. Plant Physiol., v. 19. p. 287-298, 2007.

LALEL, H. J. D.; SINGH, Z.; TAN, S. C. **Maturity stage at harvest affects fruit ripening, quality and biosynthesis of aroma volatile compounds in 'Kensington Pride' mango**. J. Hort. Sci. Biotechnol. v. 78. p. 225-233. 2003.

LIMA, G. M. de S.; PEREIRA, M. C. T.; OLIVEIRA, M. B.; NIETSCHER, S.; MIZOBUTSI, G. P.; PÚBLIO FILHO, W. M.; MENDES, D. S. **Floral induction management in 'Palmer' mango using uniconazole**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 46, n. 8, p. 1350-1356, ISSN 1678-4596. 2016.

LIMA, J. P. R.; MIRANDA, E. A. de A. **Fruticultura irrigada no Vale do São Francisco: incorporação tecnológica, competitividade e sustentabilidade**. ENCONTRO REGIONAL DE ESTUDOS DE TRABALHO – ABET, 3ed, Recife. Anais. 2000.

LIMA NETO, F. P. **Mangueira - Características da planta**. Brasília: EMBRAPA.

Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_17_24112005115221.html>. Acesso em: 13 dez. 2017.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, J. E. de M.; ASSIS, J. S. de; SILVA, A. de S.; BASTOS, D. C.; SANTOS, C. A. P. dos. **Produção Integrada de Manga – PI-MANGA**. 2008.

MACFIE, H.J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L.V. **Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests**. Journal of Sensory Studies, n. 4, p. 129-148, 1989.

MAGWAZA, L. S.; OPARA, U. L.; NIEUWOUDT, H.; CRONJE, P. J. R.; SAEYS, W.; NICOLAÏ, B. **NIR spectroscopy applications for internal and external quality analysis of citrus fruit – A review**. Food Bioprocess Technology, v.5, p.425-444, 2012.

- MALUNDO, T. M. M.; SHEWFELT, R. L.; WARE, G. O.; BALDWIN, E. A. **Sugars and acids influence flavor properties of mango (*Mangifera indica*)**. J. Am. Soc. Hort. Sci. v. 126. p. 115-121. 2001.
- MARQUES, E. J. N.; FREITAS, S. T.; PIMENTEL, M. F.; PASQUINI, C. **Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the ‘Tommy Atkins’ mango using a novel handheld near infrared spectrometer**. Food Chemistry, v. 197, p. 1207-1214, 2016.
- MARTENS, H.; NAES, T. **Multivariate calibration**. New York: Wiley, 1996.
- MARTIM, N. S. P. P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera Indica* L.) variedade Tommy Atkins desidratada**. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 75p. 2006.
- McATEE, P.; KARIM, S.; SCHAFFER, R.; DAVID, K. **A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening**. Frontiers in Plant Science, Lausanne, v.4, n.79, p.1-7, 2013.
- MEDLICOTT, A. P.; THOMPSON, A. K. **Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography**. J. Sci. Food Agric. v. 36. p. 561-566. 1985.
- MEILGAARD, M. R.; CIVILLIE, G. V. ; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2ed. Boca Raton: CRC Press. 281p. 1991.
- MEHINAGIC, E.; ROYER, G.; SYMONEAUX, R.; BERTRAND, D.; JOURJON, F. **Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements**. Postharvest Biology Technology v. 34, p. 257-269. 2004.
- MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; GOMES, R. F. O. **Injúria pelo frio na qualidade pós-colheita de mangas cv. Palmer**. Revista Brasileira de Fruticultura. p. 255-260. 2011.
- MOTTA, J. D.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; SOUSA, K. dos S. M. de. **Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão**. Com. Sci., Bom Jesus, v.6, n.1, p.74-82, Jan./Mar. 2015.
- MURAKAMI, J. Y. **Produção integrada de frutas na cultura da manga**. Manga. 2003.
- NATIONAL MANGO BOARD. **Executive Summary - Mango Grade Standards Review**, 2008. Disponível em: <<http://www.mango.org/en/Research>>. Acesso em: 13 dez. 2017.
- NASSUR, R. C. M. R.; GONZÁLEZ-MOSCOLO, S.; CRISOSTO, G. M.; LIMA, L. C.; BOAS, E. V. B. V.; CRISOSTO, C. H. **Describing quality and sensory attributes of 3 mango (*Mangifera indica* L.) cultivars at 3 ripening stages based on firmness**. Journal of Food Science, v.80, p. 2055-2063, 2015.
- NASSUR, R. C. M. R. **Indicadores de qualidade em mangas durante o amadurecimento**. Universidade Federal de Lavras. Tese de doutorado, 86p. 2013.

NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. S.; VIEITES, R. L. **Produção de polpas de mangas Tommy Atkins, na Amazônia setentrional, através da aplicação de preservativos e da pasteurização.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 29. p. 576-582. 2007.

NICOLAI, B. M.; BEULLENS, K.; BOBELYN, E.; PEIRS, A.; SAEYS, W.; THERON, K.I.; LAMMERTYN, J. **Nondestructive measurements of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review.** Postharvest Biol. Technol. v. 46, p. 99-118. 2007.

NICOLAÏ, B. M.; BULENS, I.; DE BAERDEMAKER, J.; DE KETELAERE, B.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; VERBOVEN, P.; LAMMERTYN, J. **Non-destructive evaluation: detection of external and internal attributes frequently associated with quality and damage.** Postharvest handling: A systems approach. Amsterdam: Academic Press, Elsevier, 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.** Revista Frutticoltura, n° 4, 2009.

NUNES, C. N.; EMOND, J. P.; BRECHT, J. K.; DEA, S.; PROULX, E. **Quality curves for mango fruit (cv. Tommy Atkins and Palmer) stored at chilling and nonchilling temperatures.** J. Food Qual. v. 30. p. 104-120. 2007.

OLIVEIRA, E. N. A. de. et al. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças.** ISBN: 978-85-8333-122-3. Natal: IFRN. 234 p. 2015.

OSBORNE, B. G. **Near infrared spectroscopy in food analysis.** BRI Australia Lt. 2000.

OSBORNE, B. G.; FEARN, T.; HINDLE, P. T. **Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis** (2ed.). Harlow, UK: Addison-Wesley Longman Ltd., 1993.

OTTO, M. **Chemometrics.** Weinheim: Wiley, 1999.

PEIRIS, K. H. S.; DULL, G. G.; LEFFLER, R. G.; KAYS, S. J. **Spatial variability of soluble solids or dry-matter content within individual fruits, bulbs, or tubers: implications for the development and use of nir spectrometric techniques.** Department of Horticulture. The University of Georgia, Athens, GA 30602-7273. HORTSCIENCE. v. 34. p. 114-118. 1999.

PINTO, A. C. de Q. **A produção, o consumo e a qualidade da manga no Brasil.** Revista Brasileira de Fruticultura. v. 24, n. 3, p. 597-796. 2002.

PINTO, A. C. Q.; PINHEIRO, F.; GUIMARÃES, T. G. **Estratégias do melhoramento genético da manga a visando atender a dinâmica de mercado.** Revista Brasileira de Fruticultura. p. 64-72. 2011.

PINTO, A. C. de Q.; PINHEIRO NETO, F.; GUIMARÃES, T. G. **Estratégias do melhoramento genético da Manga a visando atender a dinâmica de mercado.** Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. p. 064-072. 2011.

RAMOS, A. M.; SOUSA, P. H. M. de; BENEVIDES, S. D. **Manga - Produção Integrada, Industrialização e Comercialização**. 2004.

RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C. de; COSTA, A. C. S.; TRINDADE, D. C. G. de; AMARIZ, A.; LIMA NETO, F. P. **Caracterização físico-química de frutos e cultivares estrangeiras de mangueira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido**. p. 217-223. 2008.

ROGGO, Y.; CHALUS, P.; MAURER, L.; LEMA-MARTINEZ, C.; EDMOND, A.; JENT, N. **A review of near infrared spectroscopy and chemometrics in pharmaceutical Technologies – Review**. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis v. 44. p. 683-700. 2007.

S.MILANEZ. **Manga Keitt**. Disponível em <<https://www.smilanez.com.br/produto/manga/keitt>>. Acesso em: 21 de Fev. de 2019.

SAITO, S.; OKAMOTO, M.; SHINODA, S.; KUSHIRO, T.; KOSHIBA, T.; KAMIYA, Y.; HIRAI, N.; TODOROKI, Y.; SAKATA, K.; NAMBARA, E.; MIZUTANI, M. **A plant growth retardant, uniconazole, is a potent inhibitor of ABA catabolism in Arabidopsis**. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, Tokyo, v.70, n.7, p.1731-1739, 2006.

SANTOS, D. B.; PEREIRA, M. E. C.; VIEIRA, E. L.; LIMA, M. A. C. **Caracterização físico-química dos estádios de maturação da manga 'Tommy Atkins' produzida no município de Iaçú-BA**. Magistra, v. 20, p. 342-348, 2008.

SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. **Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy**. Postharvest Biology and Technology, v. 31, p. 137-145, 2004.

SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. **On-tree evaluation of harvesting quality of mango fruit using a hand-held NIR instrument**. Journal of Near Infrared Spectroscopy, v. 11, p. 283-293, 2003.

SCHNELL, R. J.; BROWN, J. S.; OLANO, C. T.; MEEROW, A. W.; CAMPBELL, R. J.; KUHN, D. N. **Mango genetic diversity analysis and pedigree inferences for Florida cultivars using microsatellite markers**. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 131, n. 2, p. 214-224, 2006.

SIGRIST, J. M. M. **Tecnologia pós-colheita para a comercialização de Manga in natura**. Manga- produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa: UFV. 604p. 2004.

SILVA, E. M. F.; AMARAL, C. M.; CARMO, H. C. E.; MAURY, P. M. **Estudos sobre mercado de frutas**. São Paulo: FIPE, 373p. 1999.

SILVA, E. M. F. da. **Estudos sobre o mercado de frutas**. Brasília: FIPE, 1999.

SILVA, D. J.; PEREIRA, J. R.; MOUCO, M. A. C.; ALBUQUERQUE, J. A. S.; RAIJ, B. van; SILVA, C. A. **Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas**. Brasília: MAPA, 2004.

SIQUEIRA, D. L.; BOTREL, N.; CARVALHO, V. D.; RAMOS, V. H. V.; COUTO, F. A. D. **Características físicas e químicas de vinte cultivares de manga (Mangifera indica L.)**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 10, p. 49-54, 1988.

SINGH, Z.; SINGH, R. K.; SANE, V. A.; NATH, P. **Mango: postharvest biology and biotechnology**. Critical Reviews in Plant Sciences, v. 32. p. 217-236. 2013.

SNA - SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Chuvas no Peru favorecem exportação brasileira de manga**. Disponível em: <<http://sna.agr.br/chuvas-no-peru-favorecem-exportacao-brasileira-de-manga/>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

SOUZA, V. A. B.; VASCONCELOS, L. F. L.; SILVA, E. M. P.; ANDRADE, F. N.; VAL, A. D. B. **Comportamento produtivo de dezessete cultivares de manga nas condições agroecológicas da microrregião geográfica de Teresina, PI**. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 18. Anais. Florianópolis, SC. 2004.

SUBEDI, P. P.; WALSH, K. B.; OWENS, G. **Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry**. Postharvest Biology and Technology. Amsterdam, v. 43, n. 3. p. 326-334. 2007.

TRINDADE, D. C. G. da; LIMA, M. A. C. de; ASSIS, J. S. **Ação do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de manga 'Palmer' em diferentes estádios de maturação**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 50, n. 9, p. 753-762. 2015.

UEDA, M.; SASAKI, K.; UTSUNOMIYA, N.; INABA, K.; SHIMABAYASHI, Y. **Changes in physical and chemical properties during maturation of mango fruit (Mangifera indica L. 'Irwin') cultured in a plastic greenhouse**. Food Sci. Technol. Res. v. 6. p. 299-305. 2000.

VALDERRAMA, P. **Avaliação de figuras de mérito em calibração multivariada na determinação de parâmetros de controle de qualidade em indústria alcooleira por espectroscopia no infravermelho próximo**. Campinas, SP: [s.n]. Dissertação. 135p. 2005.

VALENTE, M.; LEARDI, R.; SELF, G.; LUCIANO, G.; PAIN, J. P. **Multivariate calibration of mango firmness using vis/NIRS spectroscopy and acoustic impulse method**. Journal of Food Engineering, v. 94, p. 7-13, 2009.

WEYER, L.; LO, S. C. **Spectra-structure correlations in the near-infrared**. Handbook of vibrational spectroscopy. p.171-185. UK: Wiley and Sons, 2002.

WORKMAN JR, J. **A closer look at NIR measurements**. p. 8-9. 1996.

XIAOBO, Z.; JIEWEN, Z.; POVEY, M. J.; HOLMES, M.; HANPIN, M. **Variables selection methods in near-infrared spectroscopy**. p.14-32. 2010.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A. C.; FERNANDES, J. G.; MORIYA, S.; BENASSI, M. T. **Embalagem individual de mangas cv Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 23. p. 288-292. 2001.