



**GIVAGO COUTINHO**

**QUINCE CULTIVARS SELECTION TO TROPICAL REGIONS**

**LAVRAS - MG  
2017**

**GIVAGO COUTINHO**

**QUINCE CULTIVARS SELECTION TO TROPICAL REGIONS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Rafael Pio  
Orientador

**LAVRAS - MG**  
**2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Coutinho, Givago.

Quince cultivars selection to tropical regions / Givago

Coutinho. - 2017.

86 p.

Orientador(a): Rafael Pio.

.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Agrupamento de cultivares. 2. Cydonia oblonga Mill. 3.  
Ranking de produção. I. Pio, Rafael. . II. Título.

**GIVAGO COUTINHO**

**QUINCE CULTIVARS SELECTION TO TROPICAL REGIONS**

**SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MARMELEIRO PARA REGIÕES TROPICAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2017.

Dr. Adriano Teodoro Bruzi	UFLA
Dra. Ester Alice Ferreira	EPAMIG
Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima	UFLA
Dr. Moacir Pasqual	UFLA

Prof. Dr. Rafael Pio  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2017**

*À minha família: Gilmar, Normenice e Natânia.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me permitir chegar até aqui, colocando pessoas, momentos e lugares que hoje fazem parte da minha vida.

Aos meus pais, Gilmar (*in memoriam*) e Normenice, meus primeiros professores, minha razão de vida e o que me inspira o desejo de ser melhor, a cada dia, e à minha irmã, Natânia, por todo o carinho, presença constante e amizade, te amo muito!

À Universidade Federal de Lavras, pelo acolhimento e por me proporcionar a oportunidade de cursar o Doutorado.

Ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, por este sonho que se realiza.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida durante os anos de Doutorado, sem a qual não teria sido possível concluí-lo.

Ao meu orientador professor Dr. Rafael Pio, por todos os ensinamentos, orientação e conhecimento compartilhado.

A toda a equipe de professores do Departamento de Agricultura, por todos os ensinamentos.

Aos membros da banca de defesa, os professores Moacir Pasqual, Luís Carlos de Oliveira Lima, Adriano Teodoro Bruzi, e também à pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Ester Alice Ferreira. Aos membros suplentes, professora Flávia Barbosa Silva Botelho e o pesquisador Adelson Francisco de Oliveira (EPAMIG).

Aos funcionários e amigos do Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Lavras, Arnaldo, ‘Seu Dedé’ e Evaldo, por compartilharem sabedoria e pela amizade tão estimada.

À Marli, por toda a paciência e compreensão, sua ajuda foi fundamental nestes anos.

A todos os demais amigos e companheiros pós-graduandos em fruticultura na UFLA, sem vocês não teria sido possível chegar até aqui.

Aos ‘parças’ Franscinely e Rafael a amizade e parceria de vocês independem de tempo e espaço.

Aos republicanos, Ezequiel, Gustavo e Caio da “formação clássica” da república e a todos os demais amigos que fizeram parte dessa história.

Aos amigos Denner e Lucas, a amizade de vocês é simplesmente inexplicável.

A todos, que mesmo por um momento contribuíram com um minuto de seu tempo ou mesmo uma palavra de amizade.

**MUITO OBRIGADO!**

*“Até prova em contrário, todas as coisas são possíveis e mesmo o impossível talvez o seja apenas nesse momento.”*

*Pearl S. Buck*  
*(1892 - 1973)*

## RESUMO GERAL

O marmeleiro constitui uma espécie de clima temperado com grande importância histórica no desenvolvimento de algumas regiões do país. Porém, ao longo do tempo, seu cultivo entrou em declínio culminando com a extinção de quase todos os marmeleirais brasileiros. Hoje, o marmeleiro passa por um momento de transição com perspectiva de revitalização da produção nacional. O primeiro trabalho teve por objetivo identificar cultivares de marmeleiro por meio da utilização de análise multivariada e divergência genética no processo de avaliação dos caracteres fenotípicos relativos à fenologia das plantas que sejam promissoras para o cultivo nos trópicos. Para quantificar a divergência entre as cultivares foi empregada a distância genética, com base no algoritmo de Gower, o método de agrupamento UPGMA e a análise multivariada de agrupamento e componentes principais. O grupo por 'Alaranjado', 'Lajeado', 'Portugal', 'CTS 207', 'Provence' e 'Bereckzy', destacou-se em relação aos demais grupos por apresentar melhores resultados nas variáveis que obtiveram maior contribuição na ACP. As variáveis número de gemas por ramo e brindilas por ramo contribuem para a máxima variabilidade nas cultivares de marmeleiro. O agrupamento UPGMA indicou a existência de variabilidade genética entre as cultivares e apresentam grupos com acessos mais dissimilares com potencial a serem utilizados em futuras etapas de seleção de marmeleiro. As cultivares CTS 207 e Japonês apresentam alto grau de divergência genética entre si em relação às variáveis fenotípicas estudadas. O segundo trabalho teve por objetivo selecionar cultivares de marmeleiro com melhor desempenho por meio de índices de seleção para o cultivo nos trópicos. Foram utilizadas 28 cultivares dispostas em blocos ao acaso, em três ciclos produtivos. As variáveis fenotípicas avaliadas foram: produtividade, duração da colheita, duração do florescimento, número de brindilas por ramo e horas de frio. Foram empregados na análise dos dados obtidos o ranqueamento das cultivares com base em índices de seleção que foram: produtividade, índice de soma de classificação e índice de soma das variáveis padronizadas. Posteriormente, foram obtidas as coincidências e o estudo de correlação entre os índices avaliados. A cultivar 'Bereckzy' se destacou para o cultivo nos trópicos, ficando na primeira posição nos três índices estudados. A correlação mais elevada foi obtida entre índice Z e soma de rankings, o que mostra a elevada relação entre estes índices de seleção na avaliação das características fenotípicas dos marmeleiros. O terceiro trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar a influência de diferentes cultivares de marmeleiro ('Fuller', 'Smyrna', 'Portugal', 'Provence', 'Mendonza Inta-37', 'Alaranjado', 'Lajeado', 'Dangers' e 'Bereckzy') cultivadas em regiões tropicais do Brasil sobre as características físico-químicas, propriedades reológicas e aceitação sensorial sobre a marmelada, a fim de identificar as cultivares com maior potencial de uso industrial. Verificou-se neste estudo que as diferentes cultivares de marmeleiro apresentam grande variabilidade entre si em relação às características físicas, físico-químicas e em relação ao conteúdo de compostos bioativos e atividade antioxidante. No entanto, as cultivares estudadas deram origem a marmeladas semelhantes entre si, que tiveram alta aceitação sensorial, com exceção da cultivar Mendonza Inta-37, que resultou em uma com menor aceitabilidade. Pode-se concluir que as cultivares de marmeleiro cultivadas em regiões tropicais apresentam grande potencial de processamento na forma de marmelada.

**Palavras chave:** Agrupamento de cultivares. *Cydonia oblonga* Mill. Ranking de produção.

## ABSTRACT

The quince tree is a temperate climate fruit crop of a historical importance in the development of some regions of Brazil. However, with the passing of times, its cultivation declined, culminating in the extinction of almost all Brazilian quince tree crops. Nowadays, the quince tree culture is going through a moment of transition, with the perspective of revitalization of the national production. Starting from this principle, the first work had the objective of identifying quince tree cultivars using a multivariate analysis and genetic divergence in the process of evaluation of phenotypic characters related to plant phenology that are promising for cultivation in the tropics. To quantify the divergence between the cultivars, the genetic distance was used, based on the Gower algorithm, the UPGMA clustering method, the multivariate clustering and main components analysis. The group that includes the cultivars 'Alaranjado', 'Lajeado', 'Portugal', 'CTS 207', 'Provence' and 'Bereckzy', stood out from the other groups for presenting better results in the variables that obtained the greatest contribution in the PCA. The characteristics of the number of buds per branch and brindles per branch contribute to the maximum variability in quince tree cultivars. The UPGMA group indicated the existence of genetic variability among the cultivars and present groups with more dissimilar accessions with potential to be used in future stages of quince selection. The cultivars 'CTS 207' and 'Japonês' have a high degree of genetic divergence among them in relation to the phenotypic characteristics studied. The second work had as objective to select cultivars of quince tree with better performance through indexes of selection for the cultivation in the tropics. Twenty-eight cultivars arranged in randomized blocks were used in three productive cycles. The phenotypic characteristics evaluated were: yield, harvest duration, duration of flowering, number of brindles per branch, and chilling hours. In the analysis of the obtained data, the rankings of the cultivars were based on the selection indexes: productivity, rank sum index and sum index of the standard variables. Subsequently, the coincidences and the correlation study between the indices evaluated were obtained. The cultivar 'Bereckzy' stood out for cultivation in the tropics, ranking first in the three indices studied. The highest correlation was obtained between Z index and sum of rankings, which shows the high relation between these selection indices in the evaluation of phenotypic characteristics of quince trees. The third work had the objective to characterize and evaluate the influence of different quince cultivars ('Fuller', 'Smyrna', 'Portugal', 'Provence', 'Mendonza Inta-37', 'Alaranjado', 'Lajeado', 'Dangers' and 'Bereckzy') cultivated in tropical regions of Brazil on the physical-chemical characteristics, rheological properties and sensory acceptance of marmalade in order to identify the cultivars with the greatest potential for industrial use. It was verified in this study that the different quince tree cultivars present great variability among themselves in relation to physical-chemical characteristics and in relation to the content of bioactive compounds and antioxidant activity. However, the study shown that the cultivars present similar marmalades between each other, which had a high sensory acceptance, except for the cultivar 'Mendonza Inta-37', which resulted in a less accepted marmalade. It can be concluded that quince tree cultivars cultivated in tropical regions present great processing potential in the form of marmalade.

**Keywords:** Clustering of cultivars. *Cydonia oblonga* Mill. Ranking of production.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da floração e frutificação de marmeleiros cultivados em região de clima tropical.....	16
Figura 2 - Fases fenológicas de desenvolvimento do marmeleiro.....	20
Figura 3 - Participação relativa por região na produção brasileira de marmelo em 2015.....	24
Figura 4 - Frutos de diferentes cultivares de marmeleiro.....	25

### ARTIGO 1

Figura 1 - Climograma no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015, em Lavras, MG, Brasil.....	39
Figura 2 - Análise de componentes principais promovendo o agrupamento (cluster plot) das características fenotípicas das 28 cultivares marmeleiro cultivadas sob clima tropical.....	43
Figura 3 - Gráfico biplot bidimensional da análise de componentes principais (ACP) do comportamento reprodutivo de 28 cultivares de marmeleiro em cultivo em região tropical. PC1: 41,9%; PC2: 21,4%. .....	43
Figura 4 - Dendograma de dissimilaridade genética das 28 cultivares de marmeleiro estudadas pelo método de agrupamento UPGMA (Ligação média entre grupos).....	47

### ARTIGO 2

Figura 1 - Climograma no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, em Lavras, MG, Brasil.....	55
Figura 2 - Frutos das 28 cultivares de marmeleiro estudadas.....	56

### ARTIGO 3

Figure 1 - Three-way internal preference map for sensory attributes (color, taste, consistency and .....	78
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção brasileira de marmelos no ano de 2015. ....23

### ARTIGO 2

Tabela 1 - Ranking de estimador (IZ), soma de rankings e produtividade (t/ha) (Y) na seleção de .....60

Tabela 2 - Coeficiente de coincidência na seleção das melhores cultivares de marmeleiros para índice Z (IZ), soma de rankings em relação e produtividade (t/ha) em diferentes cultivares de marmeleiro. ....62

### ARTIGO 3

Table 1 - Average length (AL), average diameter (AD), unit weight (UW), total soluble solids (SS), .....72

Table 2 - The total phenolics, antioxidant capacity (DPPH and ABTS) and ascorbic acid in different .....74

Table 3 - Soluble Solids (SS), pH, total acidity (TA) and color (L\*, Croma and °Hue) in quince .....76

Table 4 - Hardness (Hard N), adhesiveness (Adhe N/s), springiness (Sprin), cohesiveness (Cohe), .....77

Table 5 - Sensory characteristics of the quince marmelates obtained from different cultivars. ....79

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 Classificação botânica, origem e descrição do marmeleiro</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2 Dormência de fruteiras de clima temperado</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3 Fenologia e requerimento térmico do marmeleiro</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4 Panorama da marmelocultura na fruticultura brasileira</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.1 Portugal</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.2 Mendonza Inta-37</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.3 Provence</b> .....	<b>26</b>
<b>2.5 Considerações em análises multivariadas, componentes principais e agrupamentos</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>29</b>
<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	<b>35</b>
<b>ARTIGO 1 - Análise multivariada visando à seleção de marmeleiros em regiões tropicais</b> .....	<b>36</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>49</b>
<b>ARTIGO 2 - Emprego de índice para a seleção de cultivares de marmeleiro nos trópicos</b> .....	<b>52</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>55</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>59</b>
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>64</b>

	<b>ARTIGO 3 - Characterization and marmelate processing potential of quince cultivars cultivated in tropical regions .....</b>	<b>66</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>68</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALS AND METHODS.....</b>	<b>69</b>
<b>3</b>	<b>RESULTS AND DISCUSSION .....</b>	<b>72</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERENCES .....</b>	<b>81</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As fruteiras se diferem em hábito de crescimento e comportamento produtivo, sendo esta variação, devido muitas vezes, a adaptação que as mesmas desenvolveram em relação ao seu local de origem. Pereira e Kavati, (2011) propõem uma classificação que leva em consideração a sua aptidão ao clima, sendo classificadas basicamente em três tipos: tropicais, subtropicais e temperadas.

Segundo o autor, fruteiras tropicais são aquelas cujos centros de origem são as zonas tropicais do planeta, estas regiões estão constantemente cobertas de vegetação. As fruteiras de clima temperado têm como uma de suas principais características a perda completa de folhas por ocasião do inverno. As fruteiras de clima subtropical são aquelas cultivadas nas regiões subtropicais e não perdem suas folhas no inverno.

Para que ocorra a produção de frutas de qualidade de regiões de clima temperado no Brasil, é necessário o desenvolvimento de programas de melhoramento genético e/ou estudos de manejo e controles sobre a fisiologia das plantas, para adaptá-las às condições de inverno ameno e com oscilação de temperaturas muito frequentes nas principais regiões produtoras brasileiras (FACHINELLO et al., 2011).

Dentre as fruteiras provenientes de clima temperado, o marmeleiro *Cydonia oblonga* Mill. é muito cultivado no Brasil e sua possui grande aplicação na indústria, sendo empregado na principalmente na fabricação de doces, dentre outros produtos. Segundo Pio et al. (2005b) existe ainda outra espécie de marmeleiro a *Chaenomeles sinensis* Koehne, também conhecida como ‘marmelo do Japão’ ou ‘Japonês’, que também é muito cultivada. Porém segundo Bettiol Neto et al. (2011), a produção brasileira de marmelo é baixa em regiões de inverno ameno.

Esta baixa produção está relacionada, dentre outros aspectos, ao desconhecimento acerca de cultivares em potencial para cultivo nos trópicos, como ressalta Pio et al., (2005a) a produção brasileira fica restrita ao cultivo, principalmente de uma única cultivar utilizada pelos produtores de marmelo no Brasil, a ‘Portugal’. Dessa forma, a indicação de novas cultivares promissoras para a marmelocultura nos trópicos, é vital para o seu desenvolvimentos nestas regiões, possibilitando assim, estabelecimento de novas regiões produtoras.

De uma maneira geral, nas etapas de melhoramento, comumente os dados ou caracteres avaliados são trabalhados de maneira individual. Isso implica em maior tempo

gasto nas etapas e assim, os processos de seleção e indicação de novas cultivares demanda maior tempo. Com a utilização de análise multivariada, este tempo pode ser reduzido, pois neste caso os dados são trabalhados de maneira conjunta reduzindo etapas e favorecendo na rapidez da obtenção dos resultados. Assim, a análise multivariada constitui uma ferramenta que possui grande aplicabilidade nas etapas de melhoramento genético e auxilia o melhorista.

Outra ferramenta em potencial de manipulação de dados de maneira conjunta são os ranqueamentos. Este tipo de análise permite que se proceda aos ranqueamentos com base nos caracteres avaliados e permite uma análise conjunta dos resultados, considerando-se não apenas uma característica. Esta constitui uma vantagem em relação a análise individual das características, pois reduz o erro de seleção e permite avaliar melhor o comportamento das cultivares.

O objetivo deste trabalho foi selecionar por meio do comportamento fenológico e produtivo, cultivares de marmeleiro com maiores adaptações ao cultivo nos trópicos, podendo servir também, como fontes de alelos a futuros programas de melhoramento da espécie, além de estudar características relacionadas ao aproveitamento dos frutos na etapa pós-colheita, com a produção de geleias.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Classificação botânica, origem e descrição do marmeleiro

O marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mil.) pertence à família Rosaceae (LORENZI et al., 2006), e à subfamília Maloideae (EVANS; CAMPBELL, 2002). O gênero *Cydonia* sp. é quem engloba a espécie, sendo nativo de regiões de clima temperado (ZAMBON, 2014), do Sudeste da Europa e Ásia Menor (PINAR et al., 2016). Seu centro de origem é citado como sendo a cidade de Cydon, localizada na ilha Creta, na Grécia, onde ainda é encontrado em seu estado selvagem (LOUZADA, 2002).

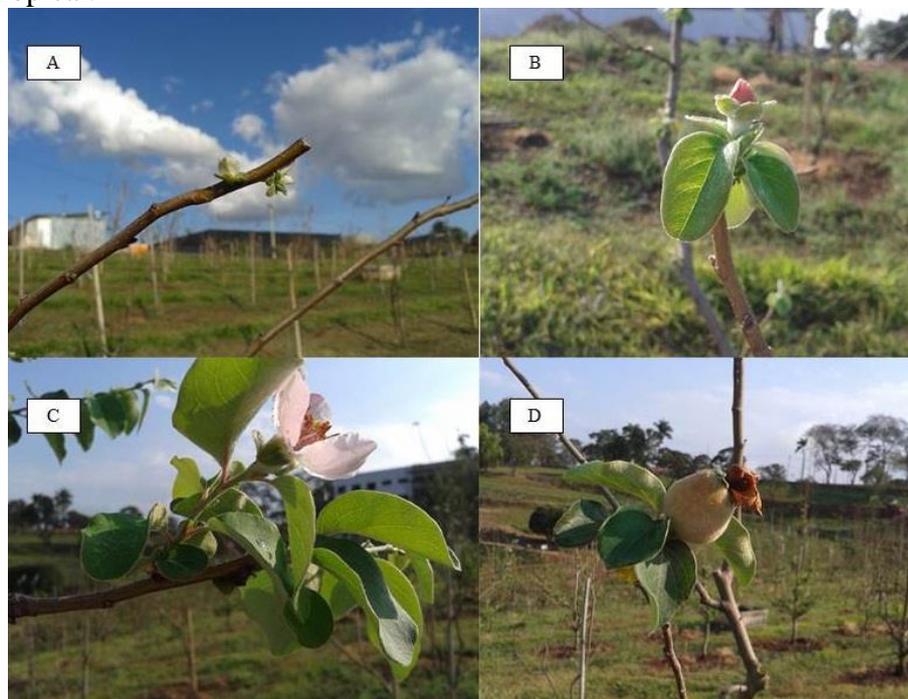
A família Rosaceae inclui cerca de 100 gêneros e 3000 espécies, com distribuição cosmopolita, com maior concentração no Hemisfério Norte, sendo uma das maiores famílias de Angiospermas. Possui poucas espécies nativas no Brasil, onde ocorrem oito gêneros e cerca de 25 espécies. Do ponto de vista econômico, essa é uma das principais famílias na fruticultura. Uma vez que diversas frutas consumidas no Brasil pertencem a essa família, podendo-se destacar também a maçã (*Malus domestica* Borkh.), a pera (*Pyrus communis* L.), e o pêsego (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) (SOUZA, 2008).

Os diferentes tipos e variedades de frutas, muitos dos quais são comercialmente importantes hoje, foram rapidamente propagados e distribuídos em novos territórios por religiosos, trabalhadores, viajantes e agricultores pioneiros (CHILDERS, 1983). No caso do marmeleiro, sua introdução no país se deu em 1532, por Martin Afonso de Souza (PIO, 2005), um viajante português.

A planta se caracteriza como arbustiva ou subarbórea (SAMPAIO, 1947; GHOLGHOLAB, 1961), hábito caducifólio, atingindo entre 3 e 6 metros de altura, folhas cartáceas (finas, rígidas e quebradiças), alternas, verdes na face superior e branco e tomentosas (coberta de lanugem) na face inferior (abaxial). Suas folhas atingem entre 5 e 10 cm de comprimento (LORENZI, et al., 2006). As flores são grandes podendo ser brancas ou rosadas e aparecem isoladamente sobre curtos pedúnculos (GHOLGHOLAB, 1961). A floração ocorre anualmente no período de agosto a dezembro (LORENZI, et al., 2006). O ramo reprodutivo do marmeleiro é denominado ‘brindila’, que são ramos finos cuja brotação ocorre a partir de gemas bioutonais de ramos ou brindilas, que se desenvolveram no ano anterior e seu comprimento pode variar entre 2 e 18 cm (PIO, 2005).

No marmeleiro, a frutificação poderá ocorrer em média de quatro a seis anos após o plantio, caso as exigências de clima e solo bem como o controle de doenças sejam favoráveis ao bom desenvolvimento da planta. A frutificação ocorre de maneira geral na região apical dos ramos, pois, neste local, são formados os pontos de crescimento anual da planta, sobre os quais aparecem as gemas que produzirão frutos (SOUZA, 2005). A Figura 1 mostra as fases do desenvolvimento da floração e frutificação de marmeleiros que se diferenciou em brindila (ramo reprodutivo) culminado com a formação do fruto de um marmeleiro cultivado em região de clima tropical.

Figura 1 - Fases da floração e frutificação de marmeleiros cultivados em região de clima tropical.



A - Desenvolvimento inicial da brotação; B - Botão floral; C – Brindila; D - Fruto em início de desenvolvimento. Fonte: Do autor (2017).

Propagado geralmente por estaquia, que constitui uma forma de propagação assexuada que permite a formação de clones idênticos à planta mãe e a manutenção de seu valor agrônômico, além de reduzir sua fase de juvenilidade ou período improdutivo (FACHINELLO et al., 2005). Os marmeleiros clonais permitem o controle do tamanho da planta, o que resulta na redução do vigor e na antecipação da produção (LOCHARD; SCHNEIDER, 1981) e possibilita o plantio em alta densidade (MANICA-BERTO et al., 2013).

O fruto é do tipo pomo, desenvolvido a partir do receptáculo floral, localizado na extremidade terminal dos ramos, podendo conter até 90 sementes, e com coloração que varia entre amarelo-dourado ao alaranjado (PIO et al., 2005), também é conhecido como ‘pomo dourado’ (RIGITANO, 1957). São piriformes ou globosos, aromáticos, cobertos por tomento, que se destacam facilmente pelo contato, com cálice persistente, polpa dura, de sabor ácido e adstringente. A maturação ocorre no outono. Podem ser consumidos *in natura* na forma de sucos, entretanto, o consumo é mais frequente na forma de doces e geleias (LORENZI et al., 2006). Os frutos do marmeleiro ‘Japonês’ também podem ser utilizados na produção de geleia, pois apresentam boa aceitação pelos consumidores (PEREIRA et al., 2011).

A espécie *Chaenomeles sinensis* Koehne, a qual pertence o marmeleiro ‘Japonês’, apresenta folhas serreadas, detalhe que auxilia em sua identificação em relação às demais cultivares, podendo seus frutos atingir 800 gramas, possuem formato alongado e coloração verde em um tom mais escuro quando atingem o ponto de maturação (BETTIOL NETO, 2013). A colheita do marmelo ‘Japonês’ é considerada tardia em relação as demais cultivares da espécie *Cydonia oblonga* Mill., sendo que a maturação dos frutos ocorre na primeira quinzena de abril, podendo se prolongar até o final deste mês, enquanto que para as demais cultivares, de forma geral, a colheita inicia-se em fevereiro (ALVARENGA et al., 2008).

Assim como a macieira e a pereira, plantas da mesma subfamília, o marmeleiro produz frutos do tipo pomo, que são de cor amarelo-dourado brilhante quando maduros (WESTWOOD, 1993). Na maturação podem atingir cerca de 10 a 12 cm de diâmetro (GHOLGHOLAB, 1961), podendo pesar entre 100 e 300 gramas em média (PIO, 2014).

## **2.2 Dormência de fruteiras de clima temperado**

O período de dormência é um fenômeno fisiológico caracterizado pela ausência de crescimento visível e atividade metabólica reduzida (SAMISH, 1954). Lang et al. (1987) dividiram este período em paradormência, endodormência e ecodormência. Paradormência refere-se a inibições correlacionadas órgão por órgão, a endodormência ocorre internamente nos brotos e a ecodormência depende das condições ambientais. As fruteiras de clima temperado caracterizam-se pela queda das folhas no final do ciclo e entrada em dormência no inverno, com a drástica redução de suas atividades metabólicas. Para que estas plantas iniciem um novo ciclo vegetativo na primavera, é necessário que sejam expostas a um determinado período com predomínio de baixas temperaturas (PETRI et al., 1996).

As plantas, para sobreviverem a períodos de estresse, como é o caso de baixas temperaturas hibernais, desenvolveram um mecanismo adaptativo que passa pela aquisição da resistência ao frio e do controle do crescimento (LEITE, 2005). Em plantas perenes, especialmente em fruteiras de clima temperado, em regiões de longo período e baixa temperatura durante o inverno, a dormência se caracteriza como uma forma de sobrevivência da planta (PETRI; HERTER, 2004).

Essas plantas derrubam suas folhas anteriormente ao início do inverno, evitando assim, danos que podem ser causados aos tecidos sensíveis pelas baixas temperaturas. Ao atingir a temperatura de congelamento, ocorre a formação de cristais de gelo no interior e fora das células, quando essa formação ocorre no espaço intracelular, causa ruptura com corte de membranas e organelas e, extracelular, provoca a desidratação da celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Com sua expansão para regiões de inverno mais ameno e até mesmo subtropicais onde o frio é insuficiente para satisfazer as necessidades fisiológicas da dormência, ocorrem inúmeras anomalias que reduzem a produtividade e a qualidade dos frutos (PETRI et al., 1996).

Frente a estas limitações fisiológicas das fruteiras de clima temperado, tem-se a necessidade de quantificar o frio por duas razões independentes: para definir o requerimento de frio de uma cultivar, e para determinar a quantidade de frio disponível em um local específico (EREZ, 2000). Os modelos de unidades de frio são métodos agrometeorológicos utilizados para mensurar a quantidade de frio necessária para a superação da dormência de fruteiras de clima temperado (FENILI et al., 2016). Para mensurar a quantidade de frio necessária para superar a dormência, o método mais utilizado durante muito tempo foi o da soma diária das horas abaixo de 7,2°C durante o período de outono e inverno (PETRI et al., 1996).

### **2.3 Fenologia e requerimento térmico do marmeleiro**

A fenologia constitui a ciência que estuda os diversos fenômenos periódicos da planta, em função do seu ritmo biológico e condições ambientais em que vivem (REIS, 1978). O conhecimento da fenologia da planta permite avaliar as exigências ecológicas da espécie, para a obtenção de novos conhecimentos e tecnologias para os sistemas de produção (FROTA, 1988). As fases fenológicas possibilitam a escolha do método de propagação, planejar o

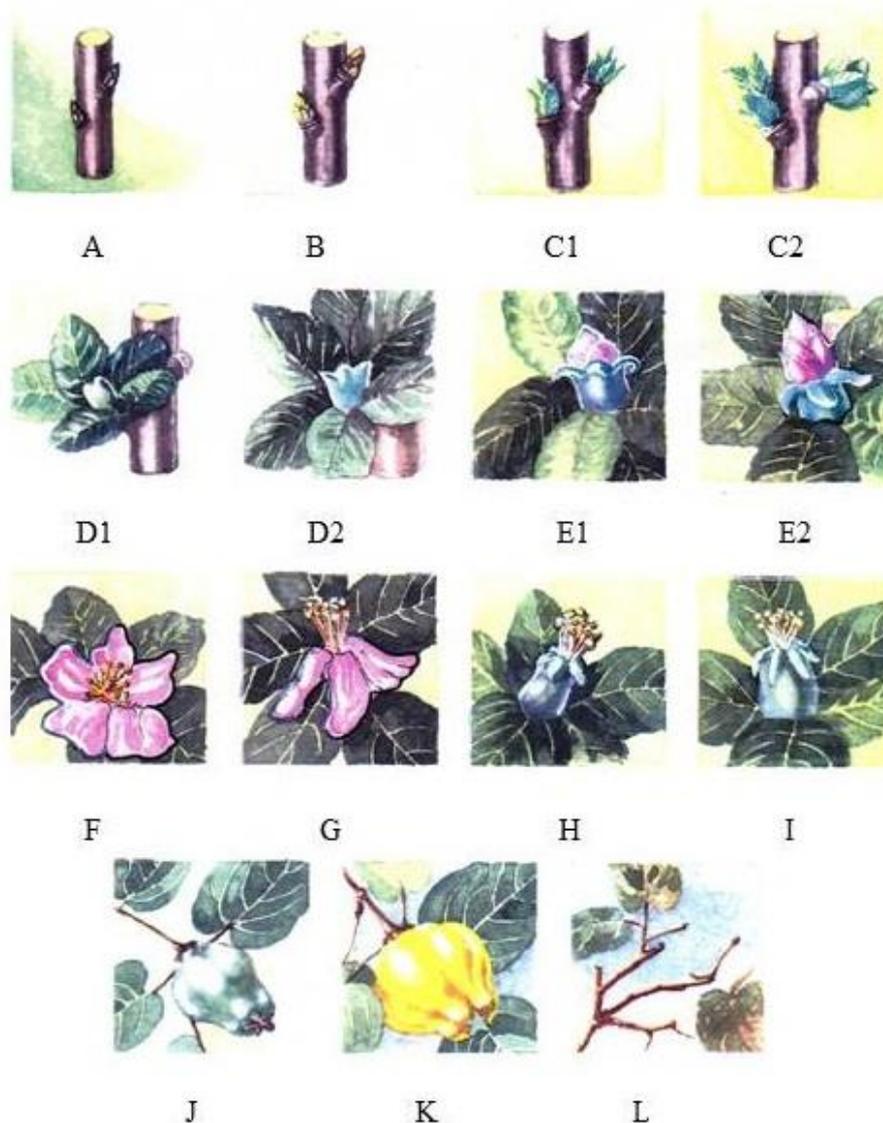
controle fitossanitário e a previsão de safras, bem como a relação da fenologia com fatores ambientais e bióticos (LIETH; SCHULTZ, 1976).

O desenvolvimento de plantas perenes de folhas caducas é afetado por fatores endógenos e exógenos. Quando as condições exógenas são desfavoráveis, a planta reage, paralisando o crescimento. O mecanismo de controle da paralisação e retomada de crescimento, apesar de pouco esclarecido, está relacionado com a genética e fisiologia das plantas. A temperatura é, sem dúvida, o principal fator exógeno desencadeador deste processo (CITADIN et al., 2002).

Como resultado das mudanças sazonais, todas as espécies temperadas apresentam estádios fenológicos claramente definidos, tanto durante a dormência invernal quanto no período de crescimento vegetativo ativo (CHAMPAGNAT, 1965). O intervalo entre duas fases distintas é caracterizado estágio fenológico. Diversos indicadores fenológicos são usados para monitorar e avaliar o desenvolvimento da planta. Os mais significativos para as fruteiras são a floração e a maturação do fruto. O intervalo entre a floração e o *fruit set* é considerado um dos estádios fenológicos mais importantes (VILLALPANDO; RUÍZ, 1993). Conhecer, determinar e fixar durante o ciclo de uma planta cultivada, a influência direta ou indireta dos diversos fatores do meio físico, seus excessos, ótimos e deficiências, se constitui na principal finalidade da fenologia, como estudo do processo indutivo de equilíbrio entre planta e meio (REIS, 1978).

A Figura 2 mostra os estádios fenológicos pelos quais o marmeleiro passa durante o ciclo de desenvolvimento, a partir das gemas dormentes, passando pela brotação das gemas, floração, formação e amadurecimento de frutos até queda das folhas dando início ao ciclo seguinte.

Figura 2 - Fases fenológicas de desenvolvimento do marmeleiro.



A - Gema em dormência de inverno; B - Gema inchada; C1 - Primeiras folhas visíveis; C2 - Abertura das primeiras folhas; D1 - Aparecimento de botões florais (Cálice torna-se visível); D2 - Sépala abertas; E1 - Pétalas visíveis; E2 - Pétalas começam a se separar (Anteras ainda não visíveis); F - Flor aberta (início da polinização); G - Queda de pétalas (ocorre a fecundação); H - Frutificação; I - Fruto imaturo; J - Crescimento de frutos; K - Amadurecimento do fruto; L - Queda de folhas (dormência tem início). Fonte: Martínez-Valero et al. (2011).

No marmeleiro, o período de crescimento vegetativo começa no final do inverno ou início da primavera e termina no outono. Durante este período, a planta sofre várias alterações fisiológicas que são identificadas por causa de sinais externos tais como crescimento do rebento, inchaço e quebra do botão, incrementos no diâmetro do tronco, bem como crescimento reprodutivo como iniciação floral (MARTÍNEZ-VALERO et al., 2001).

A capacidade produtiva da cultura é determinada por fatores genéticos e pelas condições ambientais. Assim, o estudo da interação genótipo x ambiente é importante para se obter sucesso no cultivo de espécies fruteiras de clima temperado (GIL, 1997), dessa forma, a separação ou o agrupamento das plantas por meio de características fenológicas, tendo em vista também características anatômicas e moleculares, apresenta grande importância na caracterização da adaptabilidade das cultivares aos diferentes ambientes (VOLPE, 1992; VILLALPANDO; RUÍZ, 1993; SCHWARTZ, 1999), ressalta-se também que o estudo da interação genótipo x ambiente, da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos são fundamentais para a indicação de novas cultivares (SCARIOTTO, 2011).

#### **2.4 Panorama da marmelocultura na fruticultura brasileira**

A fruticultura temperada é comum em países da Europa e da Ásia, nos Estados Unidos, Canadá, Chile e na Argentina (SIMÃO, 1998). No Brasil, é notável a importância da fruticultura de clima temperado para o desenvolvimento da fruticultura nacional (FACHINELLO et al., 2011).

O Brasil, pela sua extensa área e diversidade climática, cultiva, ao mesmo tempo, plantas de clima temperado, no Sul e no Sudeste, e de clima tropical e subtropical, no Sudeste, no Norte e no Nordeste, colocando-se numa posição privilegiada em relação às demais nações. Existem centenas de espécies e variedades de fruteiras nativas e exóticas, isto é, oriundas de países da Europa, Ásia, África e América do Norte (SIMÃO, 1998). O Brasil, em 1930, foi considerado um dos principais produtores de marmelos no mundo, mas fatores como a falta de incentivo aos cultivos e também no investimento em pesquisas e extensão, contribuíram para que quase ocorresse a dizimação da cultura nas regiões produtoras, principalmente no Sul de Minas Gerais (ABRAHÃO et al., 1996).

No sul do estado de Minas Gerais, nos municípios de Delfim Moreira, Marmelópolis, Maria da Fé, Cristina e Virgínia, concentrou-se o cultivo de marmelos numa fase seguinte à ocorrida em São Paulo. A marmelocultura passou a exercer importante papel no desenvolvimento agrícola da região, nas décadas de 30 a 70, tornando-se conhecida em todo o Brasil. Também serviu de base para o assentamento de ricas agroindústrias, com diversas fábricas doceiras, além de promover significativa função social, na valorização da mão de obra rural (ALVARENGA et al., 2007).

Além disso, dentre os fatores que contribuíram para o declínio do cultivo de marmeleiros no país pode-se ressaltar problemas fitossanitários, principalmente a entomosporiose ou requeima (*Entomosporium mespili* DC. Sacc.), que impedem o desenvolvimento normal da planta e a produção de frutos de alta qualidade, a multiplicação de plantas pouco produtivas, a falta de incentivos, o desinteresse do mercado consumidor e a importação de polpa de outros países (ABRAHÃO; SOUZA; ALVARENGA, 1995; SIMONETTO; GRELLMANN, 2003). A diminuição da oferta dessa matéria-prima e sua consequente valorização vêm sendo sentidas pelas fábricas de conserva, que as tem importado da Argentina sob a forma de polpa (DALL'ORTO et al., 2007).

Atualmente, a cultura se encontra em fase de transição, existindo uma forte tendência em sair do ponto de estagnação, com a implantação de novos e mais produtivos marmeleirais. Esse fato pode ser observado pelo interesse em novos plantios de marmelos em outras regiões, como é o caso dos municípios de Luziânia e Morrinhos em Goiás, e em Capelinha, no Norte de Minas Gerais. No Sul de Minas, também se observa uma tendência de ampliação de cultivos e recuperação de pomares existentes (PIO et al., 2005). Segundo o IBGE, no ano de 2015, a produção brasileira de marmelo ficou concentrada nas regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Nordeste, sendo que as regiões Norte, não registraram produção da fruta (TABELA 1).

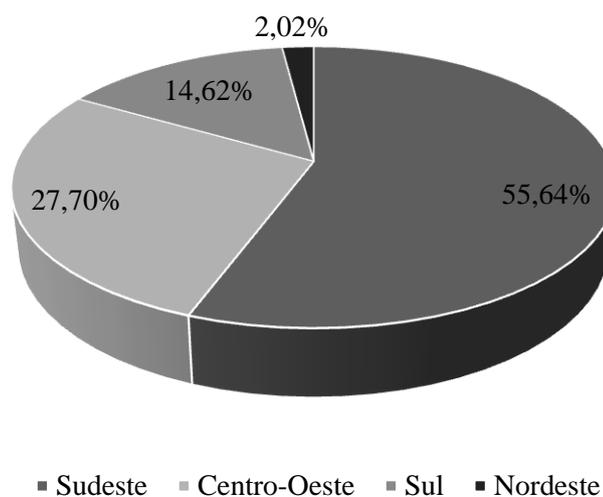
Tabela 1 - Área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção brasileira de marmelos no ano de 2015.

<b>Região</b>	<b>Área colhida (Hectares)</b>	<b>Quantidade produzida (Toneladas)</b>	<b>Rendimento médio da produção (Kg/ha)</b>	<b>Valor da produção (Mil reais)</b>
Minas Gerais	72	468	6.500	593
Espírito Santo	-	-	-	-
São Paulo	-	-	-	-
Rio de Janeiro	-	-	-	-
<b>Sudeste</b>	<b>72</b>	<b>468</b>	<b>6.500</b>	<b>593</b>
Mato Grosso do Sul	-	-	-	-
Mato Grosso	-	-	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-
Goiás	22	233	10.591	361
<b>Centro-Oeste</b>	<b>22</b>	<b>233</b>	<b>10.591</b>	<b>361</b>
Paraná	-	-	-	-
Santa Catarina	-	-	-	-
Rio Grande do Sul	18	123	6.833	162
<b>Sul</b>	<b>18</b>	<b>123</b>	<b>6.833</b>	<b>162</b>
Maranhão	-	-	-	-
Piauí	-	-	-	-
Ceará	-	-	-	-
Rio Grande do Norte	-	-	-	-
Paraíba	-	-	-	-
Pernambuco	-	-	-	-
Alagoas	-	-	-	-
Sergipe	-	-	-	-
Bahia	4	17	4.250	45
<b>Nordeste</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>4.250</b>	<b>45</b>
<b>Brasil</b>	<b>116</b>	<b>841</b>	<b>7.250</b>	<b>1.161</b>

Fonte: IBGE (2017).

A Figura 3 ilustra a participação das principais regiões produtoras, onde a região Sudeste se destaca com a maior contribuição no setor, seguida das regiões Centro-oeste, Sul e Nordeste, respectivamente, por ordem de participação na marmelocultura nacional.

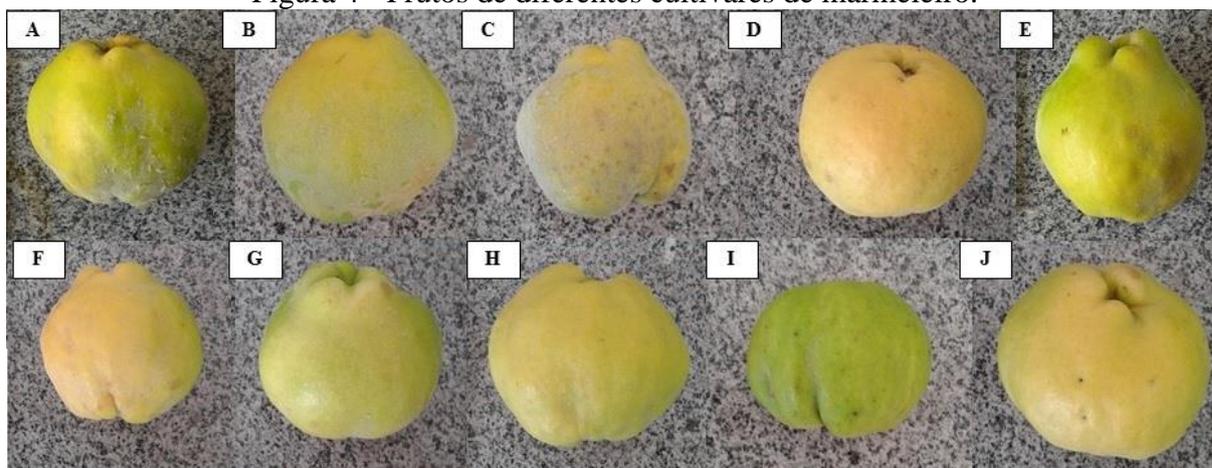
Figura 3 - Participação relativa por região na produção brasileira de marmelo em 2015



Fonte: IBGE (2017).

Desse modo, é de relevante interesse o desenvolvimento dos trabalhos de melhoramento genético do marmeleiro, visando a obtenção e seleção de novas variedades, com características agronômicas superiores de adaptabilidade, produção, precocidade de colheitas iniciais, rusticidade (a exemplo da maior resistência à incidência do fungo causador da entomosporiose), além da qualidade dos frutos (DALL'ORTO et al., 2007). Devido à possibilidade de cultivo dessa fruteira em praticamente todas as áreas que apresentam inverno ameno, a torna uma opção de cultivo interessante para muitos produtores que se dedicam a fruticultura (PIO et al., 2009). A Figura 4 mostra frutos em estágio de maturação plena de frutos de diferentes cultivares de marmeleiros na qual é possível distinguir as variações morfológicas características de cada cultivar.

Figura 4 - Frutos de diferentes cultivares de marmeleiro.



A - 'Alaranjado'; B - 'Alongado'; C - 'Bereckzy'; D - 'Dangers'; E - 'Dulot'; F - 'De Patras'; G - 'Fuller'; H - 'Lajeado'; I - 'Pera'; J - 'Portugal'. Fonte: Do autor (2017).

Conhecimento acerca de cultivares de marmeleiro ainda são escassos na literatura. A seguir, algumas das mais conhecidas cultivares encontradas nos pomares do Brasil e no mundo, bem como suas principais características.

#### 2.4.1 Portugal

Portugal constitui a cultivar de marmeleiro comercialmente mais cultivada no Brasil. Apresenta boa produtividade e vigor, porém apresenta suscetibilidade a entomosporiose (BETTIOL NETO, 2013), a marmelada produzida a partir de frutos desta cultivar é dita de excelente qualidade (PIO, 2014).

Seus frutos podem pesar entre 180 e 280 gramas, são de formato globoso e achatados, polpa macia e aromática apresentando a coloração amarela ao amadurecer sendo destinados à indústria (BETTIOL NETO, 2013) e podendo ser consumidos também na forma *in-natura* (PIO et al., 2007).

#### 2.4.2 Mendonza Inta-37

Originária da Argentina, esta cultivar apresenta excelente produtividade. Seus frutos podem chegar a pesar 300 gramas (BETTIOL NETO, 2013), e apresentam aptidão para fins industriais, além da planta apresentar porte volumoso, ser vigorosa, produtiva e de baixa suscetibilidade à entomosporiose (DALL'ORTO et al., 1987).

A polpa é clara, de consistência firme e textura meio grosseira; as lojas cartilaginosas são grandes e há pouca mucilagem envolvendo as sementes, relativamente pouco numerosas, cerca de 17 por fruto (DALL'ORTO et al., 1987). Pode-se concluir, que em termos de qualidade sensorial, a cultivar Mendoza pode substituir a tradicional Portugal para a fabricação de marmelada (ALVARENGA et al., 2008).

### **2.4.3 Provenance**

Sua origem é relatada na França de onde foi disseminada para o resto do mundo (DALL'ORTO et al., 1985). Esta cultivar é descrita como tolerante a entomosporiose apresentando baixa suscetibilidade a doença. Produz frutos com peso entre 150-180 gramas de forma globosa, achatada e irregular, apresentando também em sua superfície três suturas bem delimitadas, e sua coloração quando maduro fica com tons de amarelo-esverdeado. A polpa dos frutos e de coloração creme-clara, macia, granulação fina e sabor que permeia entre o doce e o acidulado (BETTIOL NETO, 2013). Ao lado das boas características produtivas das plantas, os frutos apresentaram-se como de possível aptidão comercial e, industrializados experimentalmente, propiciaram a manufatura de excelente marmelada (DALL'ORTO et al., 1985).

## **2.5 Considerações em análises multivariadas, componentes principais e agrupamentos**

A multivariada é um ramo da estatística que estuda os fenômenos observando e analisando suas diversas respostas simultaneamente. As variáveis mensuradas possuem relações entre si, que se forem exploradas, conduzirão a análises mais robustas e mais informativas. Tem como base a resposta de várias variáveis nas unidades amostrais ou experimentais. A análise, a descrição e a inferência, são realizadas com base nas respostas simultâneas valendo-se da estrutura de correlação entre as variáveis (FERREIRA, 2011). As análises multivariadas objetivam reduzir um grande número de variáveis a poucas dimensões com o mínimo de perda de informação, permitindo a detecção dos principais padrões de similaridade, de associação e de correlação entre as variáveis (PRADO et al., 2002).

A análise multivariada trata de dados que contêm observações sobre duas ou mais variáveis, cada uma delas medida em conjunto de objetos (MARDIA et al., 1979). Estes métodos podem ser usados para qualquer conjunto de objetos ou entidades das quais se

tenham tomado várias medidas e, de fato, alguns deles foram criados ou desenvolvidos no âmbito de ciências, tais quais a taxonomia, antropologia, física, sociologia e psicologia (SNEATH; SOKAL, 1973; DILLON; GOLDSTEIN, 1984; MANLY, 1994). Gould e Johnston (1972) mencionam haver necessidade da utilização de conjuntos multivariados de caracteres no estudo de variação de organismos, técnica que já foi reconhecida há muito tempo por sistematistas e evolucionistas.

Nas coletas de germoplasma visando linhagens de elite constitui um pré-requisito para a escolha de linhas promissoras geneticamente diversas para traços desejáveis (MLADENOVIC, 2012). Com base na divergência genética, os genótipos são atribuídos a grupos heteróticos específicos para criar progênes segregantes, com variabilidade genética máxima para propósitos de reprodução adicionais (HAUSSMANN et al., 2004).

Análise de *clusters* e análise de componente principal (ACP) são importantes instrumentos de medição da diversidade genética utilizados para exibir diferenças genéticas relativas entre a coleta de genótipos de várias espécies de culturas (SINGH et al., 2013; DEY et al., 2007; SHANKAR et al., 2009).

Análise de agrupamento, ou clustering, é o termo utilizado para designar o conjunto de técnicas computacionais cujo principal objetivo é separar objetos em grupos com base nas características destes objetos. Assim traça-se um critério pré determinado que visa separá-los em grupo de acordo com a similaridade apresentada e este critério baseia-se normalmente em uma função de dissimilaridade, a partir de dois objetos, a função calcula a distância entre eles (LINDEN, 2009).

É amplamente utilizado em investigações científicas que vão desde a taxonomia numérica e bioinformática para análise de imagem e processamento de dados. Em estudos ecológicos, o agrupamento é frequentemente aplicado explicitamente a dados, para determinar quais amostras ou variáveis se agrupam. Em muitas análises ecológicas, entretanto, uma etapa de classificação está implícita (CLARKE et al., 2016). Os exemplos incluem agrupamento de sequências de ácidos nucleicos em grupos (BLAXTER et al., 2005) para definir unidades taxonômicas operacionais (OTU) ou desenvolver árvores hierárquicas baseadas em relações taxonômicas (FAITH, 1992) ou traços ecológicos (PETCHEY; GASTON, 2002) Para calcular algum índice de diversidade comunitária.

As análises de agrupamento se baseiam no princípio de que os objetos de dados que são classificados no mesmo grupo devem exibir propriedades semelhantes baseadas em alguns critérios (ANDERBERG, 1973; EVERITT et al., 2001). Aldenderfer e Blashfield

(1984) resumiram os objetivos da análise de agrupamento como sendo o desenvolvimento de uma classificação, a investigação de esquemas conceituais úteis para agrupamento de entidades, a geração de hipóteses através da exploração de dados e os testes de hipóteses ou a tentativa de determinar se os tipos definidos através de outros procedimentos estão de fato presentes em um conjunto de dados.

Raramente uma única área de conhecimento esgota todo o potencial das análises multivariadas que utiliza (PRADO et al., 2002), soma-se a isto, o fato de estudos apontarem alta variabilidade genética que o marmeleiro apresenta (MANICA-BERTO et al., 2013) e o pouco conhecimento disponível sobre as cultivares dessa espécie, tornam essas análises uma ferramenta essencial na busca por informações nas escolhas de novas áreas de cultivo, futuros programas de melhoramento genético e maior rendimento e desempenho agrônômico na revitalização da marmelocultura nacional, diminuindo a dependência brasileira da fruta, nas importações.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, E.; SOUZA, M. de; ALVARENGA, A. A. **A cultura do marmeleiro em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1996. 23 p. (Boletim técnico, 47).
- ALDENDERFER, M. S.; BLASHFIELD, R. K. "*cluster Analysis*". Sage University Paper Series: Quantitative Applications in the Social Science, 1984. Aldenderfer, M.S. and R. K. Blashfield, 1984, *Cluster Analysis*, **Sage Publications**, Thousand Oaks, 88 p.
- ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; PIO, R.; ASSIS, F. A.; OLIVEIRA, N. Comparação entre doces produzidos à partir de frutos de diferentes espécies e cultivares de marmeleiro (*Cydonia oblonga* Miller e *Chaenomeles sinensis* Koehne). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 302-307, 2008.
- ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; CARVALHO, V. L.; SILVA, R. A.; FRAGUAS, J. C.; CUNHA, R. L.; SANTA CECILIA, L. V. C.; SILVA, V. J. Marmelo (*Cydonia oblonga* Mill e *Chaenomeles* spp.). In: TRAZILBO JR, J. P.; MADELAINE V. (Orgs.). **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 513-520.
- ANDERBERG, M. **Cluster analysis for applications**. New York, NY: Academic press, 1973. 359 p.
- BETTIOL NETO, J. E. **Desempenho produtivo e características agronômicas de cultivares de marmeleiro e pereira em Jundiá – SP**. 2013. Tese, 96 p. (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.
- BETTIOL NETO, J. E.; PIO, R.; SANCHES, J.; CHAGAS, E. A.; CIA, P.; CHAGAS, P. C.; ANTONIALI, S. Produção e atributos de qualidade de cultivares de marmeleiro na região leste paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 1035-1042, 2011.
- BLAXTER, M.; MANN, J.; CHAPMAN, T.; THOMAS, F.; WHITTON, C.; FLOYD, R.; ABEBE, E. Defining operational taxonomic units using DNA barcode data. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences**, v. 360, n. 1462, p.1935-1943, 2005.
- CHAMPAGNAT P. **Quelques caractères de la ramification du rameau d'un an des végétaux ligneux**. 96 Congres Société Pomologique de France, p. 9-33, 1965.
- CLARKE, K. R.; SOMERFIELD, P. J.; GORLEY, R. N. Clustering in non-parametric multivariate analyses. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 483, 147–155, 2016.
- CHILDERS, N. F. Modern fruit science. **Horticultural Publications**, 1983. 970 p.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; HERTER, F. G.; SILVEIRA, C. A. P. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 703-706, 2002.

DALL'ORTO, F. A. C.; OJIMA, M.; PIO, R. CHAGAS, E. A. Avaliação da capacidade reprodutiva de algumas cultivares de marmeleiros visando a obtenção de porta-enxertos. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 2, 2007.

DALL'ORTO, F. A. C. **Marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill.) - propagação seminífera, citogenética e radiosensitividade - bases ao melhoramento genético e a obtenção de porta-enxertos**. 1982. Dissertação. 161 p. (Mestrado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 1982.

DALL'ORTO, F. A. C.; OJIMA, M.; BARBOSA, W.; RIGITANO, O.; SABINO, J. C.; VEIGA, A. A. Frutificação do marmeleiro 'Provence'. **Bragantia**, n. 44, v. 1, p. 509-510, 1985.

DEY, S.S., BEHERA, T.K., MUNSHI, A.D. AND SIROHI, P.S. 2007. Studies on genetic divergence in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). **Indian Journal of Horticulture**, n. 64, p. 53-57, 2007.

DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis**. Methods and applications. New York, John Wiley & Sons, 1984.

EREZ, A. Bud dormancy: Phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: **Temperate fruit crops in warm climates**. London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 17-48.

EVANS, R.C.; CAMPBELL, C.S. The origin of the apple subfamily (Maloideae; Rosaceae) is clarified by DNA sequence data from duplicated GBSSI genes. **American Journal of Botany**, v. 89, p. 1478-1484, 2002.

EVERITT, B.S.; LANDAU, S. E LEESE, M. **Cluster Analysis**. 4. ed. Arnold Publishers. New York, NY, USA, 2001. 237 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. p. 69-109.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2011.

FAITH, D.P. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. **Biological Conservation**, n. 61, p. 1-10, 1992.

FENILI, C. L.; GABARDO, G. C.; PETRI, J. L.; SEZERINO, A. A. ; MARTIN, M. S. . Comparação de diferentes métodos de somatória de unidades de frio na região de Caçador/SC, BRASIL. **Revista Congrega Urcamp** (CD-Rom), v. 1, p. 474-496, 2016.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2011. 676 p.

FIORAVANÇO, J. C.; SIMONETTO, P. R.; ETMAR, O. G. E. O. Comportamento fenológico e produtivo de cultivares de marmeleiros em Veranópolis, RS. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 15-20, jan./fev., 2006.

FROTA, P.C.E. Clima e solo. In. LIMA, V. de P.M.S. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. 1988.

GHOLGHOLAB, H. **Ghiah (in Farsi)**. Tehran: Tehran University Press, p. 107, 1961.

HAUSSMANN, B.I.G.; PARZIES, H.K.; PRESTERL, T.; SUSIC, Z.; MIEDANER, T. Plant genetic resources in crop improvement. **Plant Genetic Resources**, v. 2, p. 3-21, 2004.

GIL, G. **El Potencial Productivo**. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1997. 333 p.

GOULD, S. J.; JOHNSTON, R. F. Geographic variation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 3, p. 457- 498, 1972.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <[http://www. ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 10 nov. 2016.

LANG, G.A. et al. Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **Hortscience**, Alexandria, v. 22, p.3 71-377, 1987.

LEITE, G. B. Evolução da dormência e heterogeneidade da brotação In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, Fraiburgo, 8., **Anais...** Caçador: Epagri, 2005. vol.1 (Palestras), p. 269-275, 2005.

LIETH, H.; SCHUITZ, G. Contributions from biometeorological workshops focusing on seasonality. **Journal of Biogeography**, v. 3, p. 229, 1976.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v. 4, p. 18-36, 2009.

LOCHARD, R.G.; SCHNEIDER, G.W. Stock and scion growth relationships and the dwarfing mechanism in apple. **Horticultural Reviews**, v. 3, p. 315-375, 1981.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

LOUZADA, R. S. **Brotação de gemas vegetativas de porta enxertos e da cultivar Packham's triumph sobre estes porta-enxertos, submetidos a diferentes horas de frio** 2012. Dissertação. 75 p. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

MANICA-BERTO, R.; PEGORARO, C.; MISTURA, C. C.; BRESOLIN, A. P. S.; RUFATO, A. R.; FACHINELLO, J. C. Similaridade genética entre cultivares de marmeleiro avaliadas por marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 568-571, 2013.

MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods**: a primer. 2nd ed., London, Chapman & Hall, 1994.

MARDIA, K.V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate Analysis**, Academic Press, 1979 . 518 p.

MARTÍNEZ-VALERO, R.; MELGAREJO, P.; SALAZAR, D. M.; MARTÍNEZ, R.; MARTÍNEZ, J. J.; HERNÁNDEZ, F. Phenological stages of the quince tree (*Cydonia oblonga*). **Annals of Applied Biology**, v. 139, p. 189-192, 2001.

MLADENOVIC, E.; BERENJI, J.; KRALJEVIC-BALALIC, M.; CUKANOVIC, J.; BLAGOJEVIC, I. Multivariate analysis of species from Cucurbitaceae family. **Genetika**, v. 44, n. 2, p. 227-234, 2012.

OLSEN, J. E. Mechanisms of dormancy regulation. **Acta Horticulturae**, v. 727, p. 157-166, 2006.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33. n. 1, p. 92-108, 2011.

PEREIRA, G. G.; ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; PINHEIRO, A. C. M.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R. Avaliação sensorial de geleia de marmelo ‘Japonês’ em diferentes concentrações de sólidos solúveis totais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 3, p. 226-231, 2011.

PETCHEY, O.L.; GASTON, K.J. Functional diversity (FD), species richness and community composition. **Ecology Letters**, v. 5, n. 3, 402–411, 2002.

PETRI, J.L.; HERTER, F.G. Dormência e indução à brotação. In: MONTEIRO, L.B.; MIO, L.L.M.D.; SERRAT, B.M.; MOTA, A.C.; CUQUEL, F.L. **Fruteiras de caroço**: uma visão ecológica. Curitiba: UFPR, 2004. p. 119-127.

PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; SCHUCK, E. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110 p. (Boletim técnico, 75).

PINAR, H.; KAYMAK, S.; OZONGUN, S.; UZUN, A.; UNLU, M.; BIRCAN, M.; ERCISLI, S.; ORHAN, E. Morphological and Molecular Characterization of Major Quince Cultivars from Turkey. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, n. 44, v. 1, p. 72-76, 2016.

PIO, R.; CAMPO DALL'ORTO, F. A.; ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E. BUENO, S. C. S.; MAIA, M. L.; CHAGAS, E. A. **Marmelo**: do plantio a marmelada. Campinas: CATI, 2007. 49 p. (Boletim técnico, 248).

PIO, R.; CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; SIGNORINI, G.; DEL AGUILA, J. S. Teste de porta-enxertos intergenéricos para marmeleiros em condição de viveiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 521-526, 2009.

PIO, R. Cultivo do marmeleiro. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: UFLA, 2014. p. 158-185.

PIO, R.; CAMPO DALL'ORTO, F. A.; ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; BUENO, S.C.S.; MAIA, M. L. **A cultura do marmeleiro**. Série Produtor Rural, n. 29, Piracicaba: ESALQ/USP, 2005a, 53 p. (Produtor Rural 29).

PIO, R.; CHAGAS, E. A.; CAMPO DALL'ORTO, F.; BARBOSA, W.; ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E. Marmeleiro 'Japonês': nova opção de porta-enxerto para marmelos. **O agrônomo**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 15-16, 2005b.

PRADO, P. I.; LEWINSOHN, T. M.; CARMO, R. L.; HOGAN, D. J. Ordenação multivariada na ecologia e seu uso em ciências ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 5, n. 10, 2002.

REIS, B. G. **Espectros fenológicos de algumas rosáceas em cultivo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRS, 1978.

RIGITANO, O. **O marmeleiro e sua cultura**. São Paulo: Melhoramento, 1957. 31 p.

SAMISH, R. M. Dormancy in woody plants. **Annales Physiologie Végétale**, Palo Alto, v.15, p.183-204, 1954.

SAMPAIO, G. **Flora Portuguesa**. Porto: Imprensa Moderna Lda, 1947. 792 p.

SCARIOTTO, S. **Fenologia e componentes de rendimento de pessegueiro em condições subtropicais**. 2011. Dissertação. 130 p. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, pr, 2011.

SCHWARTZ, M. D. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. **International Journal of Biometeorology**, v. 42, p. 113-118, 1999.

SHANKAR, R.; BAGLE, B. G.; MORE, T. A. Diversity analysis of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) germplasm from tribal belts of India. **The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology**, n. 3, v. 1, p. 21-25, 2009.

SIMONETTO, P. R.; GRELLMANN, E. O. **Marmelo: uma alternativa importante no cultivo de frutas**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 10 p. (Circular técnica, 23).

SINGH, B.; SINGH, A. K.; KUMAR, S. Genetic divergence studies in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). **Academic Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 2, p. 89-91, 2013.

SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco, W.H. Freeman, 1973. 573 p.

SOUZA, J. S. I. **Poda das plantas frutíferas**. São Paulo: Nobel, 2005. 191 p.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil. 2 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

VILLALPANDO, J.; RUÍZ, A. Observaciones Agrometeorológicas y su uso em la Agricultura. **Editorial Lumusa**, México, 1993. 133 p.

VOLPE, C.A. Citrus Phenology. **Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology**, p.103-122, 1992.

ZAMBON, C. R.; SILVA, L. F. O.; PIO, R.; FIGUEIREDO, M. A.; SILVA, K. N. Estabelecimento de meio de cultura e quantificação da germinação de grãos de pólen de cultivares de marmeleiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 400-407, 2014.

WESTWOOD, M. N. 1993. **Temperate zone pomology: Physiology and culture**. 3. ed. Timber Press Inc., Oregon, 1993. 523 p.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - Análise multivariada visando à seleção de marmeleiros em regiões tropicais****RESUMO**

O marmeleiro é originário de regiões com inverno rigoroso e amplamente cultivado em regiões mais frias, ou pelo menos com inverno ameno. Com objetivo de identificar grupos de cultivares de marmeleiros adaptadas a regiões tropicais por meio de análises de agrupamento e divergência genética da brotação e floração, é que este trabalho foi desenvolvido. Foram estudadas 28 cultivares de marmeleiro e as seguintes características foram avaliadas: horas de frio (HF), número de gemas por ramo (NGemas), brindilas por ramo (BrR), gemas brotadas (GB), duração do período de florescimento (DF) e duração da colheita (DC). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar cultivares de marmeleiro por meio da utilização de análise multivariada e divergência genética no processo de avaliação dos caracteres fenotípicos relativos à fenologia das plantas que sejam promissoras para o cultivo nos trópicos. Para quantificar a divergência entre as cultivares foi empregada a distância genética, com base no algoritmo de Gower, o método de agrupamento UPGMA e a análise multivariada de agrupamento e componentes principais. As características número de gemas por ramo e brindilas por ramo contribuem para a máxima variabilidade (63%) nas cultivares de marmeleiro. O agrupamento UPGMA indicou a existência de variabilidade genética entre as cultivares e apresentam grupos com acessos mais dissimilares com potencial a serem utilizados em futuras etapas de seleção de marmeleiro. As cultivares CTS 207 e Japonês apresentam alto grau de divergência genética entre si em relação às características fenotípicas estudadas.

**Palavras-chave:** ACP; *Chaenomeles sinensis* Kohene. Agrupamento. *Cydonia oblonga* Mill.

## ABSTRACT

The quince tree was originated from regions with severe winter and widely cultivated in colder regions or at least with a mild winter. In order to identify groups of quince cultivars adapted to tropical regions through cluster analysis and genetic divergence of sprouting and flowering, this work was developed. Twenty one quince cultivars were studied and the following characteristics were evaluated: chilling hours (HF), number of buds per branch (NGems), brindles per branch (BrR), budbreak (GB), duration of the flowering (DF), and harvesting duration (DC). In the light of the above, the objective of this work was to identify quince cultivars through the use of multivariate analysis and genetic divergence in the evaluation process of phenotypic characters related to plant phenology that are promising for cultivation in the tropics. To quantify the divergence between the cultivars, the genetic distance was used, based on the Gower algorithm, the UPGMA clustering method and the multivariate clustering and main components analysis. The characteristics number of buds per branch and brindles per branch contribute to the maximum variability (63%) in quince tree cultivars. The UPGMA group indicated the existence of genetic variability among the cultivars and present groups with more dissimilar accessions with potential to be used in future stages of quince selection. The cultivars 'CTS 207' and 'Japonês' have a high degree of genetic divergence among them in relation to the phenotypic characteristics studied.

**Keywords:** CPA; *Chaenomeles sinensis* Kohene. Clustering. *Cydonia oblonga* Mill.

## 1 INTRODUÇÃO

O marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill.) pertence à família Rosaceae, sendo nativa do Sudeste da Europa e Ásia menor local onde vem sendo cultivada há mais de 4.000 anos. É uma fruteira oriunda de regiões temperadas, folhas caducifólias e já amplamente cultivada no Brasil. Sua introdução no país se deu por Martín Afonso de Souza em uma expedição que data de 1532 (LORENZI et al., 2006).

A produção brasileira de marmelo é baixa, segundo o IBGE em 2015 foram colhidas cerca de 841 toneladas da fruta no país. A diminuição da oferta dessa matéria-prima e sua consequente valorização vêm sendo sentidas pelas fábricas de conserva, que a têm importado da Argentina sob a forma de polpa (DALL'ORTO et al., 2007). Além disso, o cultivo gira em torno de poucas cultivares, principalmente da cultivar 'Portugal' (PIO, 2014). Assim conhecimento a cerca de cultivares indicadas para cultivo e como genitores nos programas de melhoramento do marmeleiro são etapas importantes para seleção.

Com intuito de avançar nas etapas do melhoramento de cultivares, as ferramentas baseadas nas análises multivariadas são um método essencial no desenvolvimento de estudos para programas de melhoramento de plantas, conferindo aos mesmos, diversas vantagens, como redução de tempo necessário ao desenvolvimento das etapas de seleção, indicação de caracteres fenotípicos importantes na busca de fontes de alelos, indicação de genótipos promissores, dentre outros. De acordo com Azevedo et al.(2013) , comparar os resultados de várias técnicas de análise multivariada permite uma interpretação mais precisa da divergência, que propicia a interpretação mais precisa dos resultados com menor demanda de recursos e trabalho nos programas de melhoramento.

A caracterização do material estudado, auxiliada por métodos estatísticos, como a análise de componentes principais (ACP), constitui uma das etapas iniciais mais confiáveis na descrição e classificação dos mesmos (MLADENOVIC et al., 2012).

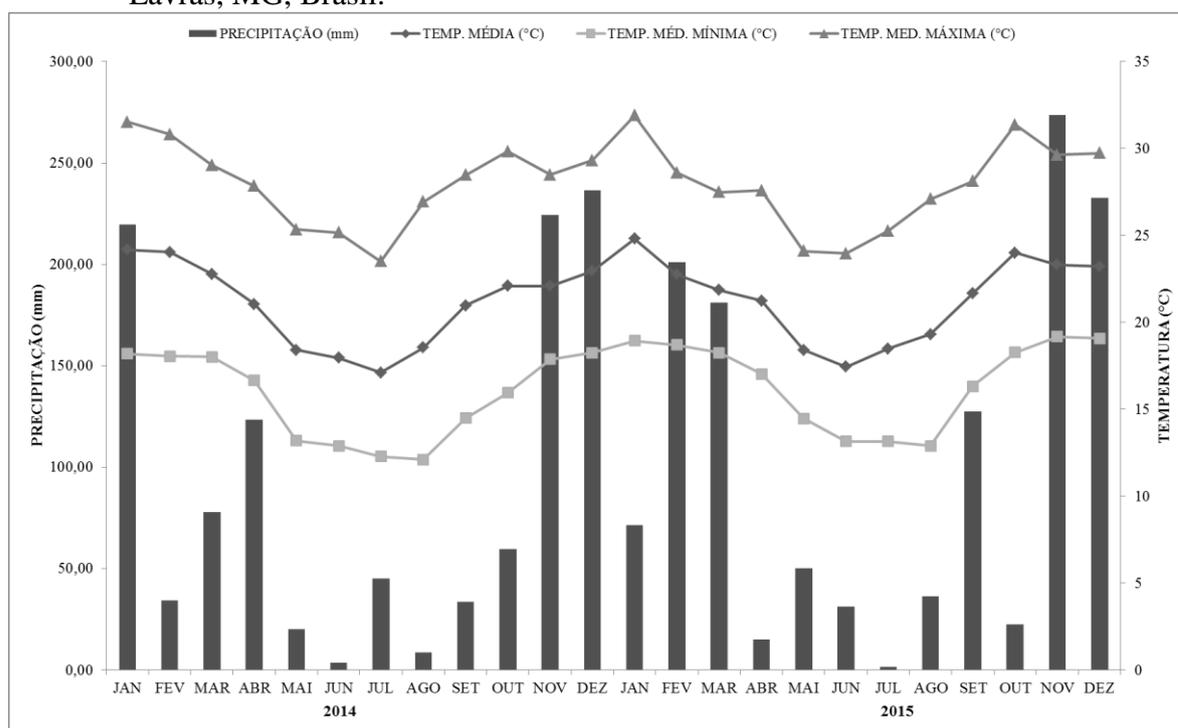
Além disso, para o conhecimento do potencial de materiais para o melhoramento, a etapa de caracterização e avaliação é de grande relevância, pois permite ao melhorista conhecer a variabilidade genética existente e contribuir para a identificação dos mais promissores (BORGES et al., 2011). Por conseguinte à caracterização e avaliação, torna-se disponíveis ao melhorista, informações sobre o desempenho agrônomico dos possíveis genitores, de parâmetros genéticos e da dissimilaridade genética entre os materiais estudados (CRUZ et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar cultivares de marmeleiro por meio da utilização de análise multivariada e divergência genética no processo de avaliação dos caracteres fenotípicos relativos à fenologia das plantas que sejam promissoras para o cultivo nos trópicos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no pomar experimental da Universidade Federal de Lavras, com latitude de 21° 14' sul e longitude 44° 00' oeste, altitude de 919 metros e o clima é Cwa, mesotérmico com inverno seco e verão chuvoso, com temperaturas elevadas (DANTAS et al., 2007). Na Figura 1 tem-se o climograma com a variação climática ocorrida durante o período experimental.

Figura 1 - Climograma no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015 em Lavras, MG, Brasil.



Fonte: INMET (2017).

Os marmeleiros foram enxertadas no porta-enxerto *Chaenomeles sinensis* Kohene e foram levados a campo em novembro de 2011, portanto, por ocasião da primeira avaliação já se encontravam com quatro anos de idade, com a estrutura de copa formada sendo possível

avaliar as fases fenológicas e o comportamento produtivo das mesmas (BETTIOL NETO et al., 2011).

O sistema de condução adotado foi do tipo ‘taça aberta’ e o plantio feito no espaçamento 2,5m x 4m. Foram avaliadas 28 cultivares de marmeleiro cuja codificação é descrita a seguir: Zuquerineta (1), Alaranjado (2), Van Deman (3), Fuller (4), De Vranja (5), Lajeado (6), Radaelli (7), Reas Mamouth (8), Champion (9), Cheldow (10), Portugal (11), CTS 207 (12), Provence (13), Pineapple (14), Mendoza Inta-37 (15), Japonês (16), Constantinopla (17), Dangers (18), Dulot (19), Apple (20), De Patras (21), Alongado (22), Pera (23), Meliforme (24), Smyrna (25), Kiakami (26), Meech Prolific (27) e Bereckzy (28).

Como prática de manejo e visando induzir a dormência das gemas vegetativas, reduzindo o metabolismo das plantas, utilizou-se calda sulfocálcica na dosagem de 10%. Essa prática é realizada em substituição ao estímulo gerado pela queda de temperatura, que naturalmente ocorre em regiões de clima temperado fazendo com que as plantas entrem na chamada ‘ecodormência’, também conhecida como ‘quiescência’ (LEITE et al., 2014).

Em torno de 15 dias após a poda, foi realizada a indução vegetativa e floral das plantas, no mês de junho dos anos 2014 e 2015, quando as gemas das plantas ainda estavam dormentes. Na indução foi efetuada a aplicação de cianamida hidrogenada na concentração de 0,25%, utilizando-se o produto comercial do produto Dormex<sup>®</sup> acrescido de 1% de óleo mineral.

Para cálculo do número de horas com temperaturas abaixo de 12 °C, devido ao fato dos marmeleiros se desenvolverem bem em locais com temperatura média anual entre 17 e 22°C, requerendo assim, menor amplitude térmica que outras espécies de clima temperado, e acima de 20 °C, de maio a agosto, a temperatura do ar foi acompanhada na frequência de uma hora, os dados foram fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras (Convênio UFLA/INMET), localizada na Universidade Federal de Lavras. A necessidade de frio de cada cultivar foi estimada calculando-se a média do número de horas ocorridas com temperaturas abaixo de 12 °C, do dia primeiro de maio até a data do início da brotação para cada cultivar nos dois anos avaliados conforme a metodologia de Citadin et al. (2002).

A parcela foi composta por duas plantas, onde, em uma delas foi efetuada a marcação de quatro ramos, totalizando dezesseis ramos por cultivar. Os ramos escolhidos mediam em média entre 10 e 35 cm, sendo escolhidos ramos que se desenvolveram no ano anterior, ou seja, ramos de ano. Aos quinze dias após a poda, as avaliações tiveram início. Na primeira etapa, foi realizada a contagem de gemas/ramo, número de brotações por ramo e número de

brindilas (ramos floríferos) por ramo marcado. Posteriormente, na segunda etapa, com o surgimento das brindilas formadas no ramo, foram marcadas duas brindilas por planta, num total de oito brindilas por cultivar e o desenvolvimento da mesma foi acompanhado. Informações sobre surgimento, abertura e aparecimento dos frutos além de duração da floração foram acompanhadas. As variáveis estudadas foram: horas de frio (HF), número de gemas por ramo (N/Gemas), gemas brotadas (GB), duração do período de florescimento (DF), brindilas por ramo (BR/R) e duração da colheita (DC).

O trabalho foi conduzido em delineamento experimental com blocos casualizados e foram avaliadas vinte e sete cultivares de marmeleiro da espécie *Cydonia oblonga* Mill. e uma cultivar da espécie *Chaenomeles sinensis* Koehne, o ‘Japonês’, durante os ciclos produtivos 2014/15 e 2015/16, com quatro blocos.

O agrupamento de cultivares por similaridade por meio da técnica de agrupamento pelo método de K médias que classifica objetos num determinado número predefinido K de grupos (*clusters*). O mesmo tem como função de classificação a distância do objeto ao centro do grupo (centroide). Por fim foi efetuada a análise de componentes principais (ACP), indicando as variáveis mais representativas no estudo.

Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) realizadas utilizando o software R versão 3.2.2 e utilizados os pacotes devtools, factoextra e ggbiplot. Foram calculadas as medianas das variáveis, que foram utilizadas para criação da matriz de correlação da PCA. Desta forma, as componentes de maior variância foram utilizadas para criação do biplot onde as observações foram submetidas aos testes de contribuição e cosseno, que aferem a importância de cada observação para a componente e a sua representatividade dentro da componente. As análises foram feitas com auxílio do *software* R versão 3.2.2 (2015), pacote agricolae.

Para quantificar a divergência entre os acessos foi empregada dissimilaridade com base no algoritmo de Gower (1971). Com as medidas de dissimilaridade foi realizada a análise de agrupamento pelo método hierárquico Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average (UPGMA). Para testar a eficiência do método de agrupamento hierárquico, estimou-se o coeficiente de correlação cofenética (CCC) segundo metodologia descrita por Sokal e Rolf (1962). O ponto de corte do dendrograma formado pelo método de UPGMA foi definido conforme o proposto por Mojena (1977).

O programa estatístico GENES (CRUZ, 2013) foi utilizado para análise da distância genética, para a estimação do coeficiente de correlação cofenética e para os agrupamentos hierárquicos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da técnica de agrupamento não hierárquico denotado de k-médias, que genericamente consiste na transferência de um indivíduo (ou objeto) para o *cluster* cujo centroide se encontra a menor distância. Este método é bastante utilizado em análise de agrupamento, nomeadamente por se encontrar fortemente difundido na maioria dos softwares estatísticos e pela sua facilidade de aplicação quando se está perante um elevado número de observações. Utilizando a metodologia de (ROUSSEEUW, 1987), foi determinado o número de agrupamentos a serem formados e foi obtido um valor de ótimo de cinco grupos.

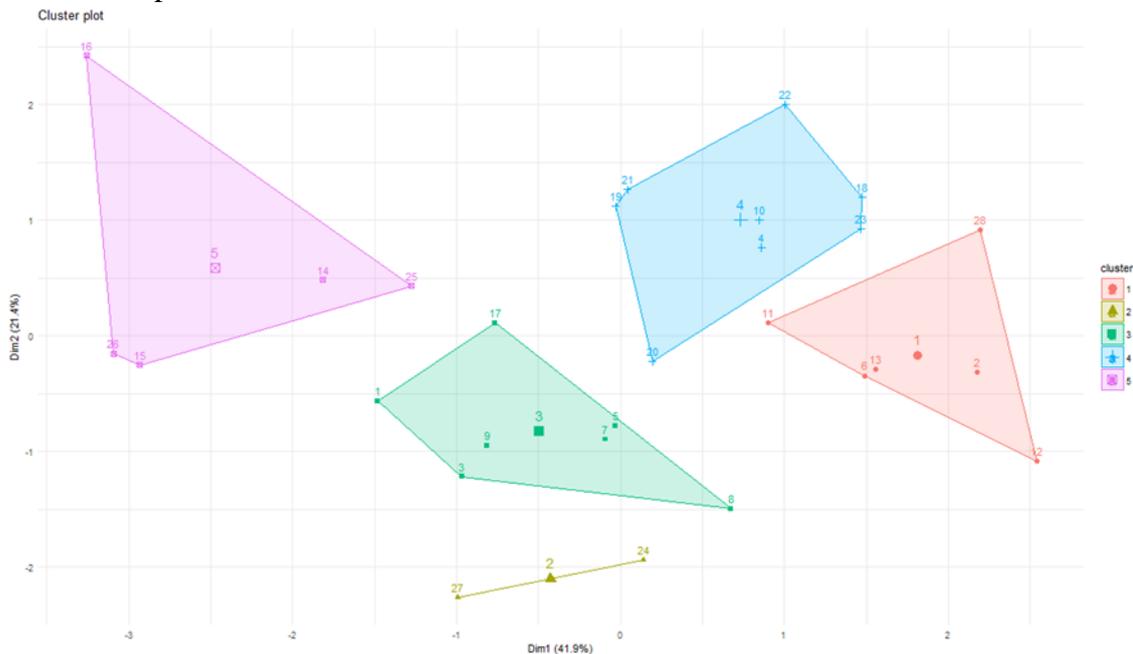
A elevada diversidade fenotípica apresentada pelas cultivares de marmeleiro poder ser atribuída pode ser atribuída aos diversos locais de origem das cultivares. Assim, a determinação da diversidade morfológica e genética entre cultivares é importante para a conservação e para o planeamento de futuros programas de melhoramento de plantas (ERAYMAN et al., 2014; KACAR et al., 2014).

A figura 2 mostra o agrupamento formado pelas cultivares de acordo com a similaridade apresentada no comportamento das mesmas, ou seja, cultivares que se encontram no mesmo grupo demonstraram desempenho agronômico semelhante no campo.

A análise de componentes principais (ACP), realizada a partir do conjunto de dados que foi composto pelas 6 variáveis estudadas, fornecendo um total de 168 observações. Desta ACP foram extraídos 6 componentes com autovalores por ordem de magnitude, 1,59, 1,13, 0,95, 0,79, 0,61 e 0,55, respectivamente. Sendo que os dois primeiros componentes apresentaram autovalores maiores que 1 e juntos explicaram mais de 63% da variação.

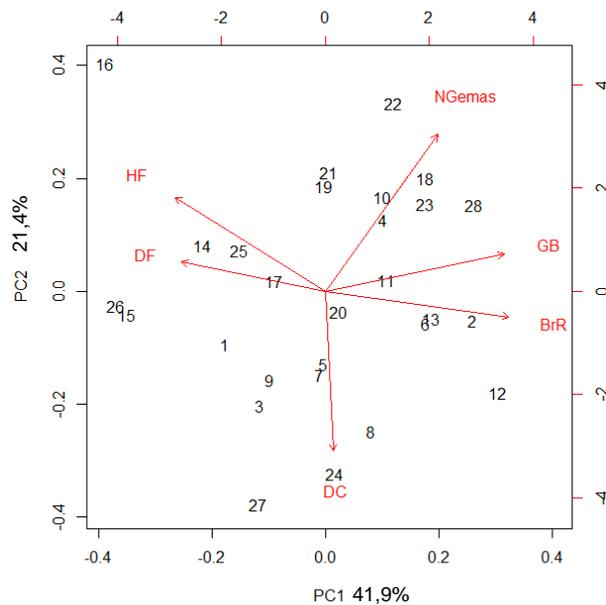
Considerando tais resultados, utilizou-se a ACP como a finalidade de explorar os padrões temporais das variáveis do comportamento das fases reprodutivas de marmeleiros mais relevantes em região de clima tropical. De acordo com o nível de contribuição, as principais variáveis, em ordem de contribuição, foram: NGemas (41,88%), BrR (21,44%), GB (15,12%), HF (10,36%), DC (6,11%) e DF (5,10) (FIGURA 3).

Figura 2 - Análise de componentes principais promovendo o agrupamento (cluster plot) das características fenotípicas das 28 cultivares marmeleiro cultivadas sob clima tropical.



Fonte: Do autor (2017).

Figura 3 - Gráfico biplot bidimensional da análise de componentes principais (ACP) do comportamento reprodutivo de 28 cultivares de marmeleiro em cultivo em região tropical. PC1: 41,9%; PC2: 21,4%.



Horas (HF), Número de gemas (NGemas), Gemas brotadas (GB), duração da colheita (DC), duração do florescimento (DF). Fonte: Do autor (2017).

O grupo 1 composto por: ‘Alaranjado’, ‘Lajeado’, ‘Portugal’, ‘CTS 207’, ‘Provence’ e ‘Bereckzy’, destacou-se em relação aos demais grupos por apresentar melhores resultados

nas variáveis que obtiveram maior contribuição na ACP (NGemas e BrR). O grupo 4 foi constituído pelo maior número de cultivares, totalizando 8 cultivares (FIGURA 2). O grupo 4 foi composto apenas pela espécie *Cydonia oblonga* Mill. e representado pelas cultivares ‘Fuller’, ‘Cheldow’, ‘Dangers’, ‘Apple’, ‘De Patras’, ‘Alongado’ e ‘Pera’, demonstrou bons resultados, porém, seu desempenho foi inferior em relação ao grupo 1. Este grupo apresenta variáveis agrônomicas contrastantes e de interesse sob o ponto de vista agrônomico e funcional. Por exemplo, as cultivares apresentaram alta média em relação à NGemas (PC1) e, no entanto, apresentou baixa média na característica BrR (PC2).

A cultivares possuem regiões de origem distintas, como por exemplo ‘Mendoza’ e ‘Provence’, originárias da Argentina e França, respectivamente (BETTIOL NETO, et al., 2011). Isto explica a elevada variabilidade encontrada entre as 28 cultivares avaliadas neste trabalho. As várias cultivares de marmeleiro se comportam de maneira distinta em relação ao requerimento de horas de frio, e o conhecimento a cerca desta interferência ainda é incipiente, como ocorre na macieira, que segundo Putti et al. (2003) exigem diferentes requerimentos em frio, ou seja, o total de horas abaixo de um limite de temperatura do ar, porém, são poucas as informações sobre quais temperaturas são mais eficientes para superar a dormência.

Horas de frio podem influenciar na duração do ciclo do marmeleiro, que por sua vez, pode atrasar ou adiantar etapas fenológicas como duração do florescimento, o que acaba por interferir na duração da colheita, pois frutos que se formaram na mesma época serão colhidos uniformemente, e caso o florescimento se alongue por vários dias, a formação de frutos será desuniforme, e a colheita irá se estender por mais tempo. Além disso, cultivares originárias de outros locais podem auxiliar em programas de melhoramento devido a elevada variabilidade fenotípica que estas possuem. Pereira-Lorenzo et al. (2012) relatam que cultivares de pereira (*Pyrus* spp.) provenientes da França e do Reino Unido ao serem introduzidas na Espanha foram a causa principal da variabilidade morfológica dos frutos de 221 acessos estudados, ocorrendo a hibridação com espécies locais poderia explicar a alta variabilidade detectada, que pode ser explorada em programas de melhoramento e produção no país que atualmente está focada em um número reduzido de cultivares. Reig et al. (2015) na Espanha, detectaram significativa diversidade fenotípica em caracteres agrônomicos, morfológicos e na qualidade de frutos em 80 acessos de macieira (*Malus x domestica* Borkh) proveniente de outros locais e relatam que as mesmas foram agrupadas em 6 diferentes grupos, apresentando elevada variabilidade podendo se utilizar os materiais mais interessantes em programas de

melhoramento para obtenção de cultivares de macieira com melhor adaptação às condições agroclimáticas espanholas limitantes.

Segundo Orhan et al. (2014) a Turquia é um país com elevado índice de recursos genéticos de marmeleiro e ao estudar 14 cultivares de marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill.), a partir de marcadores RAPD menciona permitir classificá-los em dois grupos principais, por meio de um dendograma de acordo com similaridade genética, e assim foi possível indicar proximidade entre alguns deles e também distância genética entre outros, o que mostra seu potencial para uso de heterose no melhoramento. Menciona também haver polimorfismo suficiente entre as cultivares, que permite indicar entre eles clara e significativa diversidade genética os tornando recursos promissores para o melhoramento da espécie.

Pela Figura 3 é possível observar a análise de componentes principais e a respectiva correlação entre as variáveis e dentre as cultivares de acordo com Husson e Lê (2010), em que a proximidade entre os vetores (características fenotípicas) demonstra correlação e quanto menor o ângulo dentre os vetores maior a correlação e, também, quanto maior o tamanho do vetor maior o valor o seu autovalor. Além disso, as posições das cultivares representadas pelos números no gráfico indicam a sua afinidade em relação a variável, assim quanto mais próxima se encontra a cultivar em relação ao vetor, maior é o seu desempenho agrônômico frente a esta variável.

A CP1 explicou 41,9% das observações, enquanto que a CP2 representou 21,4% do comportamento reprodutivo das cultivares de marmeleiro. Dentro da ACP foi possível destacar as variáveis NGemas e BrR que juntas representam 63,3% e a cultivar que apresentou melhor desempenho frente estas variáveis foi a ‘Bereckzy’, que além de estar em uma posição intermediária a estas variáveis, está mais distante do eixo central. Para a variável NGemas outras cultivares também merecem destaque cultivares como ‘Fuller’ ‘Cheldow’ e ‘Dangers’ e para BrR as cultivares ‘Alaranjado’, ‘Lajeado’ e ‘Provence’, apresentaram melhor desempenho por estar próximo a esta variável e mais distante do eixo central.

Com o auxílio da ACP foi possível observar que os grupos 2 (‘Meliforme’ e ‘Meech Profilic’) 3 (‘Zuquerineta’, ‘Van Deman’, ‘De Vranja’, ‘Radaelli’, ‘Rea’s Mamouth’, ‘Champion’ e ‘Constantinopla’) e 5 (‘Pineapple’, ‘Mendonza INTA 37’, ‘Japonês’, ‘Smyrna’ e ‘Kiakami’) este último composto por cultivares das espécies *Cydonia oblonga* Mill. e *Chaenomeles sinensis* Kohene apresentaram o pior comportamento de fases reprodutivas frente as condições edafoclimáticas da região. Segundo Nienow e Floss (2003), nas fruteiras de clima temperado, o florescimento ocorre em função do local e ano, sendo dependentes das

condições climáticas, principalmente no que se refere aos fatores climáticos tais como a temperatura, tornando o conhecimento destes fatores de fundamental importância na implantação de pomares. Na Turquia, ao estudar a variabilidade morfológica e adaptabilidade há vários tipos de ambientes, Topcu et al. (2015) relacionando geneticamente 40 acessos de marmeleiros usando *amplified fragment length polymorphisms* (AFLPs), resalta que os acessos foram distribuídos em três grandes grupos, mencionando que neste trabalho, foi possível observar também o alto nível de diversidade genética que ocorre entre os acessos de marmeleiro cultivados na Turquia, sendo um resultado promissor para aplicações em programas de melhoramento do marmeleiro.

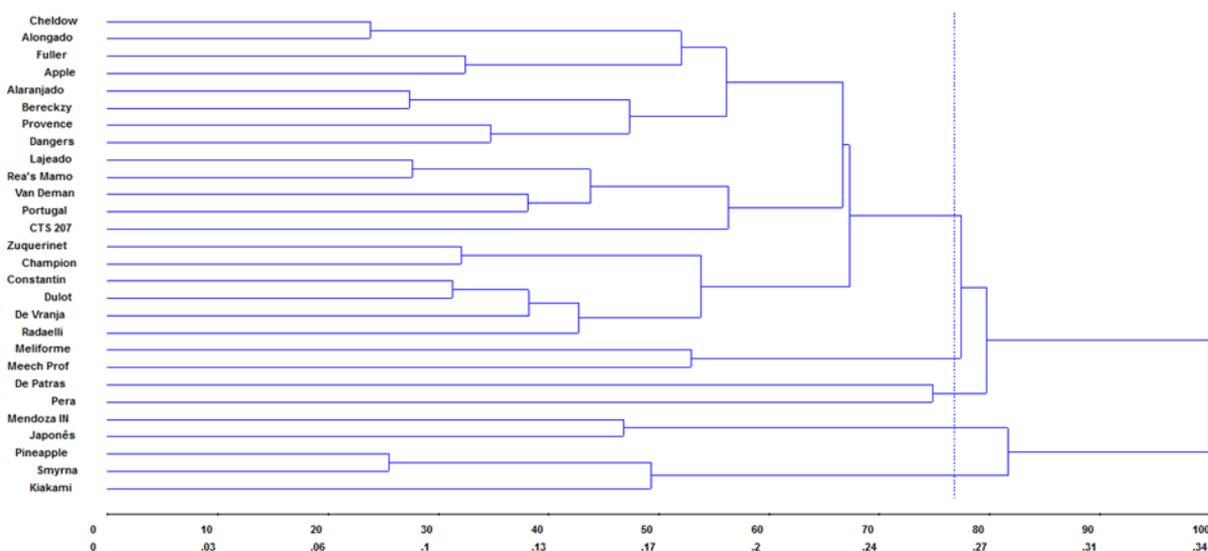
Outra importante observação se refere ao fato de que o tempo necessário para se concluir este estudo, desde o plantio das mudas ao final das avaliações, foi de quatro anos, em contrapartida, Fioravanço et al. (2006), avaliando o comportamento reprodutivo e fenológico de marmeleiros em Veranópolis, no estado do Rio Grande do Sul, mencionam que o plantio das mudas foi realizado no ano de 1995, sendo as avaliações efetuadas nas safras de 1999/00 a 2002/03, ou seja, suas análises foram concluídas oito anos após o plantio das mudas no campo, com uso das análises multivariadas no processo de seleção realizado neste trabalho, este período foi reduzido em 50%, o que configura um ferramenta essencial na redução do tempo gasto na conclusão do estudo, reduzindo-se assim, o tempo gasto nas etapas de seleção de cultivares, visando o melhoramento da espécie.

Pela matriz de dissimilaridade entre as cultivares, observou-se menor taxa de dissimilaridade entre ‘Alongado’ e ‘Cheldow’ (0,08), sendo assim as cultivares com maior grau de similaridade entre si e a maior taxa de dissimilaridade foi observada entre ‘CTS 207’ e ‘Japonês’ (0,61), sendo as cultivares com menor relação de similaridade. Este fato demonstra ocorrer grande diversidade genética entre espécies da família Rosaceae fato semelhante foi observado nas espécies *Pyrus ussuriensis* var. *Aromatica* e *Pyrus. ussuriensis* que revelaram-se geneticamente divergente (KATAYAMA et al., 2016).

Para a obtenção de híbridos, postulando critérios racionais e eficientes para identificar tipos parentais, a identificação de grupos divergentes significa economia de recursos financeiros, tempo e mão-de-obra (BORGES, et al., 2011). Guedes et al. (2014) relatam que o maior grau de divergência genética em relação a composição química e compostos bioativos dentre 11 cultivares de amoreira estudadas, indicam a amoreira-vermelha e a cultivar Ébano como opções em programas de melhoramento que visem à melhoria da composição química de frutos.

A figura 4 mostra o agrupamento formado com base na dissimilaridade apresentada entre as cultivares pelo método de agrupamento com ligação média entre grupos (UPGMA) entre as cultivares avaliadas.

Figura 4 - Dendograma de dissimilaridade genética das 28 cultivares de marmeleiro estudadas pelo método de agrupamento UPGMA (Ligação média entre grupos).



Neste estudo o ponto de corte encontra-se em torno de 0,77 de dissimilaridade e nota-se que pelo método de Gower, houve a formação de cinco grupos principais. O primeiro mais homogêneo formado entre ‘Cheldow’ e ‘Radaelli’ que apresentaram similaridade de 0,77. Manica-Berto et al. (2013) descrevem ter observado a maior similaridade (43%) em cultivares de marmeleiro por marcadores AFLP entre ‘CTS 207’ e ‘Mendonza Inta-37’ e isto indica alta variabilidade genética entre as cultivares de marmeleiro estudadas, identificou também a formação de dois grupos entre as cultivares, um com quatro e outro com sete cultivares geneticamente mais relacionadas.

Este grupo engloba as cultivares: Cheldow, Alongado, Fuller, Apple, Alaranjado, Bereckzy, Provence, Dangers, Lajeado, Rea’s Mammoth, Van Deman, Portugal, CTS 207, Zuquerineta, Champion, Constantinopla, Dulot, De Vranja e Radaelli, o segundo formado por ‘Meliforme’ e ‘Meech Profílic’ que apresentaram similaridade de 0,82 e o terceiro formado por ‘De Patras’ e ‘Pera’ com similaridade de 0,74, o quarto formado por ‘Mendonza INTA 37’ e ‘Japonês’ que apresentaram similaridade de 0,84 e o quinto grupo formado entre ‘Kiakami’ e ‘Pineapple’ com similaridade de 0,84 e composto também por Smyrna. Em

acessos de *Chaenomeles speciosa* cultivados na China, He et al. (2014) detectaram por meio de análises de UPGMA e PCA com base em perfis AFLP, alto nível de variabilidade genética entre os mesmos, mostrando também a relação partilhada pelos acessos em relação aos caracteres estudados.

O coeficiente de correlação cofenética que segundo Manica-Berto et al. (2013) indica a consistência dos agrupamentos gerados no dendrograma e também a representatividade do dendrograma em relação as distâncias reais, nesse caso foi de 0,69.

Este trabalho aproxima-se do resultado obtido por Manica-Berto et al. (2013), onde os autores notaram que o ponto de corte ficou em torno de 0,26 de similaridade e foi possível a formação de dois grupos principais, dez cultivares não foram agrupadas. Os autores relatam também a formação de um grupo mais homogêneo, formado pelas cultivares De Patras, Constantinopla, Smyrna e Champion, e outro mais heterogêneo, formado pelas cultivares Du Lot, Zuquerinetta, Portugal, CTS 207, Mendonza Inta-37, Lajeado e Pineapple. ‘Dangers’, ‘Alongado’, ‘Bereckzy’, ‘Meliforme’, ‘Alaranjado’, ‘De Vranja’, ‘Apple’, ‘BA 29’, ‘Kiakami’, e ‘Radaelli’ não foram agrupadas em nenhum dos dois principais grupos identificados, o que mostra serem mais distantes geneticamente.

#### **4 CONCLUSÕES**

O grupo 1 composto por: ‘Alaranjado’, ‘Lajeado’, ‘Portugal’, ‘CTS 207’, ‘Provence’ e ‘Bereckzy’, destacou-se em relação aos demais grupos por apresentar melhores resultados nas variáveis que obtiveram maior contribuição na ACP, sendo indicadas para cultivo nos trópicos.

As variáveis número de gemas por ramo e brindilas por ramo contribuem para a máxima variabilidade (63%) nas cultivares de marmeleiro.

Cultivares de marmeleiro apresentam alto grau de divergência genética entre si em relação às características fenotípicas estudadas.

As análises de dissimilaridade e UPGMA mostraram o elevado grau de divergência genética compartilhado pelas 28 cultivares estudadas. As cultivares CTS 207 e Japonês apresentam alto grau de divergência genética entre si em relação às variáveis fenotípicas estudadas.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO A. M.; ANDRADE JÚNIOR V. C.; OLIVEIRA C. M.; FERNANDES J. F. C.; PEDROSA C. E.; DORNAS M. F. S.; CASTRO B. M. C. Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 260–265, 2013.
- BETTIOL NETO, J. E.; PIO, R.; SANCHES, J.; CHAGAS, E. A.; CIA, P.; CHAGAS, P. C.; ANTONIALI, S. Produção e atributos de qualidade de cultivares de marmeleiro na região leste paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 1035-1042, 2011.
- BORGES, R. M. E.; RESENDE, GM; LIMA, M. A. C.; DIAS, R. C. S.; LUBARINO, PCC; OLIVEIRA, R. C. S.; GONÇALVES, N. P. S. Phenotypic variability among pumpkin accessions in the Brazilian Semiarid. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 461-464, 2011.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; HERTER, F. G.; SILVEIRA, C. A. P. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 703-706, 2002.
- CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, p. 271-276, 2013.
- DALL'ORTO, F. A. C.; OJIMA, M.; PIO, R.; CHAGAS, E. A. Avaliação da capacidade reprodutiva de algumas cultivares de marmeleiros visando a obtenção de porta-enxertos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 274-278, 2007.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E.; Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2011.
- FIORAVANÇO, J. C.; SIMONETTO, P. R.; GRELLMANN, E. O. Comportamento fenológico e produtivo de marmeleiros em Veranópolis, RS. **Ciência e agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 15-20, 2006.
- GUEDES, M. N. S.; MARO, L. A. C.; ABREU, C. M. P.; PIO, R.; PATTO, L. S. Composição química, compostos bioativos e dissimilaridade genética entre cultivares de amoreira (*Rubus* spp.) cultivadas no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 206-213, 2014.
- HE, J.; FAN, J.; LI, S.; HUANG, B.; BAN, X.; WANG, Y. Genetic variability of cultivated *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai based on AFLP analysis. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 57, p. 445-450, 2014.
- HUSSON, F.; LÊ, S. **Pagès, Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R**. Taylor & Francis USA. 1ª edição. 2010, 228 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 jan. 2017.

LEITE, G. B.; PETRI, J. L.; COUTO, M. Dormência das fruteiras de clima temperado. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: UFLA, 2014. p. 56-79.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

KATAYAMA, K.; AMO, H.; WUYUN, T.; UEMATSU, C.; IKETANI, H. Genetic structure and diversity of the wild Ussurian pear in East Asia. **Breeding Science**, v. 66, n. 1, 2016.

MAECHLER, M., ROUSSEEUW, P., STRUYF, A., HUBERT, M., HORNIK, K. **Cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions**. R package version 2.0.5., 2016.

MALIKA, C.; NADIA, G.; VERONIQUE, B.; A. NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. **Journal of Statistical Software**, v. 61, n. 6, p. 1-36. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/v61/i06/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

MANICA-BERTO, R.; PEGORARO, C.; MISTURA, C. C.; BRESOLIN, A. P. S.; RUFATO, A. R.; FACHINELLO, J. C. Similaridade genética entre cultivares de marmeleiro avaliadas por marcadores AFLP. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 5, p. 568-571, 2013.

MARTÍNEZ-VALERO, R.; MELGAREJO, P.; SALAZAR, D. M.; MARTÍNEZ, R.; MARTÍNEZ, J. J.; HERNÁNDEZ, F. Phenological stages of the quince tree (*Cydonia oblonga*). **Annals of Applied Biology**, v. 139, p. 189-192, 2001.

MLADENOVIĆ, E.; BERENJI, J.; KRALJEVIĆ-BALALIĆ, M.; ČUKANOVIĆ, J.; BLAGOJEVIĆ, I. Multivariate analysis of species from cucurbitaceae family. **Genetika**, v. 44, n. 2, p. 227-234, 2012.

MOJENA R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, p. 359-363, 1977.

NIENOW, A. A.; FLOSS, L. G. Produção de pessegueiro e nectarina no planalto médio do Rio Grande do Sul em anos de inverno ameno. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, 2003.

ORHAN, E.; NARDEMIR, G.; AGAR, G.; ERCISLI, S. Genetic variation among quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes sampled from the Coruh valley in Turkey. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 1, p. 445-449, 2014.

PEREIRA-LORENZO, S.; SANTOS, A. R. F.; RAMOS-CABRER, A. M.; SAU, F.; DÍAZ-HERNÁNDEZ, M. B. Morphological variation in local pears from north-western Spain. **Scientia Horticulturae**, v. 138, p. 176-182, 2012.

PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET J.H.J.; MATOS, C.S.; POLA, A.C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis, Epagri, 1996. 110 p.

PIO, R. **Cultivo do Marmeleiro**. In: Pio, R. Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais. 1. ed. Lavras: UFLA, 2014. p.158-185.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 210-212, 2003.

R CORE TEAM (2015). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

REIG, G.; BLANCO, A.; CASTILLO, A. M.; GOGORCENA, Y.; MORENO, M. A. Phenotypic diversity of Spanish apple (*Malus x domestica* Borkh) accessions grown at the vulnerable climatic conditions of the Ebro Valley, Spain. **Scientia Horticulturae**, v. 185, p. 200–210, 2015.

ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, n. 20, p. 53-65, 1987.

SINGH, H.K.; SINGH, V.B.; KUMAR, R.; BARANWAL, D.K.; RAY, P.K. Assessment of genetic diversity based on cluster and principal component analyses for yield and its contributing characters in bitter melon. **Indian Journal of Horticulture**, v. 71, n. 1, p. 55-60, 2014.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon** v. 11, p. 33-40, 1962.

TOPCU, H.; KAFKAS, S.; DOGAN, A.; AKCAY, M.E.; ERCISLI, S. Genetic relatedness among quince (*Cydonia oblonga* Miller) accessions from Turkey using amplified fragment length polymorphisms. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 88, p. 197-201, 2015.

**ARTIGO 2 - Emprego de índice para a seleção de cultivares de marmeleiro nos trópicos****RESUMO**

O cultivo do marmeleiro nos trópicos é recente, e o maior entrave é a indicação de cultivares produtivas e adaptadas para essa condição climática. Nesse sentido, o emprego de índice de seleção baseado em caracteres fenotípicos constitui uma ferramenta relevante no processo de seleção de cultivares para o cultivo nos trópicos. Partindo deste pressuposto, objetivou-se com este trabalho selecionar cultivares de marmeleiro, com melhor desempenho, por meio de índices de seleção para o cultivo nos trópicos. Foram estudadas 28 cultivares dispostas em blocos ao acaso, em três ciclos produtivos. As variáveis fenotípicas avaliadas foram: produtividade, duração da colheita, duração do florescimento, número de brindilas por ramo e horas de frio. Foram empregados na análise dos dados obtidos o ranqueamento das cultivares com base em índices de seleção que foram: produtividade, índice de soma de classificação e índice de soma das variáveis padronizadas. Posteriormente, foram obtidas as coincidências e o estudo de correlação entre os índices avaliados. A cultivar Bereckzy se destacou para o cultivo nos trópicos, ficando na primeira posição nos três índices estudados. A correlação mais elevada foi obtida entre índice Z e soma de rankings, o que mostra a elevada relação entre estes índices de seleção na avaliação das variáveis fenotípicas dos marmeleiros.

**Palavras-chave:** Correlação. Índice Z. Produtividade. Ranking de produção.

## ABSTRACT

The quince tree cultivation in the tropics is recent, and the main obstacle is the indication of cultivars that are productive and adapted to this climatic condition. For this reason, the use of selection index based on phenotypic characters is an important tool in the selection process of cultivars for cultivation in the tropics. Based upon this assumption, the objective of this work was to select quince tree cultivars with better performance, through selection indexes for cultivation in the tropics. Twenty-eight cultivars arranged in randomized blocks were studied for three productive cycles. The phenotypic characteristics evaluated were: yield, harvest duration, duration of flowering, number of brindles per branch and chilling hours. The rankings of the cultivars based on selection indices were used: the productivity, the classification sum index and the sum index of the standard variables. Subsequently, the coincidences and the correlation study between the indices evaluated were obtained. The cultivar Bereckzy stood out for cultivation in the tropics, ranking first in the three indices studied. The highest correlation was obtained between Z index and sum of rankings, which shows a high relation between these selection indices in the evaluation of phenotypic characteristics of quince trees.

**Keyword:** Correlation, Z index, Productivity, Ranking of production.

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de fruteiras originárias de clima temperado, quando cultivadas nos trópicos, possibilita a colheita em épocas de menores ofertas (BARBOSA et al., 2010; CHAGAS et al., 2012). Isso devido ao início da colheita dos frutos ocorrerem em época antecipada, em relação às tradicionais regiões mais frias (SOUZA et al., 2013). Essa precocidade de maturação é decorrente do clima hibernal mais quente, o que possibilita se efetuar a poda e a indução da brotação das gemas com produtos químicos ainda no inverno, por não haver riscos de geadas tardias (BETTIOL NETO et al., 2011).

O marmeleiro (*Cydonia oblonga* Miller) pertence ao gênero *Cydonia* e tem sua origem em regiões de clima temperado (ZAMBON et al., 2014). Alguns estudos mostram que as cultivares de marmeleiro apresentam alta variabilidade genética em condições naturais, (MANICA-BERTO et al., 2013) por esta razão, a caracterização de cultivares produtivas e de elevado potencial agrônomo, com vistas a indicação para cultivos nos trópicos, configura um ponto primordial na retomada de produtividade.

A seleção de cultivares não deve ser feita com base em apenas um caráter, uma vez que as cultivares com potencial econômico alia múltiplos caracteres de interesse agrônomo, como desempenho produtivo, adaptabilidade e estabilidade na produção (BERTINI et al., 2010; RODRIGUES et al., 2011). A seleção simultânea de múltiplos caracteres pode ser realizada por diferentes métodos, e os índices de seleção têm sido frequentemente utilizados com este fim, em fruteiras (TEIXEIRA, et al., 2012). Dessa forma, esta técnica pode atuar como uma ferramenta promissora na indicação de cultivares de marmeleiro com maior potencial e comportamento produtivo mais expressivo nos trópicos.

Atualmente, encontram-se disponíveis na literatura, vários índices de seleção que podem auxiliar na identificação de genótipos superiores para vários caracteres, o que pode reduzir o insucesso que muitas vezes ocorre na seleção de cultivares com base em apenas uma característica, principalmente quando não são consideradas características fenotípicas como cor, forma, tamanho, e qualidade de fruto, sendo, portanto, uma das tarefas mais difíceis em um programa de melhoramento (CRUZ et al., 2004). Dentre estes, está o índice de soma de 'ranks' de Mulamba e Mock, (1978), que consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento, e apresenta como vantagem a eliminação da necessidade de se estabelecerem pesos econômicos e a estimativa de variâncias e covariâncias (CRUZ et al., 2004). Outro índice proposto recentemente para o melhoramento

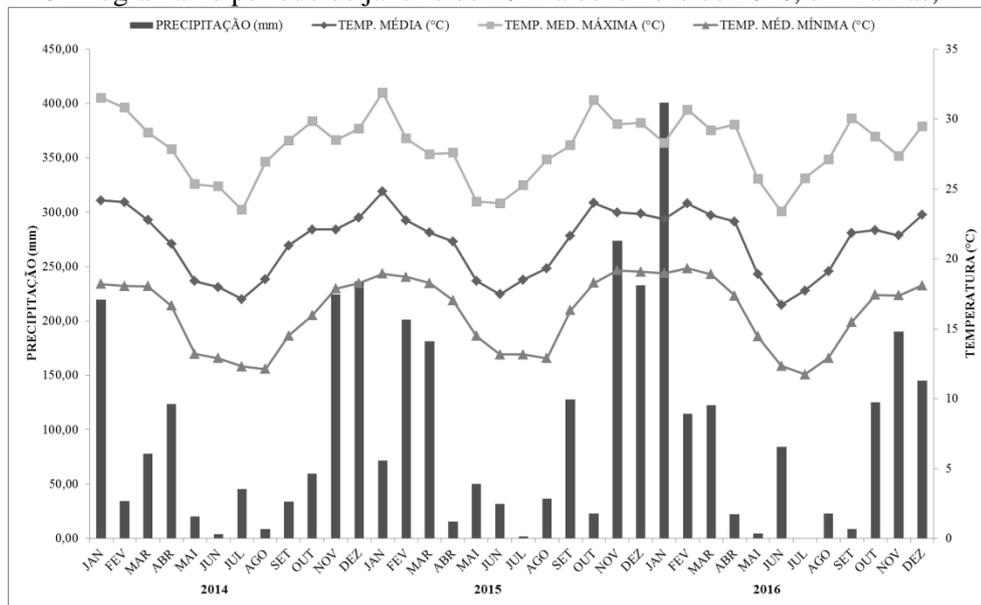
genético de culturas anuais, o índice Z, calculado com base no somatório das variáveis padronizadas, constitui uma boa alternativa na seleção de cultivares com bom desempenho (MENDES et al., 2009) e, segundo Reis et al. (2011), este índice possibilita visualizar em quais caracteres o indivíduo ou a progênie têm fenótipos favoráveis e em quais ela é deficiente, sendo a identificação dos indivíduos de melhor desempenho, rápida e fácil.

Partindo deste pressuposto, objetivou-se com este trabalho selecionar cultivares de marmeleiro com melhor desempenho, por meio de índices de seleção para o cultivo nos trópicos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um cultivo de plantas adultas de marmeleiros, localizado na latitude 21°14' sul e longitude de 44° 00' oeste e altitude de 919 metros, com clima Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, ou seja, com inverno seco e verão chuvoso e temperatura do mês mais quente maior que 22°C (DANTAS et al., 2007). A variação climática no período de avaliação das cultivares está apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Climograma no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, em Lavras, MG, Brasil.

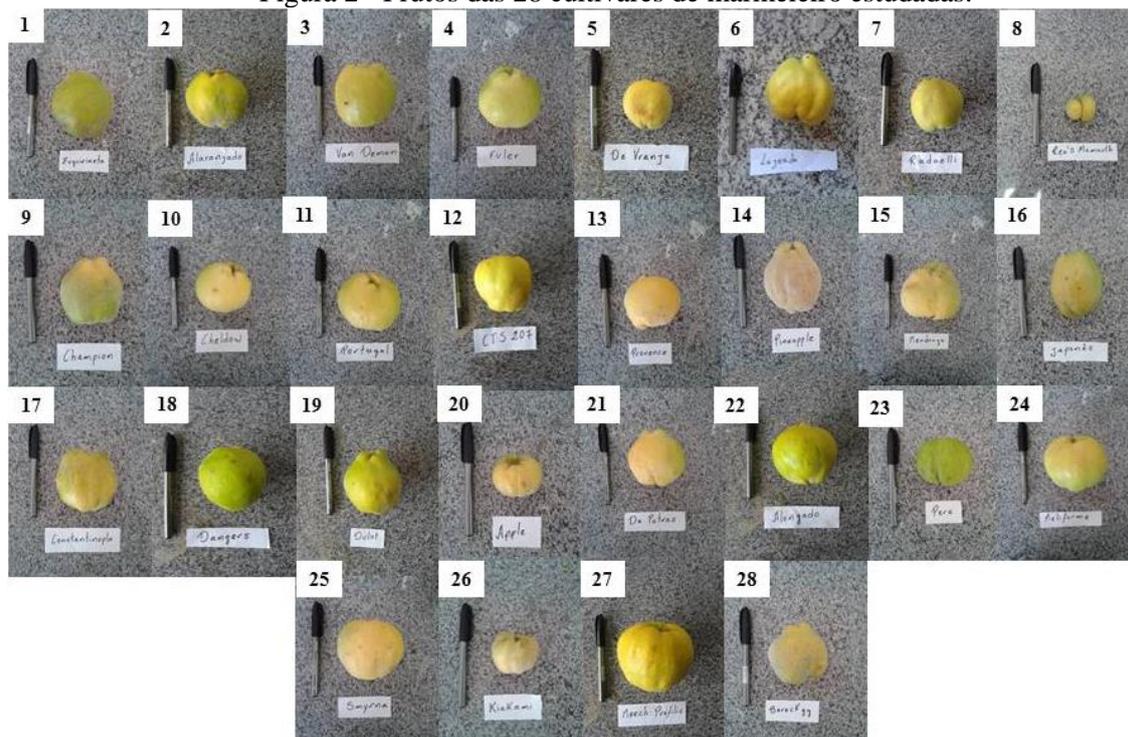


Fonte: INMET (2017).

As plantas foram propagadas via enxertia, utilizando-se como porta-enxerto a cultivar ‘Japonês’ da espécie *Chaenomeles sinensis* Koehne, sendo estudada também como cultivar copa, além de outras 27 cultivares das espécies *Cydonia oblonga* Mill: ‘Zuquirineta’,

‘Alaranjado’, ‘Van Deman’, ‘Fuller’, ‘De Vranja’, ‘Lajeado’, ‘Radaelli’, ‘Rea’s Mamouth’, ‘Champion’, ‘Cheldow’, ‘Portugal’, ‘CTS 207’, ‘Provence’, ‘Pineapple’, ‘Mendoza INTA 37’, ‘Constantinopla’, ‘Dangers’, ‘Dulot’, ‘Apple’, ‘De Patras’, ‘Alongado’, ‘Pera’, ‘Meliforme’, ‘Smyrna’, ‘Kiakami’, ‘Meech Profilio’ e Bereckzy’, a figura 2 mostra os frutos das cultivares em estudo.

Figura 2 - Frutos das 28 cultivares de marmeleiro estudadas.



1 - ‘Zuquirineta’; 2 - ‘Alaranjado’; 3 - ‘Van Deman’; 4 - ‘Fuller’; 5 - ‘De Vranja’; 6 - ‘Lajeado’; 7 - ‘Radaelli’; 8 - ‘Rea’s Mamouth’; 9 - ‘Champion’; 10 - ‘Cheldow’; 11 - ‘Portugal’; 12 - ‘CTS 207’; 13 - ‘Provence’; 14 - ‘Pineapple’; 15 - ‘Mendoza INTA 37’; 16 - ‘Japonês’; 17 - ‘Constantinopla’; 18 - ‘Dangers’; 19 - ‘Dulot’; 20 - ‘Apple’; 21 - ‘De Patras’; 22 - ‘Alongado’; 23 - ‘Pera’; 24 - ‘Meliforme’; 25 - ‘Smyrna’; 26 - ‘Kiakami’; 27 - ‘Meech Profilio’; 28 - Bereckzy’. Fonte: Do autor 2017.

O plantio das mudas ocorreu no ano de 2010, assim por ocasião da primeira avaliação, as plantas se encontravam com quatro anos de idade. As plantas foram conduzidas no sistema ‘taça aberta’, em espaçamento 2,5 x 4m.

As podas ocorreram, respectivamente, no início de mês de junho ao longo dos três ciclos produtivos avaliados (2013 a 2016). Em torno de 15 dias após a poda, foi realizada a indução vegetativa e floral das gemas, quando as gemas das plantas ainda se encontravam em dormência. Na indução, foi efetuada a aplicação de cianamida hidrogenada na concentração de 0,25%, cujo nome comercial do produto Dormex®.

O trabalho foi conduzido em delineamento com blocos casualizados, com quatro blocos e duas plantas por parcela. Foram avaliadas as seguintes variáveis: produtividade (Y) em toneladas por hectare (t/ha), duração da colheita em dias (DC), duração do florescimento em dias (DF), brindilas por ramo (BR/R) e número de horas de frio (abaixo de 12 °C), que ocorreram durante o período de condução experimental (HF).

Para a característica brindilas por ramo, foi escolhida uma planta por parcela experimental, e efetuada a marcação de quatro ramos em cada planta, totalizando dezesseis ramos por cultivar. Os ramos escolhidos mediam, em média, entre 10 e 35 cm, sendo escolhidos ramos que se desenvolveram no ano anterior. Aos quinze dias após a poda, iniciaram-se as avaliações quanto ao número de brindilas (ramos floríferos) por ramo marcado. A necessidade de frio de cada cultivar foi estimada calculando-se a média do número de horas ocorridas com temperaturas abaixo de 12 °C, do dia primeiro de maio até a data do início da brotação, para cada cultivar, nos anos avaliados conforme a metodologia de Citadin et al. (2002). Para as variáveis produtividade, duração do florescimento e duração da colheita, efetuou-se a avaliação das duas plantas presentes na parcela experimental, totalizando oito plantas por cultivar.

Posteriormente, foi realizada a análise de variância das variáveis avaliadas e procedeu-se o cálculo da variável padronizada  $Z_{ij}$ , e foi obtida pelo seguinte estimador:

$$Z_i = \frac{(y_i - \bar{X}_{y.i})}{(s_i)}$$

Em que  $Z_i$  é o valor da variável padronizada da cultivar  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 28$ );  $y$  é a observação da variável  $i$  das cultivares;  $\bar{X}_{y.i}$  é a média geral de  $y$  na observação da variável  $i$  das cultivares e  $s_i$  é o desvio-padrão fenotípico da variável  $i$ .

Com a padronização, os caracteres foram submetidos ao seguinte estimador, de acordo com relevância e representatividade das variáveis no processo de seleção, as mesmas foram submetidas à seguinte expressão para cálculo do índice  $Z$ :

$$IZ = Z_i Y - Z_i DC - Z_i DF + Z_i BrR - Z_i HF$$

Onde os sinais positivos indicam os caracteres em que se deseja aumentar a expressão na seleção, e os caracteres que receberam sinais negativos indicam os caracteres que se deseja

reduzir a expressão na seleção. Como a variável  $Z_{ij}$  pode assumir valores negativos e positivos, foi somado o valor 10a estimativa, para tornar impossível a ocorrência de valores negativos, ficando a equação da seguinte forma:

$$IZ = 10 + Z_i$$

Por fim, foi calculado o Índice de soma de classificação proposto por Mulamba e Mock (1978), que foi obtido pela classificação das cultivares para os caracteres Y, Br/R, DC, DF e HF, recebendo toda cultivar um número de classificação para cada caráter, adotando-se o critério de sempre utilizar número de classificação 1 para o melhor valor do respectivo caráter e, assim, sucessivamente. Desse modo, os indivíduos com classificação 1 foram aqueles com maiores médias para os caracteres Y e Br/R, e os com menor valor, para DF, DC e HF.

Após a obtenção dos números de classificação de cada genótipo, foi calculada a soma de índices de acordo com a expressão:

$$I = \sum n_i$$

A eficiência dos procedimentos de análise foi avaliada pelo valor obtido na seleção calculada a partir da média das respostas das cultivares em seis intensidades de seleção (5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%). Também foi estimada a correlação classificatória de Spearman, a mesma teve sua significância testada pelo índice de coincidência proposto por Hamblin e Zimmermann (1986). Para este último utilizou-se a seguinte expressão:

$$IC = \frac{(A - C)}{(M - C)}$$

Em que:

A: número de cultivares (ou indivíduos) estudadas;

M: número de cultivares (ou indivíduos) selecionadas;

C: quantifica o número de cultivares coincidentes devido ao acaso. Utilizou-se para o cálculo o mesmo percentual dos cultivares selecionadas.

A análise de variância, coeficientes de coincidência e correlação de Spearman foram calculados por meio do Software GENES (CRUZ, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do ranqueamento de todos os caracteres considerados importantes na produção, visando à identificação de cultivares de marmeleiro que apresentem melhores colocações em relação aos caracteres estudados, foi realizada a seleção de cultivares superiores. O resultado do ranqueamento está apresentado na Tabela 1. De acordo com os critérios estabelecidos para as cinco variáveis, o índice Z variou entre ‘Bereckzy’ (15,73) e ‘Japonês’ (4,28), soma de ranks variou entre ‘Bereckzy’ (38) e ‘Japonês’ (111) e a produtividade entre Bereckzy (3,62) e Constantinopla (0,35), respectivamente. Segundo Bertini et al. (2010), o menor valor do ranqueamento indica uma combinação mais favorável entre todas as variáveis analisadas. Dessa forma, foi possível identificar que ‘Bereckzy’ foi superior em relação ao índice Z, soma de rankings e produtividade (15,73, 38 e 3,62, respectivamente), ficando na primeira posição em todos os rankings avaliados. Ademais, as cultivares ‘CTS 207’, ‘Cheldow’ e ‘Alaranjado’ ocupam posições de destaque no índice Z e soma de rankings.

Ao confrontar os ranqueamentos das cultivares pelo índice Z e soma de rankings, observou-se ‘Bereckzy’ (15,73 e 38) e ‘CTS 207’ (14,61 e 39) ocupando as duas primeiras posições e ‘Cheldow’ (13,50 e 43) na terceira posição, seguida de ‘Alaranjado’ (13,29 e 49), respectivamente, que também apresentou produtividade de 2,52 t/ha, ocupando a segunda posição nesta variável, compartilhando com ‘Alongado a mesma posição na soma de rankings (39).

Conforme Cruz et al. (2004), a utilização dos índices, mesmo considerando apenas um caráter como principal, mostra-se vantajosa em relação à seleção direta, uma vez que possibilita ganhos mais distribuídos em todos os caracteres avaliados, com ganhos totais maiores, sem proporcionar perda significativa no caráter principal.

As cultivares com menor desempenho foram ‘Kiakami’, ‘Mendonza’ e ‘Japonês’, em relação ao índice Z e à soma de rankings, ocupando as últimas posições, com respectivamente 4,90, 4,80, 4,28 e 105, 109, 111 (TABELA 1). Os índices de desempenho baseados em variáveis fenotípicas mostraram-se úteis para a seleção de cultivares de citros em função da destinação da produção (CAPUTO et al., 2012). Na seleção pelo critério de produtividade, Mendoza chama atenção, ocupando a quarta posição (2,23), o que mostra a discrepância deste em relação aos demais índices de seleção, com IZ de 4,99 e soma de rankings igual a 109,

situando entre as cultivares com pior desempenho apresentado nestes índices, corroborando com outros trabalhos como o de Mendes et al. (2009) ao mencionar que na seleção de linhagens e populações segregantes superiores de feijoeiro, deve-se considerar vários caracteres conjuntamente. Além disso, outros caracteres fenológicos como a duração do florescimento devem ser observados, pois, quanto menor for este período, mais precoce será a produção de marmelos. Como ocorre na seleção do caso do açazeiro, onde mais caracteres também devem ser levados em consideração na seleção, segundo Teixeira et al. (2012) além da maior produção de frutos, também é interessante que se obtenha populações com menor entressafra, isto é, que produzam durante maior número de meses ao ano.

Tabela 1 - Ranking de estimador (IZ), soma de rankings e produtividade (t/ha) (Y) na seleção de cultivares de marmeleiro nos trópicos. (Continua...)

<b>Ranking</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Índice Z</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Soma de rankings</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Y</b>
1	Bereckzy	15,73	Bereckzy	38	Bereckzy	3,62
2	CTS 207	14,61	CTS 207	39	Alaranjado	2,52
3	Cheldow	13,50	Cheldow	43	Dulot	1,89
4					Mendoza INTA	
	Alaranjado	13,29	Alaranjado	49	37	1,85
5	Alongado	12,76	Alongado	49	Alongado	1,80
6	Lajeado	12,02	Fuller	52	Meliforme	1,70
7	Rea's Mamouth	11,70	Dulot	55	Fuller	1,61
8	Provence	11,66	Provence	57	Lajeado	1,59
9	Dulot	11,47	Rea's Mamouth	57	De Patras	1,52
10	Dangers	10,95	Lajeado	61	CTS 207	1,47
11	Fuller	10,92	Dangers	64	Meech Profilic	1,40
12	Pera	10,54	De Vranja	68	Pineapple	1,39
13	De Vranja	10,52	Pera	68	Dangers	1,35
14	Radaelli	10,48	Radaelli	70	Radaelli	1,23
15	Portugal	10,41	Portugal	73	Provence	1,16

Ranking	Cultivar	Índice Z	Cultivar	Soma de rankings	Cultivar	Y
16	Champion	9,78	Champion	74	Cheldow	1,16
17	Constantinopla	9,48	Meliforme	76	De Vranja	1,07
18	Zuquerineta	9,26	Constantinopla	76	Portugal	1,04
19	Meliforme	8,66	Zuquerineta	80	Kiakami	0,99
20	Van Deman	8,56	De Patras	85	Van Deman	0,93
21	Pineapple	8,49	Pineapple	89	Smyrna	0,92
22	Apple	8,27	Smyrna	89	Apple	0,87
23	De Patras	8,27	Van Deman	93	Zuquerineta	0,74
24	Smyrna	8,26	Meech Profilic	100	Japonês	0,71
25	Meech Profilic	6,42	Apple	100	Rea's Mamouth	0,68
26	Kiakami	4,90	Kiakami	105	Champion	0,48
27	Mendoza INTA		Mendoza INTA			
	37	4,80	37	109	Pera	0,36
28	Japonês	4,28	Japonês	111	Constantinopla	0,35

(Conclusão)

A correlação observada entre a produtividade e a soma de rankings (-0,41), foi negativa, ou seja, esse valor demonstra serem inversamente proporcionais assim quanto maior a produtividade, menor a soma de rankings. Fato semelhante foi observado também na correlação entre soma de rankings e índice Z (-0,97), embora sejam inversamente proporcionais constatando-se pelo valor negativo, pois são ranqueados de maneira inversa, este valor demonstra serem altamente correlacionados. Ocorreu um aumento na magnitude dos valores obtidos para IZ, em relação à produtividade, (0,34). Esses resultados foram ratificados pela obtenção do índice de coincidência, onde para os dois rankings (índice Z e produtividade) o percentual de selecionados obteve maior proporção na seleção em relação aos demais. Verificou-se que com aumento da correlação ocorreu um aumento no percentual de coincidentes (Tabela 2).

De acordo com Ferreira et al. (2016), quanto maior o coeficiente de coincidência entre dois índices de seleção, maior será a concordância dos resultados de seleção entre eles, tendo em vista que o coeficiente de coincidência revela a concordância do resultado da seleção entre as progênies. Os coeficientes de correlação são úteis e constituem uma alternativa relevante, ao se analisar em conjunto os parâmetros fenotípicos para seleção de cultivares com desempenho superior. Segundo afirma Rashidi et al. (2017) que ao utilizar coeficientes de correlação para analisar parâmetros fenotípicos como índices de tolerância à seca e estresse,

além de fatores ligados a produtividade, ressaltam que estes mostraram-se critérios superiores para a seleção de genótipos de *Brassica* sp. com alto rendimento.

Tabela 2 - Coeficiente de coincidência na seleção das melhores cultivares de marmeleiros para índice Z (IZ), soma de rankings em relação e produtividade (t/ha) em diferentes cultivares de marmeleiro.

<b>Percentual de selecionados (%)</b>	<b>Soma de rankings x Y</b>	<b>IZ x Y</b>	<b>Soma de rankings x IZ</b>
5	100	100	100
10	33,33	50	100
15	50	50	100
20	50	60	83,33
25	71,43	42,86	71,43
30	62,5	50	75
Correlação de Spearman	-0,41	0,34	-0,97

Foram observados os maiores índices de coincidência (100, 100, 100, 83,33, 71,43 e 75) para IZ e soma de rankings, que permite selecionar 1, 3, 4, 6, 7 e 8 cultivares, respectivamente, levando-se em consideração os dois rankings avaliados. Os índices atingiram menor magnitude de correlação quando comparados com a produtividade. Estes resultados demonstram a importância de se observar vários caracteres visando-se a seleção de cultivares de marmeleiro e não apenas a produtividade. Em maracujazeiro, Ferreira et al. (2016), observaram elevado índice de coincidência (86,66%) que permitiu selecionar oito progênies superiores para as características número de frutos por parcela, massa total de frutos por parcela e massa média de frutos. Ainda segundo estes autores, entre os 27 genótipos estudados e menciona que embora tenha sido encontrada alta concordância entre duas das características avaliadas (número de frutos e massa total de frutos). Assim os autores optaram por utilizar as informações das três características para efetuar a seleção, devido à relevância da característica massa média de frutos e sua associação com a melhor qualidade do fruto e maior ganho no preço de mercado da fruta.

#### **4 CONCLUSÕES**

A cultivar 'Bereckzy' se destacou para o cultivo nos trópicos, ficando na primeira posição nos três índices de seleção avaliados.

A correlação mais elevada foi entre índice Z e soma de rankings, embora sendo inversamente proporcionais, isto mostra a elevada relação entre estes índices de seleção.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, W.; CHAGAS, E. A.; POMMER, C. V.; PIO, R. Advances in low-chilling peach breeding at Instituto Agrônômico, São Paulo State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 872, p. 147-150, 2010.
- BERTINI, C. H. C. M.; ALMEIDA, W. S.; SILVA, A. P. M.; SILVA, J. W. L.; TEÓFILO, E. M. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2010.
- BETTIOL NETO, J. E.; PIO, R.; SANCHES, J.; CHAGAS, E.A.; CIA, P.; CHAGAS, P.C.; ANTONIALI, S. Produção e atributos de qualidade de cultivares de marmeleiro na região paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 1035-1042, 2011.
- CAPUTO, M. M.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; SILVA, S. R.; BREMER NETO, H.; COUTO, H. T. Z.; STUCHI, E. S. Seleção de cultivares de laranja doce de maturação precoce por índices de desempenho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 11, p. 1669-1672, 2012.
- CHAGAS, E. A.; CHAGAS, P. C.; PIO, R.; BETTIOL NETO, J. E.; SANCHES, J.; CARMO, S. A.; CIA, P.; PASQUAL, M.; CARVALHO, A. S. Produção e atributos de qualidade de cultivares de macieira nas condições subtropicais da região Leste paulista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1764-1769, 2012.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; HERTER, F. G.; SILVEIRA, C. A. P. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 703-706, 2002.
- CRUZ, C. D. Gene's software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1. 480 p.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. L.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1. p. 158-166, 2016.
- HAMBLIN, J.; ZIMMERMAN, M. J. O. Breeding common bean for yield mixtures. **Plant Breeding Reviews**, v. 4, p. 245-272, 1986.

MANICA-BERTO, R.; PEGORARO, C.; MISTURA, C. C.; BRESOLIN, A. P. S.; RUFATO, A. R.; FACHINELLO, J. C. Similaridade genética entre cultivares de marmeleiro avaliadas por marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 568-571, 2013.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1312-1318, 2009.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the 'Eto Blanco' maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-57, 1978.

RASHIDI, F.; MAJIDI, M. M.; PIRBOVEIRY, M. Response of different species of Brassica to water deficit. **International Journal of Plant Production**, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2017.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ROSADO, A. M. Seleção de progênies de eucalipto pelo índice Z por MQM e Blup. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 517-523, 2011.

RODRIGUES, F.; VON PINHO, R. G.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, E. V. R. Índice de seleção e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para características relacionadas com a produção de milho-verde. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 278-286, 2011.

SOUZA, F. B. M.; ALVARENGA, A. A.; PIO, R.; GONÇALVES, E. D.; PATTO, L. S. Produção e qualidade dos frutos de cultivares e seleções de pessegueiro na Serra da Mantiqueira. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 133-139, 2013.

TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. S. P.; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R. Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 237-243, 2012.

ZAMBON, C. R.; SILVA, L. F. O.; PIO, R.; FIGUEIREDO, M. A.; SILVA, K. N. Estabelecimento de meio de cultura e quantificação da germinação de grãos de pólen de cultivares de marmeleiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 400-407, 2014.

**ARTIGO 3 - Characterization and marmelate processing potential of quince cultivars cultivated in tropical regions**

Formatado segundo as normas da Revista Brasileira de Fruticultura

**RESUMO**

Com o intuito de agregar valor ao produto final, e visando identificar quais cultivares implantadas em regiões tropicais são mais apropriadas para o processamento de marmeladas, o objetivo deste estudo foi caracterizar e avaliar a influência de diferentes cultivares de marmeleiros ('Fuller', 'Smyrna', 'Portugal', 'Provence', 'Mendonza Inta-37', 'Alaranjado', 'Lajeado', 'CTS 207', 'Dangers' e 'Bereckzy') cultivadas em regiões tropicais do Brasil sobre as características físico-químicas, propriedades reológicas e o perfil de aceitação do consumidor da marmelada obtida. As diferentes cultivares de marmelo apresentaram grande variabilidade entre si em relação a características físicas, físico-químicas e em relação ao teor de compostos bioativos e atividade antioxidante. Entretanto, as cultivares estudadas deram origem a marmeladas muito semelhantes entre si que apresentaram alta aceitação sensorial, com exceção da cultivar Mendonza Inta-37 que deu origem a uma marmelada menos aceita.

**Palavras-chave:** *Cydonia oblonga*. Cultivares de marmelo. Marmelada. Processamento.

## ABSTRACT

With the purpose of adding value to the final product and aiming to identify which cultivars implanted in tropical regions are more appropriate for the processing of marmelate, the objective of this study was to characterize and evaluate the influence of different cultivars of quince ('Fuller', 'Smyrna', 'Portugal', 'Provence', 'Mendonza Inta-37', 'Alaranjado', 'Lajeado', 'CTS 207', 'Dangers' and 'Bereckzy') grown in tropical Brazilian regions, on the physical-chemical characteristics, rheological properties and the consumer acceptance profile of the obtained marmelate. The different quince cultivars presented great variability among themselves in relation to physical and physicochemical characteristics and in relation to the content of bioactive compounds and antioxidant activity. However, the cultivars studied gave rise to marmelates that were similar to each other, which had a high sensory acceptance, except for the cultivar Mendonza Inta-37, which resulted in a less accepted marmelate.

**Keywords:** *Cydonia oblonga*. Quince cultivars. Marmelate. Processing.

## 1 INTRODUCTION

The quince tree (*Cydonia oblonga* Mill.) is an important cultivation option for many growers (PIO et al. 2009; VANIN et al. 2010), mainly because of its rusticity compared to other temperate fruit trees and the probability of cultivation in practically all areas that offer mild winters. The quinces present great processing viability, mainly in the elaboration of marmalades, jellies and jams (ALVARENGA et al. 2008; PEREIRA et al. 2011) since this fruit is practically not consumed in fresh form.

Quince has many benefits to human health (MORADI et al. 2016), acting as anti-inflammatory, anti-carcinogenic, anti-microbial and anti-allergic (SHINOMIYA et al. 2009) and is an excellent source of bioactive compounds. This fruit is attracting interest due to its functional properties mainly related to its high antioxidant capacity and high phenolic compound content (SZYCHOWSKI et al. 2014).

Despite the efforts to grow quince in tropical and subtropical regions (BETTIOL NETO et al. 2011), only the Portugal cultivar has been commercially exploited in these regions (PIO et al. 2008). However, there are other cultivars with similar productive potential to 'Portugal', such as 'Smyrna', 'Mendoza INTA-37', 'Fuller' and 'Provence', in subtropical regions (BETTIOL NETO et al. 2011) and even in colder regions, such as 'Lajeado' (FIORAVANÇO et al. 2006).

According to Alvarenga et al. (2008), despite the productive capacity of the cultivars, the quality of the products produced from different quince cultivar fruits is quite variable. Due to the availability of several quince cultivars, it is necessary to carry out a study to verify which cultivar or cultivars are most suitable for processing, that is, which give rise to better quality jams and marmelates (KAPOOR & RANOTE, 2016).

In this context, the objective of this study was to characterize and evaluate the influence of different quince cultivars ('Fuller', 'Smyrna', 'Portugal', 'Provence', 'Mendoza Inta-37', 'Alaranjado', 'Lajeado' 207 ', 'Dangers' and 'Bereckzy') cultivated in tropical regions of Brazil on the physical-chemical characteristics, rheological properties and sensory acceptance of the resulting marmelate in order to identify the cultivars with the greatest potential for industrial use.

## 2 MATERIALS AND METHODS

Ten cultivars of quince were used ('Fuller', 'Smyrna', 'Portugal', 'Provence', 'Mendonza Inta-37', 'Alaranjado', 'Lajeado', 'CTS 207', 'Dangers' and 'Bereckzy'). When the fruits reached physiological maturity they were collected in the city of Lavras - MG (Brazil). This municipality is located at 21°14'south latitude and 45°00' west longitude, at an average altitude of 918 meters. The climate is tropical climate of altitude, with dry winter and rainy summer, according to Köppen classification (MOURA et al. 2012). After harvesting, the fruits were separated according to maturity, caliber and equality. Subsequently the fruits that presented physical or microbiological damage were rejected and sanitization with chlorinated water was done. After this procedure the fruits were kept cold (-15oC) until the marmelate processing.

In addition to fruits, sucrose, high methoxylation pectin (Danisco, SP, Brazil) and citric acid were used for the marmelate preparation.

Ten marmelate formulations were prepared and the quince cultivars were the only variations among them. The sanitized fruit were ground by adding 50% water for about 5 minutes in a Poly industrial model mixer. LS-4 with a capacity of 4.0 L and a speed of 3500 rpm to obtain the pulp. After this procedure the obtained pulp was passed through a fine mesh sieve to obtain a clear juice.

For the marmelates preparation, 65% quince juice, 35% sugar, 1% high methoxyl pectin and 0.25% citric acid were used. For the processing, the juice and sugar were initially mixed and heated in an open pan with gas flame (Macanuda, SC, Brazil). When this mixture began to boil, powdered pectin was added. At the end of cooking, when the soluble solids reached 65°Brix, the heating was stopped and the citric acid was added. A portable refractometer model RT-82 was used for the measurement of total soluble solids. The still hot marmelates were poured into 250 ml capacity sterilized glass jars, cooled to room temperature and stored at 7°C until the analysis.

Analyzes of quince fruit and marmelate were carried out in three replicates. In the fruits the analyses performed were: length, diameter, unit mass, total soluble solids (SS), total titratable acidity (TA), pH, color (Chroma and Hue), phenolic compounds content, antioxidant

activity (DPPH and ABTS) and vitamin C. From the values found for soluble solids and total titratable acidity, the ratio (SS / TA) was calculated. On the marmelates elaborated from the different quince cultivars the total titratable acidity, pH, color (Chroma and Hue), texture profile analysis and sensorial analysis were performed.

The length and diameter of the fruit were measured with the aid of a 150 mm digital caliper (Kingtools, São Paulo, SP), and average fruit weight was determined by individual weighing of each fruit on an AUX220 semi - analytical scale, (Shimadzu of Brazil, São Paulo, SP).

The total acidity, soluble solids and pH values were determined according to the Adolfo Lutz Institute- IAL (2005). The color was determined according to the method described by Gennadios et al. (1996).

The extracts were obtained according to the method described by Larrauri et al. (1997) by using methanol and acetone solvents in the first and second extraction, respectively. The extracts were used for analysis of total phenolics and for the determination of antioxidant activity.

The total phenolic analysis was performed according to the Folin–Ciocalteu method with some modifications (SINGLETON et al. 1999) and the results are expressed in g gallic acid equivalents (GAE)/100 g.

The antioxidant capacity of the different cultivars was obtained by two methods, DPPH and ABTS. The antioxidant capacity was determined through the reduction of DPPH (2, diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Sigma Chemical Co., St. Louis, USA) by the antioxidant present in the sample; a method proposed by Brand-Williams et al. (1995) with a few modifications and the results were expressed in percentage of sequestration. For the ABTS assay, the procedure followed the method of Re et al. (1999) with minor modifications and the results are expressed as micromoles of Trolox equivalents (TEs) per gram of fresh weight ( $\mu\text{mol}$  of TEs/g of f.w.).

The ascorbic acid analysis was performed through the colorimetric method with 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNPH) described by Strohecker and Henning (1967). The results are expressed in mg ascorbic acid/100 g of fresh weight.

The texture profile analyses (TPA) of the marmelates were performed in penetration mode under the conditions described by Souza et al. (2014): “a pre-test speed of 1.0 mm/s, a test speed of 1.0 mm/s, a post-test speed of 1.0 mm/s, a time interval between penetration cycles of 10 s, a distance of 40.0 mm and compression with a 6.0 mm diameter cylindrical aluminum probe using a Stable Micro Systems TA-XT2i texturometer (Goldaming, England)”. The marmelate samples were compressed by 30%. The parameters analyzed were hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness (FRIEDMAN et al. 1963).

An acceptance test was performed with 95 consumers, where the attributes evaluated were color, taste, consistency and overall liking, using a 9-point hedonic scale (1 = extreme dislike and 9 = extremely liked) (STONE & SIDEL, 1993). Each taster evaluated, on average, 5 grams of each of the ten quince marmelate formulations, which were served in 50 mL plastic cups with 3-digit codes in a balanced order (WAKELING & MACFIE, 1995). Two sensorial analysis sessions were carried out, and in each, five marmelate formulations were evaluated. Sensory analysis was performed according to the local Ethics Committee, approval number 1.091.594.

In order to compare the different quince cultivars in relation to the physical, physico-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity and the different quince marmelate obtained in relation to physical-chemical, rheological and sensorial characteristics, a univariate statistical analysis (ANOVA) and Tukey test were performed to verify if there was a significant difference between the samples at a 5% significance level ( $p \leq 0.05$ ).

In order to better visualize the sensorial acceptance of the consumer a three-way internal preference map obtained by PARAFAC was generated (NUNES et al. 2011). The PARAFAC model was optimized using the value of Core Consistency Diagnostic (CORCONDIA) to choose the number of factors (BRO, 1997; NUNES et al. 2011). Data analysis was performed using the software *SensoMaker* version 1.8 (PINHEIRO et al. 2013).

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

#### Physical and physicochemical analysis of quince cultivars

Table 1 shows the mean values and the mean test of the physical and physico-chemical parameters of the different quince cultivars. It can be verified that there was significant difference ( $p \leq 0.05$ ) for all evaluated attributes.

Table 1 - Average length (AL), average diameter (AD), unit weight (UW), total soluble solids (SS), total acidity (TA), solids/acidity (ratio), pH, ratio, color ( $L^*$ , Croma and  $^{\circ}$ Hue) in different quince cultivars.

Cultivars	AL (mm)	AD (mm)	UW (g)	SS ( $^{\circ}$ Brix)	TA	pH	Ratio	$L^*$	Croma	$^{\circ}$ Hue
Fuller	63.32 <sup>abc</sup>	72.91 <sup>ab</sup>	180.00 <sup>abc</sup>	7.00 <sup>bc</sup>	0.81 <sup>e</sup>	4.46 <sup>a</sup>	8.64 <sup>bc</sup>	56.19 <sup>a</sup>	26.62 <sup>ab</sup>	73.37 <sup>a</sup>
Smyrna	68.53 <sup>abc</sup>	74.90 <sup>ab</sup>	158.66 <sup>abc</sup>	1.33 <sup>d</sup>	0.97 <sup>ab</sup>	3.77 <sup>bc</sup>	1.37 <sup>e</sup>	48.60 <sup>b</sup>	24.47 <sup>bc</sup>	72.88 <sup>a</sup>
Portugal	61.60 <sup>abc</sup>	72.60 <sup>ab</sup>	163.00 <sup>abc</sup>	9.66 <sup>ab</sup>	0.94 <sup>bc</sup>	3.75 <sup>bc</sup>	10.27 <sup>ab</sup>	52.81 <sup>ab</sup>	20.13 <sup>de</sup>	73.02 <sup>a</sup>
Provence	53.23 <sup>c</sup>	60.78 <sup>b</sup>	93.32 <sup>c</sup>	10.33 <sup>a</sup>	0.90 <sup>cde</sup>	4.10 <sup>abc</sup>	11.47 <sup>ab</sup>	48.22 <sup>b</sup>	22.99 <sup>cd</sup>	68.27 <sup>a</sup>
	76.45 <sup>a</sup>	81.62 <sup>a</sup>	239.33 <sup>a</sup>	3.00 <sup>cd</sup>	0.86 <sup>cde</sup>	4.09 <sup>abc</sup>	3.48 <sup>cd</sup>	50.66 <sup>ab</sup>	18.04 <sup>e</sup>	70.32 <sup>a</sup>
Mendoza										
Alaranjado	74.12 <sup>ab</sup>	72.30 <sup>ab</sup>	156.66 <sup>abc</sup>	10.33 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	3.67 <sup>c</sup>	10.33 <sup>ab</sup>	47.60 <sup>b</sup>	18.63 <sup>e</sup>	68.77 <sup>a</sup>
Lajeado	61.54 <sup>abc</sup>	59.03 <sup>b</sup>	100.00 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>cd</sup>	0.91 <sup>c</sup>	3.97 <sup>abc</sup>	4.02 <sup>cd</sup>	48.60 <sup>b</sup>	24.47 <sup>bc</sup>	72.88 <sup>a</sup>
	60.47 <sup>abc</sup>	62.96 <sup>b</sup>	121.66 <sup>abc</sup>	5.00 <sup>cd</sup>	0.90 <sup>cd</sup>	4.09 <sup>abc</sup>	5.55 <sup>cd</sup>	52.99 <sup>ab</sup>	20.84 <sup>de</sup>	69.95 <sup>a</sup>
CTS 207										
Dangers	57.66 <sup>bc</sup>	61.83 <sup>b</sup>	111.66 <sup>bc</sup>	7.00 <sup>bc</sup>	0.85 <sup>de</sup>	4.02 <sup>abc</sup>	8.23 <sup>bc</sup>	50.95 <sup>ab</sup>	27.57 <sup>a</sup>	74.64 <sup>a</sup>
Bereckzy	72.81 <sup>ab</sup>	75.26 <sup>ab</sup>	216.66 <sup>ab</sup>	10.00 <sup>ab</sup>	0.81 <sup>e</sup>	4.34 <sup>ab</sup>	12.34 <sup>a</sup>	38.82 <sup>c</sup>	13.00 <sup>f</sup>	51.93 <sup>b</sup>
CV(%)	9.84	8.73	26.88	15.68	2.19	1.18	15.25	4.39	4.58	6.75

\*Mean values with common letters in the same column indicate that there is no significant difference among samples ( $p \leq 0.05$ ) from Tukey's mean test.

\*\* Total acidity: g malic acid/100 g f.w.

As for the size and weight parameters of the different quince cultivars, through Table 1, it is possible to verify that the Mendoza Inta-37 cultivar stood out from the others presenting the largest dimensions, 76.45 mm in length, 81.62 mm in diameter, and consequently presented the higher unit mass, reaching 239.33 g per fruit. Generally for fresh consumption larger fruits are more accepted by consumers.

The range of soluble solids varied from 1.33 to 10.33  $^{\circ}$ Brix, the acidity ranged from 0.81 to 1.00 g of malic acid/100 g, the pH varied from 3.67 to 4.46 and the ratio ranged from

1.37 to 12.34. It is through these parameters that the fruits are indicated for consumption in fresh form or for industrialization in the form of products like jams and marmelates.

The degree brix is related to the presence of organic acids and the amount of sugars present in the fruit. In general, the fruits with the highest brix content are the sweetest and consequently most appreciated by consumers (SILVA et al. 2002). The soluble solids is one of the factors that lead to the indication of quince maturity, since 80% of this content represents the sugars (BELL et al. 1996). Both sugars and soluble solids are affected by the location of the fruit on the tree, by the amount of fruit on the branch, by the type of pruning that was carried out and mainly by the climate of the region.

According to Paiva et al. (1997), acidity is one of the factors that simulate the classification of fruits based on flavor. The fruits can be classified as mild in flavor and generally more appreciated by the consumer as fresh when the acidity ranges from 0.08 to 1.95%. All studied cultivars fit within this group (Table 1), but for commercialization in the form of products such as jams and marmelates a higher acidity is desirable to aid in gel formation. According to Jackix (1988), the ideal pH for the processing of marmelates is in the range of 3.5, only the cultivar Alaranjado presents values close to this range, that is, in general the quince is a fruit that has an acidity below that recommended for preparation products that undergo gelling, therefore, for the preparation of these products it is necessary to use citric acid in the formulation.

The ratio is also a very important parameter for fruit classification; it reflects the sweet and acidity balance. It was verified that the Portugal, Provence, Alaranjado and Bereckzy cultivars stood out for providing higher ratio values (SST/ATT) (Table 1). Thus, these cultivars have high sweetness and low acidity which reflects in an optimal sweet-acid balance which is desirable for fresh fruit consumption.

As for the coloration of the fruits of the different quince cultivars, the color parameter  $L^*$  ranged from 38.82 to 56.19, the range of variation for Chroma was from 13.00 to 27.59 and Hue from 51.93 to 74.64 (Table 1). The Hue indicates the shade of color, that is, in general the quince cultivars have a yellowish tint, and the chromaticity indicates the color intensity, suggesting that the fruits of the Dangers cultivar have a more intense yellow coloration.

Table 2 shows the content of phenolic compounds, antioxidant activity and vitamin C content of the different quince cultivars. It can be verified that there was a significant difference among the quince cultivars for all the evaluated parameters ( $p \leq 0.05$ ).

Table 2 - The total phenolics, antioxidant capacity (DPPH and ABTS) and ascorbic acid in different quince cultivars.

Cultivars	Total phenolics	Antioxidant capacity – DPPH	Antioxidant capacity – ABTS	Ascorbic acid
Fuller	8.53 <sup>h</sup>	88.70 <sup>ab</sup>	2.34 <sup>bc</sup>	54.28 <sup>a</sup>
Smyrna	12.58 <sup>f</sup>	87.56 <sup>cd</sup>	2.58 <sup>b</sup>	55.27 <sup>a</sup>
Portugal	6.13 <sup>i</sup>	89.10 <sup>ab</sup>	1.65 <sup>cd</sup>	53.88 <sup>a</sup>
Provence	17.20 <sup>b</sup>	86.58 <sup>cde</sup>	3.65 <sup>a</sup>	38.08 <sup>bc</sup>
Mendoza Inta-37	6.45 <sup>i</sup>	86.35 <sup>de</sup>	1.38 <sup>d</sup>	29.92 <sup>de</sup>
Alaranjado	13.13 <sup>e</sup>	90.44 <sup>a</sup>	2.44 <sup>bc</sup>	24.75 <sup>e</sup>
Lajeado	19.39 <sup>a</sup>	88.43 <sup>abc</sup>	1.60 <sup>cd</sup>	34.18 <sup>cd</sup>
CTS 207	15.07 <sup>c</sup>	86.47 <sup>cde</sup>	3.73 <sup>a</sup>	38.33 <sup>bc</sup>
Dangers	13.19 <sup>d</sup>	87.20 <sup>bcd</sup>	1.27 <sup>d</sup>	33.15 <sup>cd</sup>
Bereckzy	11.91 <sup>g</sup>	85.10 <sup>e</sup>	1.25 <sup>d</sup>	44.22 <sup>b</sup>
CV(%)	1.47	0.79	13.81	6.51

\* Mean values with common letters in the same column indicate that there is no significant difference between samples ( $p \leq 0.05$ ) by Tukey's mean test.

\*\* Abbreviations: DPPH: 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity; GAE: gallic acid equivalent.

\*\*\* Total phenolics (mg GAEs/100 g f.w.); Antioxidant capacity – DPPH (% de sequestration); Antioxidant capacity – ABTS (  $\mu\text{M}$  de trolox/gram f.w.); Ascorbic acid (mg/100 g f.w.)

From the average values of the bioactive compounds and antioxidant activity (Table 2), it can be seen that the Lajeado cultivar was characterized by the highest phenolic content (19.39 mg GAE/100 g). According to the classification proposed by Vasco et al. (2008), the fruits for the phenolic compound content, are divided into three categories: low phenol content ( $< 100$  mg GAE.100 g<sup>-1</sup>), medium content of phenols (100-500 mg GAE.100 g<sup>-1</sup>) and high phenol content ( $> 500$  mg GAE.100 g<sup>-1</sup>). According to this classification all quince cultivars can be classified as having a low concentration of phenols.

As for the antioxidant capacity, Alaranjado and Fuller cultivars showed the highest antioxidant activity by the DPPH sequestration method (88.43 and 88.70%, respectively) and by the ABTS method the cultivars with the highest antioxidant activity were Provence

(3.65 $\mu$ M trolox/gram of fruit) and CTS 207 (3.73 $\mu$ M trolox/gram of fruit). These ABTS values are very close to those found by Wojdyłoet al. (2013) in quince cultivars.

The Fuller, Smyrna and Portugal cultivars are the cultivars that presented the highest levels of ascorbic acid (Table 2). According to Ramful et al. (2011) fruits are classified into three categories according to ascorbic acid content: low content (<30 mg.100 g<sup>-1</sup>), medium content (30-50 mg.100 g<sup>-1</sup>) and high vitamin C content (> 50 mg.100 g<sup>-1</sup>). According to this classification, the three quince cultivars mentioned above are regarded as having high vitamin C content, with others classified as having medium or low content of vitamin C. According to the study carried out by Szeto et al. (2002), the maximum value of L-ascorbic acid in the fruit was in quince, comparable to apple, while in pears its content did not exceed half of this value.

As the quince cultivars presented low levels of bioactive compounds and antioxidant activity, it is believed that with the loss due to thermal processing, the resulting marmelate will present insignificant levels of vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity. Thus, it was decided to perform nutritional characterization only for the fresh fruits.

### **Physicochemical and rheological properties of quince jelly formulations**

Table 3 shows the mean values and the mean test of the physical-chemical parameters of the marmelates obtained from the different quince cultivars. It can be verified that the marmelates obtained are very similar to each other, since there was a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) only for the °Hue parameter.

Table 3 - Soluble Solids (SS), pH, total acidity (TA) and color (L\*, Croma and °Hue) in quince marmelates.

Cultivars	SS	pH	TA	L*	Croma	°Hue
Fuller	67.30 <sup>a</sup>	3.36 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	37.27 <sup>a</sup>	22.98 <sup>a</sup>	72.40 <sup>b</sup>
Smyrna	73.61 <sup>a</sup>	3.16 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>	35.58 <sup>a</sup>	16.46 <sup>a</sup>	73.72 <sup>b</sup>
Portugal	72.02 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	24.17 <sup>a</sup>	23.61 <sup>a</sup>	68.92 <sup>c</sup>
Provence	75.32 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	35.71 <sup>a</sup>	23.74 <sup>a</sup>	67.47 <sup>cd</sup>
Mendonza Inta-37	71.62 <sup>a</sup>	3.36 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	38.44 <sup>a</sup>	20.45 <sup>a</sup>	76.97 <sup>a</sup>
Alaranjado	72.02 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	30.46 <sup>a</sup>	21.82 <sup>a</sup>	68.18 <sup>c</sup>
Lajeado	76.34 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	37.07 <sup>a</sup>	18.72 <sup>a</sup>	64.94 <sup>d</sup>
CTS 207	69.64 <sup>a</sup>	3.40 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	35.07 <sup>a</sup>	22.40 <sup>a</sup>	64.93 <sup>d</sup>
Dangers	74.09 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	34.60 <sup>a</sup>	23.26 <sup>a</sup>	68.50 <sup>c</sup>
Bereckzy	73.69 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	33.97 <sup>a</sup>	24.00 <sup>a</sup>	71.72 <sup>b</sup>
CV(%)	4.33	1.28	21.94	19.43	12.39	1.32

\* Mean values with common letters in the same column indicate that there is no significant difference between samples ( $p \leq 0.05$ ) by Tukey's mean test.

\*\* Total acidity: g malic acid/100 g f.w.

Soluble solids of different marmelates obtained from the quince cultivars ranged from 67.30 to 76.34 Brix ('Fuller' and 'Lajeado', respectively) (Table 3). It was expected that the soluble solids content would not differ significantly, because although quince cultivars presented different soluble solids contents, during the preparation of the marmelate the final Brix degree was fixed.

The pH ranged from 3.16 to 3.40 (Fuller and CTS 207 cultivars, respectively) (Table 3). The lower pH of marmelates compared to fresh fruit is due to the addition of citric acid during processing. In relation to the acidity of the marmelate, it varied from 0.02 to 0.03 g malic acid/100g.

Regarding color, the parameter L\* ranged from 24.17 to 38.44, Croma ranged from 16.46 to 24.00 and Hue ranged from 64.94 to 76.97 (Table 3). According to the mean table (Table 3), it can be verified that the cultivar Mendonza Inta-37 stood out from the others presenting the highest Hue values, indicating that it is a more yellow-green marmelate than the others.

Table 4 shows the mean values and the mean test of the rheological parameters of the marmelates obtained from the different quince cultivars. It can be verified that there was a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) for the parameters of hardness, adhesiveness and gumminess.

Table 4 - Hardness (Hard N), adhesiveness (Adhe N/s), springiness (Sprin), cohesiveness (Coh), gumminess (Gummi N) and chewiness (Chew) in quinces marmelate.

Cultivars	Hard	Adhe	Spr	Coh	Gum	Chew
Fuller	0.66 <sup>b</sup>	0.92 <sup>bc</sup>	0.96 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>
Smyrna	0.92 <sup>ab</sup>	1.04 <sup>bc</sup>	0.99 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.33 <sup>ab</sup>	0.32 <sup>a</sup>
Portugal	0.82 <sup>b</sup>	1.01 <sup>bc</sup>	0.98 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	0.34 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>a</sup>
Provence	1.29 <sup>a</sup>	0.76 <sup>c</sup>	0.84 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>
Mendonza Inta-37	0.90 <sup>ab</sup>	1.79 <sup>abc</sup>	0.93 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	0.31 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>a</sup>
Alaranjado	0.83 <sup>b</sup>	1.34 <sup>abc</sup>	0.98 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	0.31 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>a</sup>
Lajeado	0.80 <sup>b</sup>	1.40 <sup>abc</sup>	0.97 <sup>a</sup>	0.41 <sup>a</sup>	0.33 <sup>ab</sup>	0.32 <sup>a</sup>
CTS 207	1.01 <sup>ab</sup>	2.04 <sup>ab</sup>	0.95 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.37 <sup>ab</sup>	0.35 <sup>a</sup>
Dangers	0.94 <sup>ab</sup>	2.31 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.35 <sup>ab</sup>	0.35 <sup>a</sup>
Bereckzy	0.85 <sup>b</sup>	0.92 <sup>bc</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.30 <sup>ab</sup>	0.28 <sup>a</sup>
CV(%)	14.78	30.31	6.09	11.37	17.11	11.60

\* Mean values with common letters in the same column indicate there is no significant difference between samples ( $p \leq 0.05$ ) by Tukey's mean test.

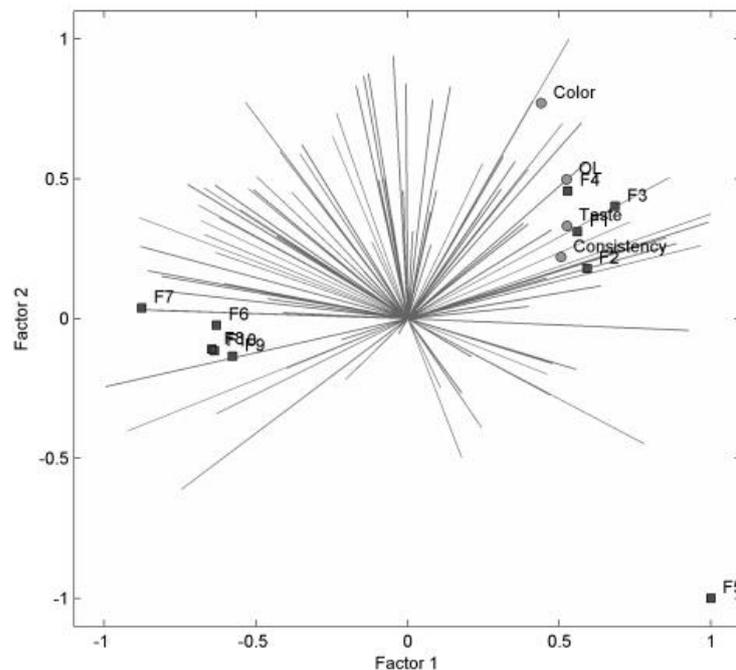
In relation to the texture, it can be seen from the average table (Table 4) that the marmelate obtained with the Provence cultivar was characterized by the highest values of hardness (1.29 N) and gumminess (0.44 N). The marmelate obtained from the cultivar Dangers' characterized by having the highest adhesiveness (2.31 N/s). As the hardness measures the force required to reach a particular deformation and the gumminess reflects the energy required to disintegrate a semisolid food to the point of being swallowed (FRIEDMAN et al. 1963; VAN VLIET, 1991), the Provence cultivar gives rise to a more rigid and firm marmelate. Since the adhesiveness reflects the amount of force to simulate the work required to overcome the forces of attraction between the surface and the surface of food in contact with it (FRIEDMAN et al., 1963; VAN VLIET, 1991).

Several factors may explain the texture change among the marmelates made from different quince cultivars. The amount of sugar present in each cultivar, pH, acidity and soluble pectin content, are factors that can influence the gelling and, later, the texture of the final product (Souza et al., 2014).

### Sensory analysis of the quince jelly formulations

Through analysis of variance, a significant difference was observed among all the marmelates obtained from the different quince cultivars ( $p \leq 0.05$ ). The mean values and the mean test of the sensorial characteristics evaluated are expressed in Table 5. To facilitate the visualization, Figure 1 represents the three-way internal preference map obtained by PARAFAC, where we have the representation of consumers, samples and evaluated attributes.

Figure 1 - Three-way internal preference map for sensory attributes (color, taste, consistency and overall liking [OL]) for the quince marmelate formulations. Fuller (F1); Smyrna (F2); Portugal (F3); Provence (F4); Mendonza Inta-37 (F5); Alaranjado (F6); Lajeado (F7); CTS 207 (F8); Dangers (F9) and Bereckzy (F10).



Do autor, (2017).

In general, the marmelate formulations presented an excellent sensory acceptance for all sensory attributes evaluated, with average scores varying between the hedonic terms

"slightly liked" and "liked very much" (Table 5). According to Table 5 and the PARAFAC shown in Figure 11, it can be clearly seen that the marmelate obtained from the cultivar Mendonza Inta-37 presented a lower consumer preference, with average scores varying between the hedonic terms "indifferent" and "slightly liked". All other cultivars gave rise to a marmelate with similar sensorial acceptance.

Table 5 - Sensory characteristics of the quince marmelates obtained from different cultivars.

Formulations	Color	Taste	Consistency	Overall Liking
Fuller	7.21 <sup>ab</sup>	7.13 <sup>ab</sup>	7.29 <sup>a</sup>	7.31 <sup>a</sup>
Smyrna	7.37 <sup>ab</sup>	6.86 <sup>ab</sup>	6.20 <sup>b</sup>	6.77 <sup>ab</sup>
Portugal	7.30 <sup>ab</sup>	7.04 <sup>ab</sup>	6.38 <sup>b</sup>	6.95 <sup>ab</sup>
Provence	7.61 <sup>a</sup>	7.17 <sup>ab</sup>	6.08 <sup>b</sup>	6.88 <sup>ab</sup>
Mendonza Inta-37	5.78 <sup>c</sup>	6.59 <sup>b</sup>	6.32 <sup>b</sup>	6.41 <sup>b</sup>
Alaranjado	6.84 <sup>b</sup>	6.95 <sup>ab</sup>	6.63 <sup>ab</sup>	6.98 <sup>ab</sup>
Lajeado	7.04 <sup>ab</sup>	7.27 <sup>a</sup>	5.57 <sup>ab</sup>	7.12 <sup>a</sup>
CTS 207	6.90 <sup>b</sup>	7.29 <sup>a</sup>	6.61 <sup>ab</sup>	7.07 <sup>a</sup>
Dangers	6.79 <sup>b</sup>	6.86 <sup>ab</sup>	6.38 <sup>b</sup>	6.77 <sup>ab</sup>
Bereckzy	6.91 <sup>b</sup>	7.16 <sup>ab</sup>	6.49 <sup>ab</sup>	6.91 <sup>ab</sup>

\* Mean values with common letters in the same column indicate there is no significant difference among samples ( $p \leq 0.05$ ) by Tukey's mean test.

Only the Mendonza Inta-37 cultivar does not seem to be very suitable for processing in the marmelate form, however, because it is the cultivar of larger size and weight, it is often more suitable for fresh consumption, while the smaller and unattractive fruits are more suitable for processing. According to Bettiol Neto et al. (2011), the Mendoza Inta-37 cultivar generally presents quality attributes that are more adequate for fresh consumption, with higher soluble solids content, lower titratable acidity, higher ratio and adequate pulp firmness.

In relation to the other cultivars studied, as all originated a marmelate of similar sensory acceptance, factors such as adaptation, susceptibility to pests, production cost and yield should be taken into account to indicate which the most interesting cultivars are for industrialization.

According to Pio et al. (2008), although there are several quince cultivars in the state research units (EPAMIG and IAC), the only commercial cultivar is 'Portugal' (Pio et al., 2005), possibly because there is a lack of diffusion of technology by the technicians.

The Portugal cultivar is the most planted quince in subtropical regions of Brazil, and has an average yield of 8.5 tons.ha<sup>-1</sup>, being considered one of the most productive in these climatic conditions and is thus a more used cultivar. However, due to the high and similar sensory acceptance of the marmelate obtained by other quince cultivars and due to the high productive performance (6.9 to 10.5 ton.ha<sup>-1</sup>) of some cultivars such as Fuller, Smyrna and Provence it can be verified that Portugal should not be the only option of the producers (BETTIOL NETO et al 2011). Thus, although Portugal is the most cultivated, other quince cultivars also have great potential for being cultivated and processed, since they are little explored quince options, but with great potential.

#### **4 CONCLUSION**

It was verified in this study that the different quince cultivars present great variability among themselves in relation to physical, physico-chemical characteristics and in relation to the content of bioactive compounds and antioxidant activity. However, the cultivars studied gave rise to many marmelates that were similar to each other, which had a high sensory acceptance, except for the cultivar Mendonza Inta-37, which resulted in a less accepted marmelate. It can be concluded that quince cultivars cultivated in tropical regions present great processing potential in the form of marmelate.

## REFERENCES

- ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; PIO, R.; ASSIS, F. A.; OLIVEIRA, N. C. Comparação entre doces produzidos a partir de frutos de diferentes espécies e cultivares de marmeleiro (*Cydonia oblonga* Miller e *Chaenomeles sinensis* Koehne). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.302-307, 2008.
- BELL, R. L.; QUAMME, H. A.; LAYNE, R.E.C.; SKIRVIN, R.M. Pears. in: Janick, J.; Moore, J. N. (Ed.). **Fruit breeding**. West Lafayette: J.Wiley, v.1, p.441-515, 1996.
- BETTIOL NETO, J. E.; PIO, R.; SANCHES, J.; CHAGAS, E.A.; CIA, P.; CHAGAS, P.C.; ANTONIALI, S. Produção e atributos de qualidade de cultivares de marmeleiro na região paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p.1035-1042, 2011.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, London, v.28, n.1, p. 25-30, 1995.
- BRO, R. PARAFAC. Tutorial and applications. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.38, p.149-171, 1997.
- FIORAVANÇO, J. C.; SIMONETTO, P. R.; GRELLMANN, E. O. Comportamento fenológico e produtivo de marmeleiros em Veranópolis, RS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.1, p.15-20, 2006.
- FRIEDMAN, H. H.; WHITNEY, J. E.; SZCZESNIAK, A. S. The texturometer- a new instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science**, Champaign, v.28, n.4, p.390-396, 1963.
- GENNADIOS, A.; WELLER, C. L.; HANNA, M. A.; FRONING, G. W. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. **Journal of Food Science**, Champaign, v.61, n.3, p.585-589, 1996.
- IAL—Instituto Adolfo Lutz (2005). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo: Instituto.
- JACKIX, M. H. (1988). DOCES, GELEIAS E FRUTAS EM CALDA. SAO PAULO: ICONE, P. 158.
- KAPOOR, S.; RANOTE, P. S. Antioxidant components and physico-chemical characteristics of jamun powder supplemented pear juice. **Journal of Food Science and Technology**, v.53, n.5, p.2307–2316, 2016.

LARRAURI, J. A.; RUPEREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.4, p. 1390-1393, 1997.

MORADI, S.; KOUSHESH SABA, M.; MOZAFARI, A. A.; ABDOLLAHI, H. Antioxidant Bioactive Compounds Changes in Fruit of Quince Genotypes Over Cold Storage. **Journal of Food Science**, Champaign, v.81, p. 7, p.1833-1839, 2016.

MOURA, P. H. A.; CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R.; CURTI, P. N.; ASSIS, C. N.; SILVA, T. C. Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.12, p.1714-1721, 2012.

NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M.; BASTOS, S. C. Evaluating consumer acceptance tests by three-way internal preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). **Journal of Sensory Studies**, Westport, v.26, n.2, p.167-174, 2011.

PAIVA, M. C.; MANICA, I.; FIORAVANÇO, J. C.; KIST, H. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e de duas seleções de goiabeira. **Revista brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.57-63, 1997.

PEREIRA, G. G.; ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; PINHEIRO, A. C. M.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R. Avaliação sensorial de geleia de marmelo ‘Japonês’ em diferentes concentrações de sólidos solúveis totais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.14, n.3, p.226-231, 2011.

PINHEIRO, A. C. M.; NUNES, C. A.; VIETORIS, V. SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.37, n.3, p. 199-201, 2013.

PIO, R.; CAMPO DALL’ORTO, F. A.; ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; BUENO, S. C. S.; MAIA, M. L. A Cultura do Marmeleiro. ESALQ/USP, 2005. 53p. (Bol. Téc. 29).

PIO, R.; CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; SIGNORINI, G.; ENTELMANN, F. A.; FIORAVANÇO, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BIANCHI, V. J. Desenvolvimento de 31 cultivares de marmeleiro enxertadas no porta-enxerto ‘Japonês’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.466-470, 2008.

PIO, R.; CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; SIGNORINI, G.; DEL AGUILA, J. S. Teste de porta-enxertos intergenéricos para marmeleiros em condições de viveiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.521-526, 2009.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology e Medicine**, New York, v.26, n.9-10, p.1231–1237, 1999.

SHINOMIYA, F.; HAMAUZU, Y.; KAWAHARA, T. Anti-allergic effect of a hot-water extract of quince (*Cydonia oblonga*). **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**. Tokyo, v.73, n.8, p.1773-1778, 2009.

SILVA, P. S. L.; AS, W. R.; MARIGUELE, K. H.; BARBOSA, A. P. R.; OLIVEIRA, O. F. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais em frutos de algumas espécies de clima temperado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.15,n., p.19-23, 2002.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, New York, v. 299, p.152-178, 1999.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. (1993). Sensory evaluation practices, San Diego, Calif.: Academic Press.

STROHECKER, R. L., & HENNING, H. M. Análises de vitaminas: métodos comprovados. Madri: Paz Montalvo, 428 p.1967.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; PINHEIRO, A. C. M.; NUNES, C. A.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Evaluation of the Jelly Processing Potential of Raspberries Adapted in Brazil. **Journal of Food Science**, Champaign, v.79, n.3, p.407-412, 2014.

SZETO, Y. T.; TOMLINSON, B.; BENZIE, I. F. F. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. **British Journal of Nutrition**, Cambridge v. 87, n.1, p.55- 59, 2002.

SZYCHOWSKI, P. J.; MUNERA-PICAZO, S.; SZUMNY, A. Quality parameters, bio-compounds, antioxidant activity and sensory attributes of Spanish quinces (*Cydonia oblonga* Miller). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 165,n. 22, p.163-170, 2014.

VAN VLIET, T. (1991). Terminology to be used in cheese rheology. *Int Dairy Fed* 268:5-15.

VANIN, J. P.; PIO, R.; CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; DALASTRA, I. M.; ENTELMANN, F. A. Adubação na produção de plântulas do marmeleiro Japonês . **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.545-550, 2010.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, London, v.111, n.4, 16-823, 2008.

WAKELING, I. N.; MACFIE, H. J. H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, Barking, v.6, n.4, p.299-308, 1995.

WOJDYŁO, A.; OSZMIAŃSKI, J.; BIELICKI P. Polyphenolic Composition, Antioxidant Activity, and Polyphenol Oxidase (PPO) Activity of Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton v. 61, n.11, p 2762-2772, 2013.