



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS



CLÁUDIO EDUARDO CARTABIANO LEITE

**NOVAS CULTIVARES DE BATATAS-DOCES
(*Ipomoea batatas* L. Lam.): POTENCIAL NUTRICIONAL,
COMPOSIÇÃO DE BIOATIVOS, PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES
E ANÁLISE DIGITAL DE IMAGEM**

Dissertação

PATO BRANCO, 2017

CLÁUDIO EDUARDO CARTABIANO LEITE

**NOVAS CULTIVARES DE BATATAS-DOCES
(*Ipomoea batatas* L. Lam.): POTENCIAL NUTRICIONAL,
COMPOSIÇÃO DE BIOATIVOS, PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES
E ANÁLISE DIGITAL DE IMAGEM**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos - Área do conhecimento: Química de Alimentos.

Orientador(a): Dra. Ornella Maria Porcu
Co-orientador: Dr. Rafael Gustavo Ferreira Morales

L533n

Leite, Cláudio Eduardo Cartabiano.

Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.): potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem / Cláudio Eduardo Cartabiano Leite. -- 2017.
200 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Ornella Maria Porcu

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Gustavo Ferreira Morales

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Pato Branco, PR, 2017.

Bibliografia: f. 170 – 189.

1. Batata-doce. 2. Antioxidantes. 3. Nutrição - Avaliação. 4. Compostos bioativos. 5. Análise instrumental. I. Porcu, Ornella Maria, orient. II. Morales, Rafael Gustavo Ferreira, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. IV. Título.

CDD (22. ed.) 660.281



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de
Processos Químicos e Bioquímicos



TERMO DE APROVAÇÃO Nº 57

Título da Dissertação

**“Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam):
potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades
antioxidantes e análise digital de imagem”**

Autor

Cláudio Eduardo Cartabiano Leite

Esta dissertação foi apresentada às 13 horas e 30 minutos do dia 30 de março de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS – Linha de pesquisa Química em Alimentos – no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. O autor foi arguido pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Ornella Maria Porcu
UTFPR/PB
Presidente

Prof. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima
UTFPR/PB
Examinador

Profa. Dra. Katielle Córdova
UNICENTRO/Guarapuava
Examinadora

Visto da Coordenação

Prof. Dra. Cristiane Regina Budziak Parabocz
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos - PPGTP

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGTP

Dedico todo o meu trabalho a Deus Pai e Deus Filho, Nosso Senhor e Salvador Jesus Cristo, pois sem sua força e misericórdia nada disso haveria se materializado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais, Silvia Alves dos Santos e Cláudio Leite, não somente por me apoiarem financeiramente, mas por me sustentarem nas horas difíceis e entenderem que possuo espírito livre. Do mesmo modo, agradeço a toda minha família pelas orações durante todos os anos em que estive distante.

Reconheço especialmente os esforços de Jacheline Batista, verdadeira companheira, por acreditar naquele rapaz de sandálias furadas, roupas ganhadas e cabelos embaraçados, aparentemente sem futuro...

Agradeço à minha professora orientadora Dra. Ornella Maria Porcu, pois não apenas me orientou durante a fase de mestrado, mas também lapidou meu modo de pensar e agir. Estendo o agradecimento ao meu co-orientador Dr. Rafael Gustavo Ferreira Morales e a Epagri-EEI pelas amostras de batatas-doces. Ao professor Dr. Pedro Luiz de Paula Filho pela realização das análises de Imagens Digitais.

A UTFPR campus Pato Branco pelo suporte. A todo o corpo docente do PPGTP, pois todos contribuíram durante minha caminhada, mas principalmente à professora Dra. Solange Teresinha Capes pelo grande auxílio durante a etapa de pesquisa e permanência no campus, e o professor Dr. Vanderlei Aparecido de Lima por me proporcionar seus ombros para que eu pudesse enxergar mais longe.

Ao CALEM, na pessoa da professora Dra. Fabiana V. A. Almeida, por ser uma pessoa/professora que muito me inspira.

A CAPES e Fundação Araucária pela bolsa de estudos.

Aos amigos que fiz durante o período de mestrado por toda a ajuda, mas principalmente ao Natan e Otto pela amizade e os estudos, ao Michel pelas análises, à Carol e Geórgia pela força com os métodos matemáticos. Aproveito e mando forte abraço ao amigo Alex.

Aos técnicos e estagiários da Central de Análises, LAQUA e Laboratório de Química (famoso N2!) nas pessoas Diego, Roberta e Edenes, por toda ajuda.

Aos amigos que fiz durante o período em que morei no Sudoeste do Paraná, principalmente os de Francisco Beltrão e Pato Branco. Não me esquecendo da JambaLek e da quirera com costelinha defumada do Anderson de Coronel Vivida!

Aos verdadeiros amigos de longa data, que nunca me abandonam.

Reitero verdadeira consideração por quem estava presente no tempo da rua...

**Cristo nos dará da Sua plenitude,
Com a fé nos cingirá e em nós derramará,
Do Espírito, o poder e a virtude;
Valorosos nos fará.**

RESUMO

Cartabiano Leite, Cláudio Eduardo. **Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.): potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem**. 2017. 200 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Distribuída e cultivada em vários países, a batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.) é um alimento de suma importância na dieta diária da população, principalmente no continente asiático, o qual detém a maior parcela de sua produção. Essa raiz tuberosa é rica em nutrientes e fonte de energia. Além disso, algumas cultivares possuem em sua composição compostos bioativos como antocianinas, carotenoides e polifenóis, os quais apresentam atividade antioxidante e podem contribuir benéficamente para a manutenção do organismo humano. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou a análise biométrica, a caracterização físico-química, a quantificação do total de compostos bioativos, o potencial antioxidante e o uso da tecnologia de imagem digital para estabelecer um comparativo entre o conteúdo de cor e as características físico-químicas, de novas cultivares de batatas-doces. Foram obtidas junto a Epagri-EEI/SC, amostras das raízes tuberosas das cultivares de batatas-doces denominadas SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Beauregard, Uruguaia e Americana, sendo que cada variedade foi avaliada na condição *in natura* e liofilizada (lote um (LT1) e lote dois (LT2), respectivamente). Realizaram-se as medidas em triplicata dos parâmetros de atividade de água, acidez titulável, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, teor de vitamina C, açúcares totais e redutores, conteúdo total de fenólicos, flavonoides, antocianinas e carotenoides, o potencial antioxidante (ABTS⁺ e FRAP), cor instrumental no espaço de cor CIE L*a*b*, CIE L*C*h° e XYZ, e imagens digitais, as quais foram obtidas por câmara digital e processadas em *software* desenvolvido exclusivamente para o estudo das imagens digitais de batatas-doces. O teor de minerais Cu (Cobre), Fe (Ferro), Zn (Zinco), Mn (Manganês), Na (Sódio), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), P (Fósforo), Co (Cobalto), Cd (Cádmio), Cr (Cromo), Pb (Chumbo) resultou de uma única determinação. Outras características foram avaliadas em função de: Espectroscopia na Região de Absorção no Infravermelho, Difractometria de Raios-X, Análise por Termogravimetria e Microscopia de Varredura Eletrônica. As características resultantes para as diferentes coordenadas de cor (L*, a*, b*; C*, h°, X, Y, Z) das batatas-doces, demonstraram ser influenciadas pelas propriedades intrínsecas de cada cultivar, porém os resultados médios de cor estabeleceram uniformidades para as amostras entre seus lotes. O comparativo entre as coordenadas de cor instrumental e a análise dos diferentes canais de cor das imagens digitais (RGB, XYZ, LUV, HSV) indicaram ser possível estabelecer uma correlação entre as cultivares liofilizadas e suas imagens digitais. O teor de umidade para todas as cultivares foi característico para batatas-doces, sendo o maior valor para a cultivar (cv.) Uruguaia LT2 (83,93±0,04 %) *in natura* e cv. Americana LT2 (3,27±0,15 %) na condição liofilizada. A cv. SCS370 Luiza LT2 nas amostras *in natura* (0,94±0,00), exibiu o maior valor para atividade de água (Aw) sendo que todas as amostras liofilizadas apresentaram valor foi inferior a 0,15. Os valores de acidez titulável variaram para as amostras *in natura* de 2,77±0,08 % (cv. Beauregard LT1) a 1,51±0,07 % (cv. SCS371 Katiy LT2), e para as amostras liofilizadas de 1,86±0,09 % (cv. Americana LT2) a 0,52±0,07 % (cv. SCS371 Katiy LT1). Para o conteúdo de

cinzas, houve variação para as amostras *in natura* de $1,19 \pm 0,04$ % (cv. SCS370 Luiza LT1) a $0,04 \pm 0,00$ % (cv. SCS372 Marina LT2), sendo que para as amostras liofilizadas o teor de cinzas foi superior. O conteúdo de proteínas variou entre $2,80 \pm 0,18$ % (cv. Americana LT2) a $0,49 \pm 0,21$ % (cv. SCS371 Katiy LT1) para as amostras *in natura*, e $8,20 \pm 0,09$ % (cv. Americana LT2) e $3,14 \pm 0,57$ % (cv. SCS370 Luiza LT1) para as amostras liofilizadas. As amostras de batatas-doces exibiram baixos valores para lipídios totais e não diferiram estatisticamente entre as cultivares. Os açúcares totais variaram entre $32,85 \pm 0,07$ % (cv. SCS372 Marina LT2) e $16,99 \pm 0,044$ % (cv. SCS371 Katiy LT1). Já para vitamina C, o maior conteúdo foi observado para cv. SCS370 Luiza LT2 ($57,17 \pm 4,32$ %) sendo o menor para cv. SCS372 Marina LT1 ($17,00 \pm 1,00$ %) para as amostras *in natura*, e entre as amostras liofilizadas o maior valor foi novamente observado para cv. SCS370 Luiza LT2 ($69,78 \pm 2,20$ %). Todas as cultivares de batatas-doces apresentaram conteúdo satisfatório para os minerais avaliados, com destaque para o teor de macrominerais das cv. Beauregard LT1 e SCS370 Luiza LT1. A avaliação do conteúdo total de bioativos indicou alta variabilidade entre as cultivares. O maior valor para fenólicos totais foi observado para a cv. SCS370 Luiza LT2 ($3311,10 \pm 57,17$ mg EAG. $100g^{-1}$), e o menor valor para cv. Americana LT2 ($102,62 \pm 1,22$ mg EAG. $100g^{-1}$), sendo estas as mesmas amostras a apresentarem o maior ($148,45 \pm 1,31$ mgCE. $100g^{-1}$, cv. SCS370 Luiza LT2) e o menor ($2,18 \pm 0,10$ mgCE. $100g^{-1}$, cv. Americana) conteúdo de flavonoides totais. Já para antocianinas totais, o maior valor foi observado novamente para a cv. SCS370 Luiza LT2 ($155,30 \pm 6,48$ mg. $100g^{-1}$) e o menor valor para cv. SCS372 Marina LT2 ($1,28 \pm 1,24$ mg. $100g^{-1}$). Os resultados para carotenoides totais variaram entre $34,04 \pm 0,66$ mg. $100g^{-1}$ (cv. Beauregard LT1) e $0,63 \pm 0,06$ mg. $100g^{-1}$ (cv. SCS371 Katiy LT2). A atividade antioxidante das amostras de batatas-doces foi satisfatória, sendo que os resultados pela metodologia de ABTS⁺ variaram entre $466,85 \pm 1,96$ mM Trolox. $100g^{-1}$ (cv. SCS370 Luiza LT2) e $128,26 \pm 4,40$ mM Trolox. $100g^{-1}$ (cv. SCS372 Marina LT1). Pela metodologia FRAP, a maior atividade antioxidante foi novamente observada para cv. SCS370 Luiza LT2 ($734,19 \pm 63,09$ mM FeSO₄. $100g^{-1}$), sendo a menor atividade antioxidante da cv. Beauregard LT1 ($18,42 \pm 1,28$ mM FeSO₄. $100g^{-1}$). A análise de difração de Raios X possibilitou uma tentativa de atribuição de cristalinidade das amostras liofilizadas de batata-doce, sendo classificadas como Tipo A e Tipo B. A análise de espectroscopia de absorção por infravermelho (FTIR) revelou semelhanças de grupos funcionais quando comparamos as diferentes cultivares. A análise termogravimétrica indicou os limites da resistência térmica das amostras. A microscopia eletrônica de varredura ilustrou as estruturas lamelares, os bloquetes, e a geometria dos grânulos presentes nas amostras de batatas-doces. Em função dos resultados encontrados, pode-se afirmar que as novas cultivares de batatas-doces apresentam valor econômico e nutricional agregado, tornando-se uma alternativa de cultivo para os pequenos agricultores, aumentando assim sua disponibilidade no comércio varejista, bem como sua utilização como matéria-prima industrial.

Palavras-chave: Batata-doce. Qualidade nutricional. Compostos bioativos. Atividade antioxidante. Análise instrumental.

ABSTRACT

Cartabiano Leite, Cláudio Eduardo. **Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.) new cultivars: nutritional potential, bioactive composition, antioxidant activity and digital image analysis.** 2017. 200 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.) is largely cultivated and greatly consumed as part of the regular diet, mainly in Asian continent, that is it's the major producer. This tuber crop is rich in nutrient and energy source. Thus, some cultivars have bioactive compounds such as anthocyanins, carotenoids and polyphenols, which have antioxidant activity and can be beneficial to the body maintenance. In this sense, the objective of this work is to analyze the biometric, physical chemistry, quantification of bioactive compounds, antioxidant activity, and analyze digital image analysis of new sweet potato cultivars to do a comparative with their colour and physical chemistry composition. We received from Epagri-EEI/SC samples of sweet potato tuber roots named SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Beauregard, Uruguaia and Americana being that cultivars analyzed *in natura* and lyophilized condition from batch one (LT1) and batch two (LT2). All analyses were performed in triplicate to water activity, titratable acidity, humidity, ashes, protein, lipids, vitamin C, total and reducers carbohydrates, total phenolic, flavonoids, anthocyanins and carotenoids, antioxidant activity (ABTS⁺ and FRAP), colour by coordinates CIE L*a*b*, CIE L*C*h° and XYZ, and digital images that was obtained by digital camera and processed with exclusive developed software to analyze that images. Mineral composition evaluation of Cu (Copper), Fe (Iron), Zn (Zinc), Mn (Manganese), Na (Sodium), K (Potassium), Ca (Calcium), Mg (Magnesium), P (Phosphorus), Co (Cobalt), Cd (Cadmium), Cr (Cromium), Pb (Lead) was performed by once. Another set of characteristics was evaluated by Infra-Red Spectroscopy with Fourier Transformed, X Rays Diffractometry, Thermogravimetric Analysis and Scanning Electron Microscopy. The sweet potato colour results from different coordinates (L*, a*, b*; C*, h°, X, Y, Z) showed be influenced by cultivar intrinsic properties but the standard results establish sample uniformities to different batches. Comparison between colour coordinates and digital images colour channels (RGB, XYZ, LUV, HSV, HLS) showed to be possible to establish a correlation between the lyophilized samples and they digital images. Sweet potatoes humidity quantification showed high value to cultivar (cv.) Uruguaia LT2 (83.93±0.04 %) *in natura* and lyophilized cv. Americana LT2 (3.27±0.15 %). The cv. SCS370 Luiza LT2 *in natura* (0.94±0.00) showed the highest value to water activity, and all lyophilized samples showed low value as 0.15. Titratable acidity values ranges for *in natura* samples by 2.77±0.08 % (cv. Beauregard LT1) to 1.51±0.07 % (cv. SCS371 Katiy LT2), and 1.86±0.09 % (cv. Americana LT2) to 0.52±0.07 % (cv. SCS371 Katiy LT1) for lyophilized samples. Ashes content showed variation for *in natura* samples by 1.19±0.04 % (cv. SCS370 Luiza LT1) to 0.04%±0.00 % (cv. SCS372 Marina LT2), but lyophilized samples showed highest ashes values then *in natura*. Protein content ranges by 2.80±0.18 % (cv. Americana LT2) to 0.49±0.21 % (cv. SCS371 Katiy LT1) for *in natura* samples, and 8.20±0.09 % (cv. Americana LT2) to 3.14±0.57 % (cv. SCS370 Luiza LT1) for lyophilized samples. Sweet potatoes cultivars exhibited low values to total lipids and their values do not shows statistical variation. Total carbohydrates composition ranges between 32.85±0.07 % (cv. SCS372 Marina LT2)

and 16.99 ± 0.044 % (cv. SCS371 Katiy LT1). The vitamin C content was highest to cv. SCS370 Luiza LT2 (57.17 ± 4.32 %) and lowest to cv. SCS372 Marina LT1 (17.00 ± 1.00 %) for *in natura* samples, but cv. SCS370 Luiza LT2 (69.78 ± 2.20 %) shows the highest value for lyophilized samples. All sweet potatoes cultivars showed great content for the evaluated minerals with emphasis for the macrominerals content of cv. Beauregard LT1 and SCS370 Luiza LT1. The bioactive compound shows high variation between sweet potatoes cultivars. The phenolic highest values was observed to cv. SCS370 Luiza LT2 (3311.10 ± 57.17 mg GAE. $100g^{-1}$), and the lowest value was cv. Americana LT2 (102.62 ± 1.22 mg GAE. $100g^{-1}$), and those same samples showed the highest (148.45 ± 1.31 mg CE. $100g^{-1}$, cv. SCS370 Luiza LT2) and lowest (2.18 ± 0.10 mg CE. $100g^{-1}$, cv. Americana) total flavonoid composition. The total anthocyanins composition showed again highest value to cv. SCS370 Luiza LT2 (155.30 ± 6.48 mg. $100g^{-1}$) and lowest value to cv. SCS372 Marina LT2 (1.28 ± 1.24 mg. $100g^{-1}$). Total carotenoids result ranges by 34.04 ± 0.66 mg. $100g^{-1}$ (cv. Beauregard LT1) to 0.63 ± 0.06 mg. $100g^{-1}$ (cv. SCS371 Katiy LT2). The sweet potatoes antioxidant activity was great and the results by ABTS⁺ test ranges by 466.85 ± 1.96 mM Trolox. $100g^{-1}$ (cv. SCS370 Luiza LT2) to 128.26 ± 4.40 mM Trolox. $100g^{-1}$ (cv. SCS372 Marina LT1). By the FRAP teste, the highest antioxidant activity was again observed to cv. SCS370 Luiza LT2 (734.19 ± 63.09 mM FeSO₄. $100g^{-1}$), and the lowest antioxidant activity was cv. Beauregard LT1 (18.42 ± 1.28 mM FeSO₄. $100g^{-1}$). The X Rays diffractometry analysis enabled an attempt to assign the lyophilized sampled crystallinity that was considered by Type A and Type B. The infrared spectroscopy analyses showed similarity to the functional groups when compared the sweet potato samples among different batches. Thermogravimetric analysis indicates the sample thermal resistance. The electron microscopy scanning shows the lamella structure, blocks, and granular geometrical structure in the samples. Having in mind the results obtained, it is possible to support the new cultivars of sweet potatoes have an economic and nutritional added value, as they become an alternative of cultivation for small farmers, increasing their availability in the retail trade, as well as their use as industrial feedstock.

Key-words: Sweet potato. Nutritional quality. Bioactive compounds. Antioxidant activity. Instrumental analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diversidade de cultivares de batatas-doces.....	24
Figura 2 – Variação no índice de produção brasileira da batata-doce.....	27
Figura 3 – Novas cultivares de batatas-doces.....	29
Figura 4 – Estrutura química dos ácidos benzóico e cinâmico e seus principais ácidos.....	34
Figura 5 – Rota do ácido chiquímico e do ácido malônico na síntese de compostos fenólicos.....	35
Figura 6 – Principais classes de flavonoides e suas estruturas.....	37
Figura 7 – Estrutura do cátion flavílico.....	39
Figura 8 – Mudanças estruturais propostas para as antocianinas em meio aquoso em diferentes concentrações de pH.....	40
Figura 9 – Estrutura química de alguns carotenoides encontrados em alimentos	42
Figura 10 – Fluxograma de processamento de imagem.....	45
Figura 11 – Cores primárias e secundárias.....	48
Figura 12 – Bandas de absorção espectral tri-estímulo LMS.....	49
Figura 13 – Diagrama cartesiano de cor CIE - $L^*a^*b^*$ e tridimensional CIE - $L^*C^*h^\circ$	50
Figura 14 – Caixa utilizada para tomada de imagens digitais das amostras de batatas-doces liofilizadas.....	57
Figura 15 – Diferença total de cor (ΔE) para as amostras de batatas-doces nas porções casca (C), polpa (P) e liofilizada (L).....	72
Figura 16 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: cor polpa Z.....	85
Figura 17 – Porcentagem cumulativa do total de variância segundo autovalor das 11 variáveis selecionadas das análises com amostras <i>in natura</i>	87
Figura 18 – Variáveis agrupadas em componentes principais 1x2: amostra <i>in natura</i> ; CL*: casca cor L*; Cb*: casca cor b*; CH: casca cor h°; CX: casca cor X; CZ: casca cor Z; PL*: polpa cor L*; Pa*: polpa cor a*; Pb*: polpa cor b*; PC: polpa cor C*; PX: polpa cor X; PY: polpa cor Y..	88
Figura 19 – Amostras agregadas segundo componentes principais 1x2: amostras <i>in natura</i> ; LL1/2: SCS370 Luiza LT1 e LT2; KL1/2: SCS371 Katiy LT1 e LT2; ML1/2: SCS372 Marina LT1 e LT2; BL1: Beauregard LT1; UL2: Uruguaia LT2; AL2: Americana LT2.....	89
Figura 20 – Análise de fatores e componentes principais 1x3: amostras <i>in natura</i> ; CL*: casca cor L*; Cb*: casca cor b*; CH: casca cor h°; CX: casca cor X; CZ: casca cor Z; PL*: polpa cor L*; Pa*: polpa cor a*; Pb*: polpa cor b*; PC: polpa cor C*; PX: polpa cor X; PY: polpa cor Y.....	90
Figura 21 – Variáveis agregadas aos componentes principais 1x3: amostras <i>in natura</i> ; LL1/2: SCS370 Luiza LT 1 e LT2; KL1/2: SCS371 Katiy LT1 e LT2; ML1/2: SCS372 Marina LT1 e LT2; BL1: Beauregard LT1; UL2: Uruguaia LT2; AL2: Americana LT2.....	92
Figura 22 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. SCS370 Luiza lote dois.....	95
Figura 23 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. SCS371 Katiy lote dois.....	96

Figura 24 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. SCS372 Marina lote dois.....	97
Figura 25 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. Beauregard lote um.....	98
Figura 26 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. Uruguiaia lote dois.....	99
Figura 27 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. Americana lote dois.....	100
Figura 28 – Análise de rede neural das imagens digitais de amostras de batatas-doces.....	102
Figura 29 – Espectros de infravermelho por ATR: triplicata das amostras de batatas-doces do LT1.....	104
Figura 30 – Espectros de infravermelho com pastilha KBr: triplicata das amostras de batatas-doces do LT1.....	105
Figura 31 – Espectros de infravermelho por ATR: triplicata das amostras de batatas-doces do LT2.....	107
Figura 32 – Espectros de infravermelho com pastilha KBr: triplicata das amostras de batatas-doces do LT2.....	108
Figura 33 – Difractogramas das amostras liofilizadas de batatas-doces.....	110
Figura 34 – Curvas da análise térmica para amostras de batatas-doces do LT1....	113
Figura 35 – Curvas da análise térmica para amostras de batatas-doces do LT2....	116
Figura 36 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS370 Luiza LT1: corte longitudinal e superficial.....	120
Figura 37 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS371 Katiy LT1: corte longitudinal e superficial.....	121
Figura 38 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS372 Marina LT1: corte longitudinal e superficial.....	122
Figura 39 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. Beauregard LT1: corte longitudinal e superficial.....	123
Figura 40 – Porções liofilizadas das amostras submetidas a análise no MEV (LT2).....	124
Figura 41 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS370 Luiza LT2: corte longitudinal e superficial.....	125
Figura 42 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS371 LT2: corte longitudinal e superficial.....	126
Figura 43 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS372 Marina LT2: corte longitudinal e superficial.....	127
Figura 44 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. Uruguiaia LT2: corte longitudinal e superficial.....	128
Figura 45 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. Americana LT2: corte longitudinal e superficial.....	129
Figura 46 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: fenólicos totais.....	150
Figura 47 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: antocianinas totais.....	152
Figura 48 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: carotenoides totais.....	154
Figura 49 – Porcentagem cumulativa de autovalor dos fatores submetidos à análise de componentes principais: amostras liofilizadas.....	162

Figura 50 – Análise de fator em componentes principais 1x2: amostras liofilizadas; Ant: antocianinas; Car: carotenoides; A.T.: acidez titulável; Vt.C.: vitamina C; Flav: flavonoides; Fen: fenólicos; Cz: cinzas; LF L*: liofilizada cor L*; LF a*: liofilizada cor a* ; LF b*: liofilizada cor b*; LF C* - liofilizada cor C*; LF h - liofilizada cor h°; LF X - liofilizada cor X; LF Z liofilizada cor Z.....	163
Figura 51 – Variáveis agregadas aos componentes principais 1x2: amostras liofilizadas; LL1/2: SCS370 Luiza LT1 e LT2; KL1/2: SCS371 Katiy LT1 e LT2; ML1/2: SCS372 Marina LT1 e LT2; BL1: Beauregard LT1; UL2: Uruguaia LT2; AL2: Americana LT2.....	165

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maiores produtores de batata-doce no mundo em 2014.....	27
Tabela 2 – Composição centesimal de batata-doce.....	30
Tabela 3 – Amostras das cultivares de batatas-doces obtidas para estudo.....	54
Tabela 4 – Avaliação biométrica resultante das cultivares de batatas-doces.....	65
Tabela 5 – Avaliação colorimétrica das amostras de batatas-doces.....	69
Tabela 6 – Estatística univariada (ANOVA): dados de cor das amostras <i>in natura</i>	75
Tabela 7 – Estatística univariada (ANOVA): dados de cor das amostras lioofilizadas.....	76
Tabela 8 – Estatística multivariada (MANOVA): análises com amostras <i>in natura</i>	77
Tabela 9 – Estatística multivariada (MANOVA): análises com amostras lioofilizadas.....	78
Tabela 10 – Análise estatística Kruskal-Wallis para cor casca h° - p-valor.....	79
Tabela 11 – Análise estatística Kruskal-Wallis para cor casca X - p-valor.....	80
Tabela 12 – Análise estatística Kruskal-Wallis para cor polpa h° - p-valor.....	82
Tabela 13 – Desvio residual do ajuste Gama para o MLG da variável polpa Z.....	83
Tabela 14 – Resumo do modelo linear generalizado ^a : cor <i>in natura</i> polpa Z.....	84
Tabela 15 – Valores de média seguidos do desvio padrão dos canais de cor das imagens digitais das batatas-doces lioofilizadas.....	94
Tabela 16 – Perda de massa (%) das amostras de batatas-doces lioofilizadas do lote 1.....	114
Tabela 17 – Perda de massa (%) das amostras de batatas-doces lioofilizadas do lote 2.....	117
Tabela 18 – Caracterização físico-química das diferentes cultivares de batatas- doces.....	132
Tabela 19 – Estatística univariada (ANOVA): análises físico-químicas das amostras de batatas-doces <i>in natura</i>	138
Tabela 20 – Estatística univariada (ANOVA): análises físico-químicas das amostras de batatas-doces lioofilizadas.....	139
Tabela 21 – Composição mineral resultante das novas cultivares de batatas- doces.....	142
Tabela 22 – Teores resultantes de fenólicos totais e flavonoides das amostras de batatas-doces.....	144
Tabela 23 – Teores resultantes de antocianinas e carotenoides das amostras de batatas-doces.....	145
Tabela 24 – Análise estatística Kruskal-Wallis resultante para flavonoides totais: p-valor.....	147
Tabela 25 – Desvio residual do ajuste Gama para MLG resultante da variável fenólicos totais.....	148
Tabela 26 – Modelo linear generalizado resultante para fenólicos totais.....	148
Tabela 27 – Desvio residual do ajuste Gama para MLG da variável antocianinas Totais.....	150
Tabela 28 – Modelo linear generalizado: antocianinas totais.....	151
Tabela 29 – Desvio residual do ajuste Gama para MLG resultante para carotenoides totais.....	153
Tabela 30 – Modelo linear generalizado resultante para carotenoides totais.....	153

Tabela 31 – Potencial antioxidante resultante para amostras de batatas-doces.....	158
Tabela 32 – Estatística univariada (ANOVA) resultante: análise antioxidante amostra liofilizada.....	158

LISTA DE ABREVIATURAS

ABTS	2,2'-Azinobis (3-Etilbenzoatiazolina-6-Ácido Sulfônico)
AIC	Critério de Informação De Akaike
ANOVA	Análise de Variância
ATR	Refletância Total Atenuada
BIC	Critério de Informação Bayesiano
CE	Equivalente Catequina
CIE	Comission Internationale de L'Éclairage
DCNT	Doença Crônica Não Transmissível
DRX	Difração De Raios-X
DSC	Calorimetria Diferencial Exploratória
DTG	Termogravimetria Derivada
EAG	Equivalente Ácido Gálico
EEI	Estação Experimental de Itajaí
EMBRAPA	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural
FA	Análise de Fator
FAO	Food And Agriculture Organization
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KMO	Critério de Kaiser-Meyer-Olkin
LT	Lote
MANOVA	Análise de Multivariância
MLG	Modelo Linear Generalizado
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAM	Produção Agrícola Municipal
PCA	Análise de Componentes Principais
RNA	Rede Neural Artificial
TG	Termogravimetria

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 OBJETIVOS	22
2.1 Objetivo geral	22
2.2 Objetivos específicos	22
3 REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1 BATATA-DOCE: ALGUNS CONCEITOS DE BOTÂNICA	23
3.2 HISTÓRICO	25
3.3 PRODUÇÃO DA BATATA-DOCE	26
3.4 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E RELEVÂNCIA SOCIAL DA BATATA-DOCE	30
3.5 COMPOSTOS BIOATIVOS EM BATATA-DOCE	33
3.5.1 Compostos fenólicos	33
3.5.2 Flavonoides	36
3.5.3 Antocianinas	38
3.5.4 Carotenoides	41
3.6 ANÁLISE DE IMAGENS DIGITAIS EM ALIMENTOS	44
3.6.1 Modelo de espaço de cor	47
3.7 PRODUTOS DESENVOLVIDOS COM BATATA-DOCE	51
4 MATERIAIS E MÉTODOS	54
4.1 AMOSTRAGEM	54
4.1.1 Preparo das amostras	55
4.2 ANÁLISES BIOMÉTRICAS	55
4.2.1 Cor instrumental	55
4.2.2 Imagens digitais	56
4.2.3 Espectroscopia na região de absorção do Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)	57
4.2.4 Difratomia de Raios-X	58
4.2.5 Análise termogravimétrica	58
4.2.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	58
4.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE COMPOSIÇÃO	59
4.3.1 Atividade de água	59
4.3.2 Composição mineral	59
4.3.3 Determinação de açúcares totais e redutores	60
4.4 ANÁLISES DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	60
4.4.1 Preparo do extrato das amostras de batatas-doces liofilizadas	60
4.4.2 Fenólicos totais	61
4.4.3 Flavonoides totais	61
4.4.4 Antocianinas totais	62
4.4.5 Carotenoides totais	63
4.4.6 Capacidade antioxidante via método ABTS ⁺	63
4.4.7 Capacidade antioxidante via método FRAP	64
4.5 SOFTWARE UTILIZADOS E TRATAMENTO ESTATÍSTICO	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
5.1 ANÁLISES BIOMÉTRICAS	65
5.1.1 Avaliação colorimétrica	68

5.2 ANÁLISE DE FATOR E COMPONENTES PRINCIPAIS: AMOSTRAS <i>IN NATURA</i>	86
5.3 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE IMAGENS DIGITAIS.....	93
5.4 ANÁLISE DOS ESPECTROS DE INFRAVERMELHO (FTIR).....	103
5.5 AVALIAÇÃO DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X.....	109
5.6 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA.....	112
5.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	118
5.8 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS NOVAS CULTIVARES DE BATATAS-DOCES.....	131
5.8.1 Conteúdo mineral.....	141
5.9 AVALIAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	144
5.9.1 Capacidade antioxidante por métodos ABTS ⁺ e FRAP.....	157
5.10 ANÁLISE DE FATOR E COMPONENTES PRINCIPAIS: AMOSTRAS LIOFILIZADAS.....	161
6 CONCLUSÃO	168
7 TRABALHOS FUTUROS	170
REFERÊNCIAS	171
APÊNCIDES	191

1 INTRODUÇÃO

Difundida e cultivada em grande parte do mundo, a batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.) apresenta suma importância na dieta da população de diversos países, sendo este um alimento histórico, de ordem cultural, presente na agricultura e no desenvolvimento de diversas sociedades.

Seu histórico é fruto de constante investigação, principalmente quanto à análise genética a qual aponta que seu surgimento se deu pelo cruzamento de cultivares nativos de batatas de áreas da América Central e América do Sul, em que antigos povos dessas regiões, provavelmente em caravanas migratórias, compartilharam seus conhecimentos e alimentos. Todavia, até hoje, o surgimento da batata-doce não é totalmente esclarecido.

A batata-doce é utilizada para alimentação humana, alimentação animal, como matéria prima na indústria de alimentos, obtenção de substâncias orgânicas, até mesmo na geração de combustível, o que torna a batata-doce uma cultivar empregada em diversos setores industriais.

Atualmente, a batata-doce é produzida em diversos países, sendo que o continente Asiático detém a maior parcela de sua produção.

No Brasil, a batata-doce é cultivada principalmente por pequenos agricultores, principalmente para comercialização como alimento base para populações de baixa renda, ou até mesmo destinada à alimentação animal.

Em geral, os produtores não dão a devida orientação profissional à cultura, devido em parte à rusticidade da batata-doce e sua boa adaptação em solo carente de nutrientes. Isto influencia diretamente na baixa empregabilidade de maquinário, insumos e tecnologias agrícolas, o que reflete nos modestos índices de produtividade nacional.

Neste sentido, empresas de pesquisa agropecuária, privadas ou públicas, guardam bancos de germoplasma em que buscam o desenvolvimento de novas espécies e cultivares que possam apresentar bons índices de produtividade, maior rendimento, resistência a pragas, entre outros. A batata-doce também é utilizada na pesquisa para biofortificação, no sentido da geração de biocompostos de interesse industrial.

A batata-doce também desperta grande interesse ao se considerar suas qualidades nutricionais, sendo também fonte de energia a qual apresenta baixo índice glicêmico. Algumas cultivares de polpa coloria contam ainda com compostos bioativos, podendo este ser considerado um alimento benéfico à saúde de seu consumidor.

As batatas-doces de polpa laranja são ricas em carotenoides, particularmente β -caroteno, que é pró-vitamínico A. As batatas-doces de polpa roxa apresentam diversos compostos polifenólicos e antocianinas.

Diversas instituições no mundo promovem o consumo de raízes tuberosas de batata-doce por povos que apresentam histórico de doenças relacionadas à desnutrição, como é o caso de países do continente Africano e Asiático.

Desse modo, a aplicabilidade da batata-doce é abrangente seja como matéria-prima industrial para a obtenção de álcool, biomoléculas ou corantes, seja no consumo cotidiano ou na elaboração de produtos alimentícios com valor nutricional agregado.

Face ao exposto, o propósito deste estudo é avaliar o potencial nutricional, os parâmetros físico-químicos, a composição de compostos bioativos, a capacidade antioxidante e analisar as imagens digitais obtidas de novas cultivares de batatas-doces denominadas SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Uruguaia e Americana, bem como da cultivar Beauregard.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Caracterizar os parâmetros físico-químicos de composição, avaliar a presença de compostos bioativos, o potencial antioxidante e analisar as imagens digitais obtidas de novas cultivares de batatas-doces SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Uruguaia e Americana, bem como da cultivar Beauregard.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a biometria e o padrão de cor das cultivares de batatas-doces;
- Determinar as características físico-químicas das novas cultivares quanto: atividade de água, umidade, cinzas, acidez titulável, conteúdo mineral, proteínas, lipídeos, açúcares, e vitamina C;
- Avaliar a atividade antioxidante pelos métodos de ABTS⁺ e FRAP;
- Analisar os compostos bioativos quanto: flavonoides totais, fenólicos totais, antocianinas e carotenoides;
- Obter o perfil analítico das amostras por Microscopia Eletrônica de Varredura, Espectroscopia de Absorção na região do Infravermelho, Difratomia de Raios X e Termogravimetria;
- Efetuar a análise de imagem digital das novas cultivares de batatas-doces.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A BATATA-DOCE: ALGUNS CONCEITOS DE BOTÂNICA

A batata-doce é uma raiz tuberosa dicotiledônea, pertencente à família *Convolvulaceae*, a qual abrange mais de 1600 espécies, sendo seu gênero *Ipomoea* e espécie *Ipomoea batatas* L. Lam (SCHULTZ, 1968; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

É um vegetal que possui em sua forma folhas largas e arredondadas, caule herbáceo rastejante geralmente prostrado, fixando-se ao solo por um único ponto de fixação, apresentando basicamente dois tipos de raiz: a raiz tuberosa e a raiz absorvente (EDMOND; AMERMAN, 1971; HUAMAN, 1992).

As folhas podem apresentar-se de forma ovada ou em segmentos, sendo cordiformes ou sagitadas, longamente pecioladas ou truncadas na base, sendo que o seu tamanho pode variar conforme as condições e cultivo e solo (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008)

O caule da planta é tenro e cilíndrico, de crescimento reptante (em posição rastejante, geralmente com todo o caule em contato com o solo), ligeiramente achatado, com predominância da cor verde, porém, pode também apresentar manchas de tom roxo, violeta ou purpúrea e, uma vez que cultivado em condições ótimas, pode alcançar de 2 a 3 metros de comprimento (BARRERA, 1989).

As ramas da batata-doce possuem nutrientes interessantes que podem ser destinadas a alimentação em geral, principalmente na criação de bovinos e suínos, seja *in natura* ou na forma de silagem (MIRANDA et al., 2006; VIANA et al., 2011).

As raízes qualificadas como absorventes são abundantes e demasiadamente ramificadas as quais atuam como agentes na extração e transporte de água e nutrientes do solo para a planta. Já as raízes tuberosas podem apresentar formato alongado, redondo, ou fusiforme, sendo identificadas pela grande espessura em relação às outras raízes, apresentando cinco ou seis feixes de vasos. Exibe em seu exterior uma casca, sendo seu interior denominado polpa ou carne (MIRANDA et al. 2006; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

Tanto a casca quanto a polpa das batatas-doces denotam uma variação de cor, podendo esta ser roxo, laranja, laranja claro, amarelo, ou até mesmo branco. (CODEAGRO, 2014). Essa variação de cor se deve a quantidade e variedade dos compostos presentes na batata-doce, como por exemplo, antocianinas e carotenoides, estes amplamente difundidos na cultura (FAN et al., 2007; KIM et al., 2015).

A Figura 1 ilustra diferentes cultivares de batatas-doces, suas formas e cores.

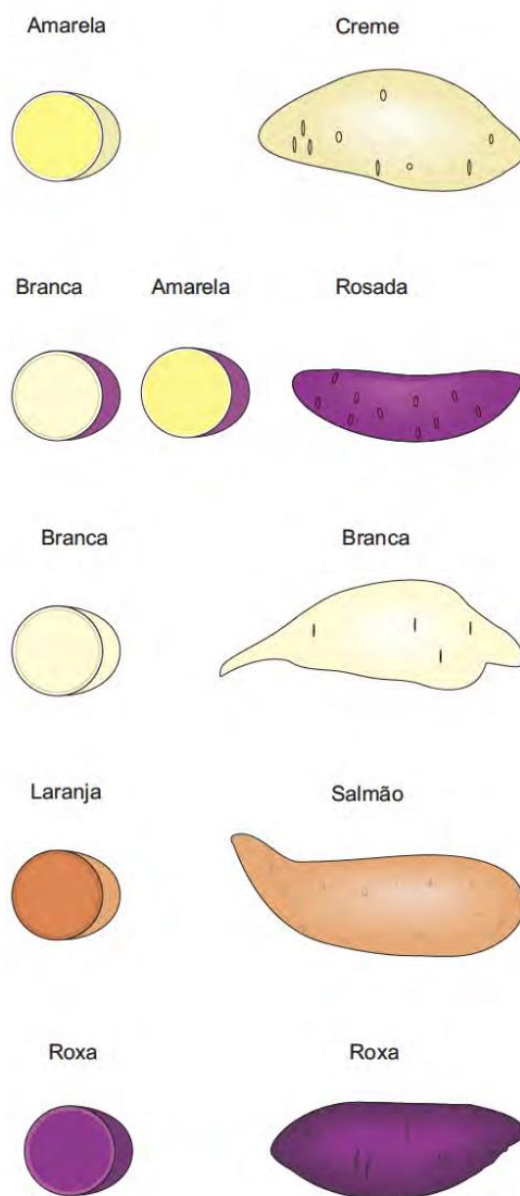


Figura 1 – Diversidade de cultivares de batatas-doces
Fonte: CODEAGRO (2014).

3.2 HISTÓRICO

A batata-doce possui origem associada ao desenvolvimento dos povos das Américas Central e Sul, desde o México até regiões do Peru, em que os relatos arqueológicos e as análises de vestígios de batatas secas encontradas em cavernas remontam seu uso a mais de dez mil anos, porém, sua verdadeira origem genética permanece indefinida até os dias de hoje (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

Roullier et al. (2013a) analisaram geneticamente cultivares de batata-doce descendentes de regiões que abrangem desde o México até o Peru, os quais observaram que a evolução genética de acessos de *Ipomoea batatas* transcorrem do cruzamento de espécies selvagens, cultivadas de forma independente por povos nativos da América Central e América do Sul.

Do mesmo modo, Srisuwan, Sihachakr e Siljak-Yakovlev (2006), na tentativa de compreender as origens da evolução das batatas-doces, analisaram a genética de espécies de *Ipomoea* segundo a organização cromossômica das plantas e descreveram que a origem da batata-doce está relacionada ao cruzamento de *Ipomoea* selvagens, sendo que *Ipomoea trifida* e *Ipomoea tabascanana* demonstram maior proximidade devido às semelhanças no conteúdo de seus DNAs.

Indaga-se que antigos povos usufruíam da agricultura mais que um meio de cultivo de alimentos para sobrevivência, mas também manifestavam este ofício como expressão de sua evolução e cultura, cultura essa que era compartilhada quando caravanas migratórias entravam em contato com outros povos, os quais também partilhavam seus conhecimentos e repartiam seus pertences.

Movimentos de migração também foram responsáveis pela introdução da batata-doce no continente Africano, onde as cultivares de batatas-doces da Nova Guiné apontam relação genética com plantas originárias da América Central e da América do Sul, de modo que estes foram rapidamente incorporados por agricultores locais, germinando assim uma ampla diversidade de cultivares adaptadas às condições climáticas do local (ROULLIER et al., 2013b).

Gichuki et al. (2003) utilizaram 71 marcadores de DNA polimórficos para avaliar a relação genética entre 74 variedades de batatas-doces de um total de 23 países subdivididos em seis regiões geográficas, e divulgaram em seu trabalho a moção de que a origem da batata-doce tem relação com variedades de batatas da

América Central e América do Sul, onde as cultivares Africanas e Asiáticas desenvolveram e evoluíram por meio de hibridação e adaptação ao solo e ao meio ambiente.

Há também relatos da presença da batata-doce na dieta de povos que habitaram a remota Ilha de Rapa-Nui (Ilha de Páscoa), onde a análise do cálculo dental (tártaro) em fósseis humanos recuperados de sítios arqueológicos presentes na ilha indicou a deposição de grânulos de amido (DUDGEON; TROMP, 2014), porquanto as análises destes grânulos de amido exibiram compatibilidade com a fécula encontrada em batatas-doces (TROMP; DUDGEON, 2015).

3.3 PRODUÇÃO DA BATATA-DOCE

A capacidade de cultivo da batata-doce em áreas com baixo investimento em insumos para o solo, bem como seu rendimento produtivo o qual se deve em parte à sua eficiência na conversão de energia por unidade de área, por unidade de tempo (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002), contribui para a manutenção desta cultura em diversos países, principalmente nos países subdesenvolvidos onde a agricultura carece de tecnologia.

Entre estes países encontram-se aqueles vinculados ao continente Africano, Asiático e da América Latina, onde a batata-doce assume um papel de vital importância no abastecimento alimentício interno e como complemento nutricional na dieta de seus habitantes (LAURIE et al., 2013; WILLIAMS et al., 2013).

Dados estatísticos da *Food and Agriculture Organization* - FAO (FAO, 2016) indicam que a China é o maior produtor de batatas-doces do mundo, seguidos por países do continente Africano.

O continente Asiático como um todo apresenta a produção mais expressiva de batata-doce, detendo uma parcela em torno de 76 % da safra mundial em 2014.

A Tabela1 exibe os cinco países que se destacaram como os maiores produtores de batatas-doces do mundo, segundo dados de sua produção no ano de 2014.

Tabela 1 – Maiores produtores de batata-doce no mundo em 2014

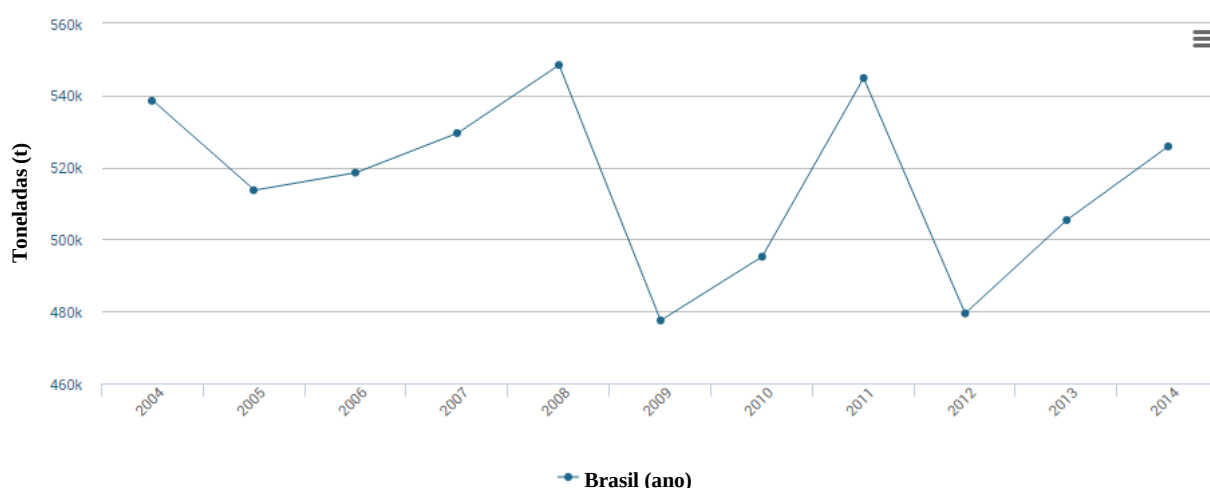
Países	Produção de batata-doce em toneladas
China	70.963.630
Nigéria	3.478.270
Republica Unida da Tanzânia	3.345.170
Indonésia	2.382.658
Uganda	1.863.000

Fonte: FAO (2016).

No continente Americano, os principais produtores de batata-doce são: Estados Unidos, Brasil, Argentina, Peru, Cuba, Jamaica, Porto Rico e Venezuela (FAO, 2016).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, apresentados na pesquisa denominada Produção Agrícola Municipal-PAM de 2014, no Brasil foram produzidos 525.814 toneladas de batata-doce. Isso indicou um incremento de 3,9 % na produção em relação a 2013, com aumento de 1,2 % quanto ao rendimento médio em quilos por hectare (IBGE, 2014).

Os valores apresentados pela FAO são ratificados pelos dados estatísticos do IBGE na pesquisa PAM/2014 para a produção da batata-doce no Brasil. A Figura 2 ilustra a variação do índice de produção brasileira da batata-doce nos últimos 10 anos.

**Figura 2 – Variação no índice de produção brasileira da batata-doce entre os anos 2004 a 2014**

Nota: (k)= multiplicado por 1000.

Fonte: FAO (2016).

A apreciação dos dados da produção nacional da batata-doce na última década demonstra que houve uma flutuação da produtividade. Este fato pode também estar atrelado à circunstância do produtor brasileiro em não utilizar a cultivar como fonte ativa de renda, em contra partida a outras cultivares de maior expressão comercial.

Portanto, são necessários estudos que visem minimizar os custos com o manejo da produção, bem como obter melhores acessos genéticos. A adoção de técnicas adequadas durante o cultivo da batata-doce poderá aumentar os índices de produção, de modo a fortalecer a cadeia produtiva com a implantação de lavouras comerciais, garantindo assim maior disponibilidade do produto (FURLANETO; FIRETTI; MONTES, 2012).

Durante muito tempo o cultivo da batata-doce foi encarado pelos seus produtores como um meio de abastecimento pessoal, tanto quanto às necessidades da alimentação familiar como também da criação animal. Montes et al. (2006) elaboraram um estudo de caso na cidade de São Paulo e apontaram que o cultivo da batata-doce tem suma importância na geração de empregos no campo devido à necessidade de mão-de-obra durante a lavoura, em que a utilização de maquinário suscita como principal item de dispêndio financeiro para o produtor.

As empresas de pesquisa agrícola possuem como um de seus propósitos o desenvolvimento genético e a avaliação de novas cultivares de batatas-doces as quais que sejam resistentes a pragas, apresentem boa produtividade em solos pobres, além da biofortificação de nutrientes de modo a tornar a cultura da batata-doce mais nutritiva e atrativa ao consumidor, influenciando em maior interesse produtivo por parte dos agricultores (SUINAGA et al., 2011; MELO et al., 2011; AMARO et al., 2014).

Nunes e colaboradores (2011) avaliaram o índice de produtividade de genótipos de batata-doce com potencial para biofortificação a partir de cultivares que se destacaram em pesquisa anterior (NUNES; SANTOS; SOUZA, 2009), as quais são provenientes do banco de germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Tabuleiros Costeiros em Sergipe e, dos 17 cultivares avaliados em solo raso e de baixa fertilidade, 15 apresentaram boa produtividade para suas raízes tuberosas, sendo que o cultivar que apresentou os melhores índices, segundo os autores, poderá ser utilizado para alimentação de alunos através da merenda escolar.

Desse modo, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural – EPAGRI, em sua estação experimental situada na cidade de Itajaí (EEI) em Santa Catarina, disponibilizou a partir de Dezembro de 2014 para comercialização, novas cultivares de batatas-doces desenvolvidas por meio de pesquisa de seleção e cruzamento entre cultivares, em parceria com produtores rurais do oeste do estado de Santa Catarina e colaboradores da EPAGRI - Estação Experimental de Ituporanga (EEIt).

A Figura 3 ilustra algumas das novas cultivares de batatas-doces desenvolvidas e disponibilizadas pela EPAGRI-EEI/SC.



Figura 3 – Novas cultivares de batatas-doces: SCS371 Katiy (esquerda), SCS370 Luiza (centro) e SCS372 Marina (direita)
Fonte: EPAGRI (2015).

Azevedo et al. (2015) analisaram 65 genótipos de batatas-doces do banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) de acordo com o desempenho agrônomo, principalmente quanto a produtividade total das raízes tuberosas, fator esse de maior importância sob a ótica da produção comercial, e relataram que os manejos de plantio e os efeitos ambientais apresentam suma importância sobre a qualidade de colheita da cultivar, sendo que, dos genótipos estudados, vários apresentaram melhorias no desempenho agrônomo.

Cabe ressaltar que, as pesquisas para melhoramento genético de batatas-doces que buscam obter melhor desempenho nutricional e produtivo podem aumentar o interesse do produtor rural no plantio da cultura, elevando assim a disponibilidade comercial da batata-doce.

3.4 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E RELEVÂNCIA SOCIAL DA BATATA-DOCE

A pesquisa e a informação quanto à composição nutricional dos alimentos disponíveis para o consumo, bem como sua exposição através de rotulagem ou propaganda, possui fundamental importância para o consumidor que busca uma dieta saudável ao passo que orienta o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (UNICAMP, 2011).

Assim, faz-se necessário estabelecer parâmetros para a composição físico-química das matérias-primas e seus respectivos produtos, de maneira que sejam expostas ao consumidor as informações quanto à constituição do alimento que está sendo ofertado nas gôndolas e prateleiras dos centros varejistas.

A Tabela 2 ilustra os dados sobre a composição centesimal para a batata-doce, divulgados pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação (NEPA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), publicado na Tabela de Composição dos Alimentos (TACO), para amostras nas condições *in natura* e cozida (UNICAMP, 2011).

Tabela 2 – Composição centesimal de batata-doce

Parâmetros	Batata-doce cozida	Batata-doce <i>in natura</i>
Umidade (%)	80,4	69,5
Energia (Kcal / KJ)	77 / 321	118 / 495
Proteína (g)	0,6	1,3
Lipídios (g)	0,1	0,1
Colesterol (mg)	N.A.*	N.A.*
Carboidrato (g)	18,4	28,2
Fibras (g)	2,2	2,6
Cinzas (g)	0,4	0,9
Vitamina C (mg)	23,8	16,5

N.A.*: Não aplicável;

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-TACO (UNICAMP, 2011).

O componente majoritário da massa seca, o qual pode variar entre 65 a 89 % da composição das raízes tuberosas da batata-doce é a fécula, constituído de cadeias glicosídicas que formam a amilose e a amilopectina, representa o principal polissacarídeo de reserva energética das plantas e tubérculos, em que a fécula da batata-doce apresenta ótima conversão energética e baixo índice glicêmico em

nosso organismo (LEONEL; OLIVEIRA; FILHO, 2005; ABEGUNDE et al., 2013; ZHOU et al., 2014).

A batata-doce conta com uma ampla variedade de compostos como carotenoides, antocianinas, polifenóis, ácidos fenólicos, minerais, vitaminas e outros, apresentando também atividade antioxidante (TEOW et al., 2007; SHEKHAR et al., 2014; PARK et al., 2014).

Estes compostos podem atuar em diversas reações bioquímicas do organismo, contribuindo para a manutenção da saúde de seu consumidor (CARDOSO; LEITE; PELUZIO, 2011).

Além da utilização das raízes para consumo humano, tanto as ramas como as folhas de batata-doce apresentam ainda teores nutricionais e energéticos, contando com perfil fermentativo adequado para ser empregado na produção de silagem, podendo ser ainda aproveitado para alimentação animal (VIANA et al., 2011).

Sun et al. (2014) avaliaram a composição nutricional das folhas de 40 cultivares chineses de batatas-doces das quais relatam uma série de nutrientes e compostos bioativos presentes, sugerindo que as folhas de batata-doce deveriam ser consumidas como vegetais de folhas, especialmente por povos que apresentam problemas de desnutrição.

A grande importância da batata-doce no contexto humano se torna evidente quando consideramos nossa exigência nutricional (a qual deve ser atendida diariamente a fim de se evitar doenças relacionadas à falta de nutrientes essenciais) e a conveniência na utilização da batata-doce como suplemento nutricional na dieta de povos carentes.

Para o auxílio de populações que apresentam problemas relacionados à desnutrição, principalmente entre as mulheres, gestantes e crianças, há países e instituições internacionais que desenvolvem políticas sociais e projetos locais de modo a intervir e promover uma melhora na alimentação por meio do incentivo ao consumo de alimentos que possam garantir um efeito positivo na saúde do consumidor (WUEHLER; OUEDRAOGO, 2011).

A batata-doce é um destes alimentos capaz de suprir a deficiência de certos compostos nutricionais. A carência de vitamina A que é um dos mais significantes problemas de saúde na África Subsaariana, o que levou a efetivação de projetos e

atividades com o objetivo de incentivar o consumo de batata-doce de polpa laranja rica em β -caroteno (BENDECH, 2004; BURRI, 2011; LOW; SINDI, 2011).

Williams e colaboradores (2013) reportaram que patologias crônicas proveniente da desnutrição, principalmente aquelas relacionadas à carência de vitamina A, figuram também como grande problema no Timor-Leste, onde o grupo avaliou a introdução de três clones de batatas-doces para cultivo dos agricultores locais nas temporadas 2006-2007 e 2007-2008 e atestaram que ao menos uma amostra de polpa laranja apresentou potencial de produção, aliado a qualidade nutricional necessária para atender a carência de vitamina A.

Laurie et al. (2013) avaliaram 57 cultivares de batatas-doces sul-africanos quanto a características morfológicas e diversidade genética advindas de pesquisas de melhoramento dos cultivares nativos que buscam melhor sabor, maior tempo de estocagem, boa capacidade de produção e principalmente tolerância a seca, e relataram que seus resultados não foram úteis apenas para o avanço de programas de pesquisa genética, mas principalmente para programas como o *Sweetpotato Action for Security and Health in Africa* (SASHA), o qual atua em função de estimular e aumentar o consumo de batata-doce na África.

A instituição *Helen Keller International* mantém mais de 180 programas de assistência a populações carentes, subdivididos em 21 países espalhados entre o continente Africano e a Asiático, e promoveu o projeto *The Reaching Agents of Change* (RAC), que atuou na Tanzânia, Moçambique, Nigéria, Gana e Burkina Faso com o propósito de gerar novos investimentos produtivos e mudanças sociais, de modo a garantir que a batata-doce (principalmente de polpa laranja) fosse incluída na agenda política dos países, permitindo efetivar a institucionalização de programas e garantir a oferta de consumo da cultivar para estas populações (HELEN KELLER INTERNATIONAL, 2014).

Indaga-se que, com notáveis propriedades para uso e aplicação em diversos seguimentos nutricionais e industriais, a pesquisa para aproveitamento e utilização da batata-doce deva ser tratada com maior interesse e aprimoramento.

Isso possibilitaria maior busca por informações, ocasionando assim um aumento nas possibilidades para utilização do tubérculo em áreas distintas de sua aplicação atual.

3.5 COMPOSTOS BIOATIVOS EM BATATA-DOCE

3.5.1 Compostos fenólicos

Compostos moleculares contendo estruturas conhecidas como polifenóis (grupamentos hidroxilas ligados diretamente em anéis aromáticos) estão presentes em diversas plantas, flores, folhas e alimentos de origem vegetal, sendo que mais de 10.000 destes compostos já foram identificados e continuam sendo objeto constante de pesquisa (VEITCH; GRAYER, 2011).

Do ponto de vista químico, os compostos fenólicos são substâncias que possuem anéis aromáticos com uma ou mais hidroxilas ou grupos funcionais como substituintes e, dessa forma, apresentam estrutura multivariada com diversas aplicações. Estas moléculas são metabólitos secundários das plantas, geralmente envolvidos em processos naturais de defesa, sintetizados via rotas análogas aos metabólitos primários, podendo sofrer alteração em seu conteúdo devido a diversas situações (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

A variedade no encadeamento molecular desta classe de substâncias conduz a uma ampla diversidade, sendo que, basicamente, subdividem-se em flavonoides e não flavonoides (SILVA et al., 2010).

Os flavonoides englobam um grupo de compostos fenólicos amplamente distribuídos nas plantas, principalmente em frutas e vegetais, evidenciados sob suas variantes como as flavonas, os flavonóis, flavanonas, antocianinas, catequinas, chalconas e isoflavonas. Já os derivados dos ácidos hidroxicinâmico, como por exemplo, os ésteres dos ácidos caféico, cumárico (que por ciclização gera a cumarina) e felúrico, e dos ácidos hidroxibenzóico, citando os ácidos salicílico, gálico, elágico, protocatéico e vanílico, podem ser considerados como não flavonoides (SOARES, 2002; SILVA et al., 2010).

A Figura 4 ilustra as estruturas químicas dos ácidos benzóico e cinâmico, com seus principais substituintes.

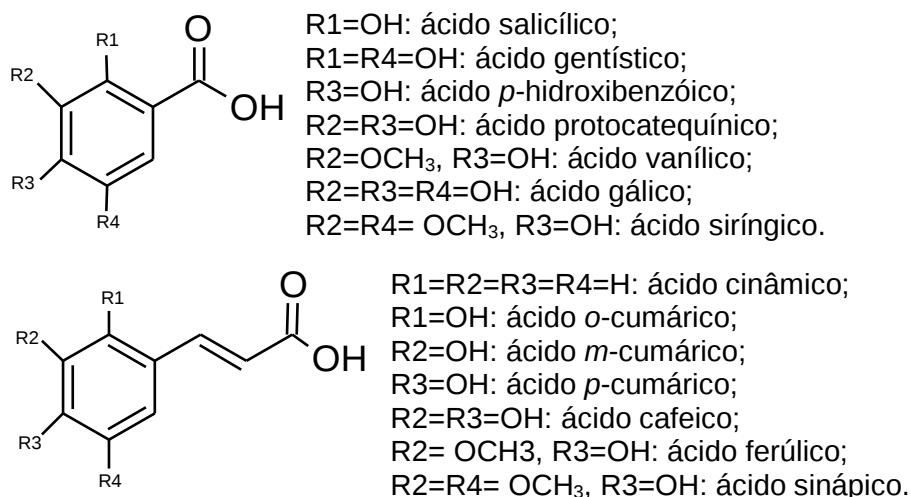


Figura 4 – Estrutura química dos ácidos benzóico e cinâmico, e seus principais ácidos
Fonte: Adaptado de Soares (2002).

Os processos de síntese dos polifenóis nas plantas ocorrem por diferentes rotas bioquímicas, razão pela qual constituem um grupo altamente diversificado do ponto de vista metabólico, porém, duas rotas estão basicamente envolvidas: a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico. A primeira, a rota do ácido chiquímico, envolve a biossíntese de uma série de fenóis nas plantas, porém, a rota do ácido malônico também está envolvida na síntese de compostos fenólicos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Vários fatores externos, principalmente aqueles envolvidos com as condições ambientais, podem influenciar na síntese e no acúmulo desses metabólitos, uma vez que estes são compostos secundários, os quais não estão diretamente relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Os compostos fenólicos são sintetizados pelas plantas como proteção às condições de estresse que podem incidir sobre estas, como ferimentos, excesso de radiação, condições adversas do clima, nutrição do solo, disponibilidade de água, etc., como forma de proteção da saúde da planta ou no combate contra condições adversas e possíveis predadores (BRAVO, 1998; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A Figura 5 ilustra, basicamente, a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico, na geração dos variados compostos fenólicos.

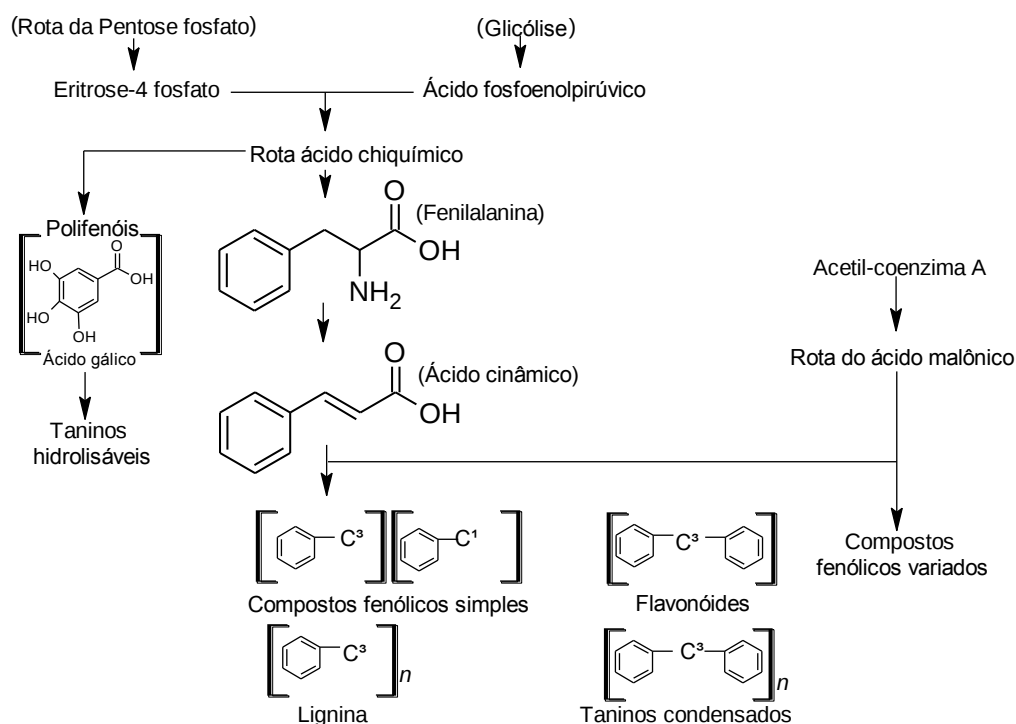


Figura 5 – Rota do ácido chiquímico e do ácido malônico na síntese de compostos fenólicos

Fonte: Adaptado de Taiz, Zeiger (2004).

A ação antioxidante é descrita como a principal atividade de defesa dessa classe de compostos, devido à possibilidade na doação ou recepção de íons de hidrogênio ou elétrons, ressaltando a capacidade de ligação e complexação estável com radicais livres, impedindo que haja reações de oxirredução com outros compostos, principalmente se tratando de lipídios (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995; ANGELO; JORGE 2007).

Cabe destacar que esta classe de biocompostos está presente nas batatas-doces, não só na forma de compostos polifenólicos, mas também agregados a macromoléculas, influenciando na qualidade sensorial e principalmente no valor nutritivo desse alimento, contribuindo positivamente para a saúde de seu consumidor (TEOW et al., 2006; TRUONG et al., 2007).

Nesta perspectiva, faz-se necessário a ingestão de alimentos que contenham de compostos fenólicos, uma vez que estes podem contribuir com a manutenção da atividade metabólica de seu consumidor, também no sentido da prevenção de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) (YOSHIMOTO et al., 2002; MANACH et al., 2004; OLIVEIRA; BASTOS, 2011).

A pesquisa quanto à caracterização de compostos da batata-doce demonstra que algumas cultivares são fonte de compostos fenólicos (JIE et al., 2012; SHEKHAR et al., 2014; XU et al., 2014), o que caracteriza a possibilidade do consumo regular desse tipo de alimento, principalmente por povos que apresentam problemas de saúde relacionados à desnutrição (WILLIAMS et al., 2013).

3.5.2 Flavonoides

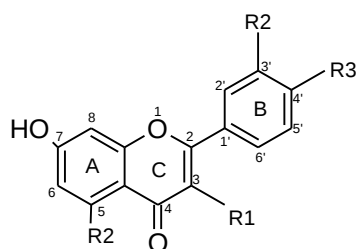
Os flavonoides são compostos difundidos em grande parte do reino vegetal, gerados como metabólitos secundários das plantas que os produzem, os quais apresentam baixo peso molecular e possuem estrutura organizada por quinze átomos de carbono, em conformação $C_6-C_3-C_6$, encontrados principalmente nas raízes, vegetais, folhas, frutas, flores e também sementes, podendo ainda estar em outras formas estruturais como glicosídeos ou agliconas (YAMADA; CASTRO, 2007).

Os flavonoides são sintetizados pelas reações de substâncias derivadas do aminoácido fenilalanina e ácido acético, sendo que a principal rota de síntese nas plantas é a via metabólica do ácido chiquímico (Figura 5), em que a conformidade química dos flavonoides é constituída a partir de dois anéis aromáticos intitulados como anel A e B, vinculados por três átomos de carbono e um de oxigênio formando um anel heterocíclico denominado anel C, chamado de núcleo flavona (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

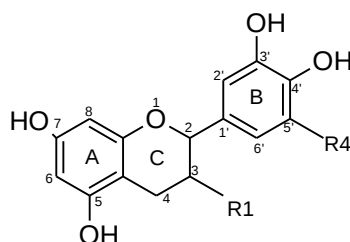
As variações atribuídas em substituição do anel C originam classes de flavonoides relevantes como, por exemplo, os flavonóis, as flavonas, as flavanonas, as catequinas, as isoflavonas e as antocianidinas. Possíveis alterações nos anéis A e B geram diferentes substâncias, dentro de cada uma das classes dos flavonoides (SOARES, 2002).

Os flavonoides ocorrem naturalmente nas plantas e vegetais em que mais de 8.000 deles já foram identificados, o que demonstra que toda essa disparidade de compostos está relacionada com numerosas combinações possíveis nos grupamentos substituintes, presentes nas suas estruturas (VEITCH; GRAYER, 2011).

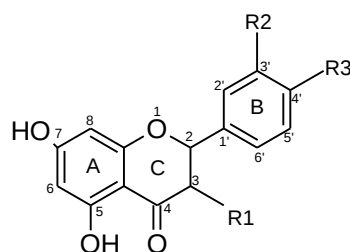
A Figura 6 exemplifica a estrutura das principais classes de flavonoides encontrados em alimentos.



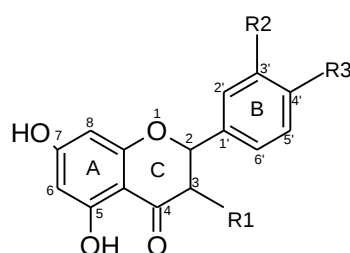
Flavonóis			
	R1	R2	R3
Quercetina	OH	OH	OH
Kaempferol	OH	H	OH
Flavonas			
Luteolina	H	OH	OH
Apigenina	H	H	OH



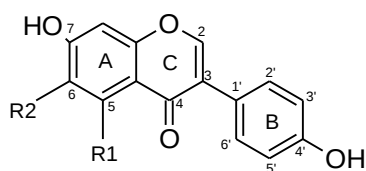
Flavanóis			
	R1	R2	R4
Catequina	OH		H
Epicatequina	OH		H
EGC	OH		OH
ECG	Galato		H
EGCG	Galato		OH



Flavanonas			
	R1	R2	R3
Taxifolina	OH	OH	OH
Naringenina	H	H	OH



Antocianidinas			
	R2	R4	
Cianidina	OH	H	
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃	
Perlagonidina	H	H	



Isoflavonas			
	R1	R2	
Daidzeína	H	H	
Gliciteína	H	OCH ₃	
Genisteína	OH	H	

Figura 6 – Principais classes de flavonoides e suas estruturas
Fonte: Adaptado de Huber; Rodriguez-Amaya (2008).

A análise dos flavonoides é frequente objeto de pesquisa, especialmente na área de estudos epidemiológicos, os quais relatam que uma dieta rica nestes

compostos, ou seja, a ingestão de alimentos que possuam relevante qualidade nutricional, principalmente quanto à disposição de compostos bioativos, está associada ao baixo risco e prevenção de DCNT (WANG et al., 2012; QIN et al., 2012; CHANET et al., 2013; YAMAGATA; TAGAMI; YAMORI, 2015).

A pesquisa sobre as propriedades antioxidantes dos polifenóis gera grande interesse devido aos seus efeitos benéficos à saúde, porém os mecanismos bioquímicos pelos quais os polifenóis atuam no sistema metabólico de seus consumidores permanecem incertos, necessitando de maior investigação e estudo (MANACH, 2004).

Assim, há uma série de estudos sobre a batata-doce em que a pesquisa busca quantificar (JUNG et al., 2011), extrair (CIPRIANO et al., 2015), analisar e avaliar sua ingestão, bem como os reflexos sobre a saúde do consumidor, principalmente quanto ao nível de compostos bioativos no metabolismo e seu incremento após o consumo da batata-doce (SHEKHAR et al., 2014).

3.5.3 Antocianinas

Abundantes no meio ambiente e distribuídas nas plantas, flores, folhas e frutos, as antocianinas fazem parte da classe de substâncias responsáveis essencialmente pelas mais variadas cores no reino vegetal, atuando também nos processos vitais das plantas.

As antocianinas são substâncias de ocorrência natural que conferem pigmento, sendo sintetizadas por rotas bioquímicas derivadas dos flavonoides (GOULD; DAVIES; WINEFIELD, 2009).

Apresentam estrutura básica $C_6-C_3-C_6$ e possui capacidade de absorver a luz no comprimento de onda visível do espectro eletromagnético, principalmente na região do vermelho, azul e amarelo, conferindo assim uma enorme variedade de cores passando pelo vermelho, laranja, o roxo e o púrpura, dependendo de sua organização estrutural (LÓPEZ; DELGADO-VARGAS; JIMÉNEZ, 2000).

Do ponto de vista químico, podemos definir as antocianinas como grupos glicosídicos das macromoléculas antocianidinas, denominadas como agliconas

polihidroxi ou polimetoxi derivadas do cátion 2-fenilbenzenopirilium ou cátion flavilium (LOPES et al., 2007).

As formas estruturais das antocianinas divergem em função do número de grupamentos hidroxílicos ou metoxílicos presentes na aglicona pela base, na posição e nos teores de açúcares e de ácidos vinculados à molécula de açúcar, fator que confere uma ampla gama de compostos a este grupo de substâncias (CARDOSO; LEITE; PELUZIO, 2011).

A Figura 7 apresenta a estrutura básica do cátion flavílico.

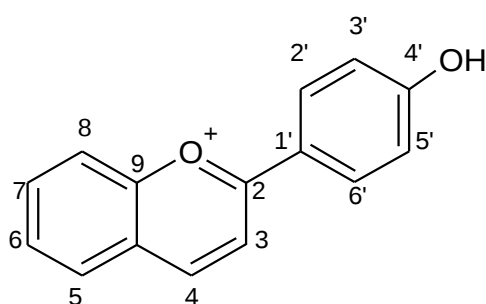


Figura 7 – Estrutura do cátion flavílico

Fonte: Adaptado de Cardoso; Leite; Peluzio (2011).

Quando em equilíbrio, as antocianinas podem apresentar diferentes formas estruturais, tais como o cátion flavílico, a base quinoidal, a pseudo base carbinol e a chalcona. Estas estruturas podem apresentar diversas interposições devido a fatores como temperatura, pH ou ligações intramoleculares e intermoleculares com outras substâncias químicas, alterando sua estabilização e intervindo no seu espectro de cores (FALCÃO, 2003).

O pH é o fator de maior influência na coloração das antocianinas, visto que, em função dos níveis de acidez ou alcalinidade do meio, estas podem apresentar diferentes estruturas, o que consequentemente afetará a capacidade de absorção de luz, alterando assim seu esquema de cores.

A Figura 8 ilustra as mudanças estruturais propostas para as antocianinas em meio aquoso, atribuídas em função da variação do pH.

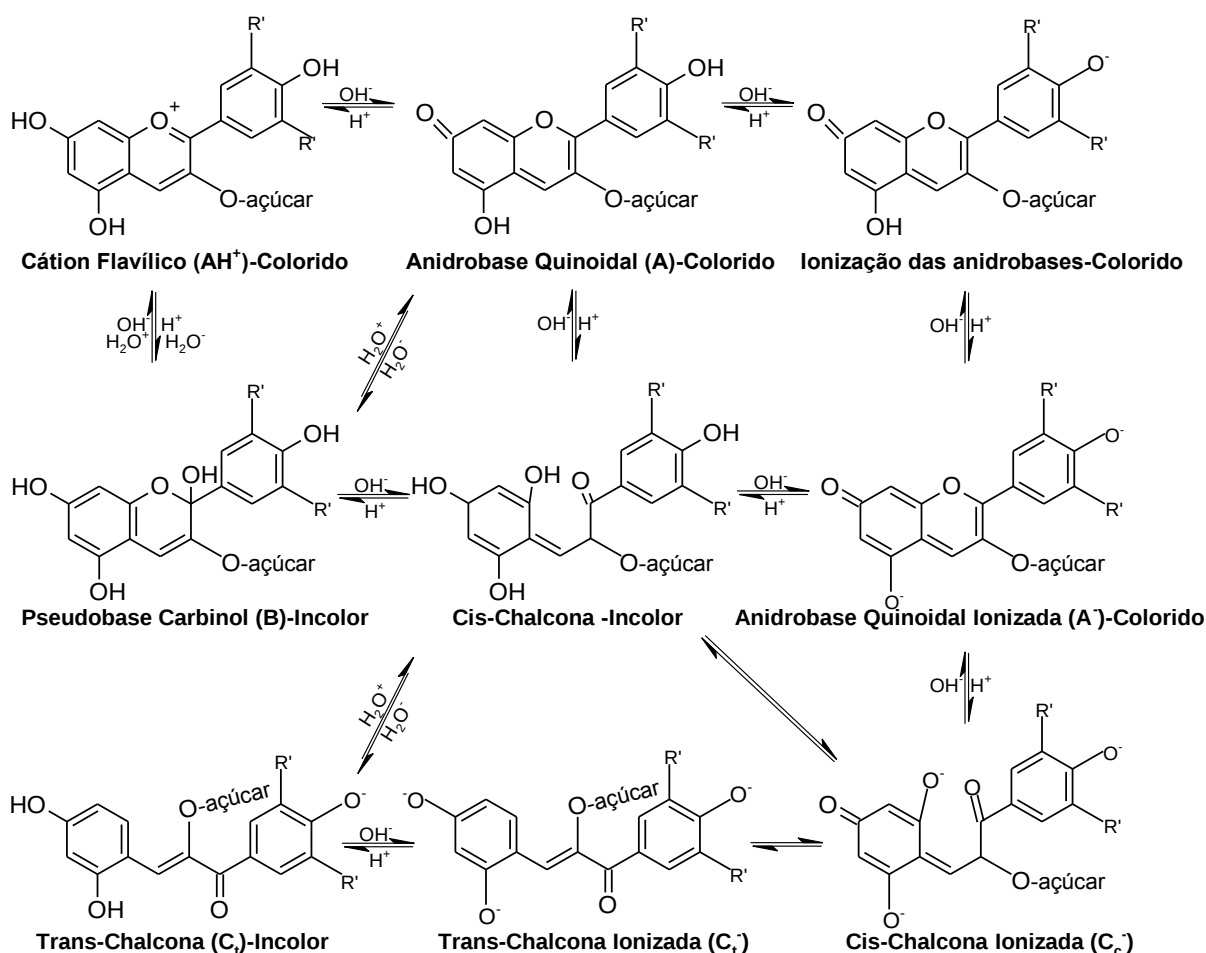


Figura 8 – Mudanças estruturais propostas para as antocianinas em meio aquoso em diferentes concentrações de pH

Fonte: Adaptado de Cardoso; Leite; Peluzio (2011).

Em sua estrutura básica, nas posições das hidroxilas, pode haver uma ou mais moléculas de açúcar ligadas via reações de glicosilação, ocorrendo em várias posições da molécula, mas com maior incidência no carbono de posição 3 do anel aromático (MALACRIDA; MOTTA, 2006). Os glicídios conferem estabilidade e solubilidade em meio aquoso à glicona, de maneira que os principais açúcares ligados à molécula de antocianidina são a glicose, arabinose, galactose e raminose das quais seis são importantes em alimentos: cianidina, delphinidina, peonidina, malvidina, pelargonidina, petunidina e malvidina (LOPES et al., 2007).

Em muitos casos os resíduos de açúcar são acilados por reações de copigmentação com ácidos fenólicos como, por exemplo, o ácido p-cumárico, cafeico, ferúlico, malônico, p-hidroxi-benzóico, oxálico, málico, succínico ou acético,

conferindo melhor estabilidade às moléculas, ampliando assim a sua capacidade de utilização (FRANCIS, 1989; FALCÃO, 2003; MALACRIDA; MOTTA, 2006).

Assim, como outras plantas, algumas cultivares de batatas-doces apresentam bom conteúdo de antocianinas, o que gera grande interesse por parte das indústrias de alimentos quanto pesquisa para sua utilização, visando à extração e estabilidade destes compostos, principalmente para aplicação na indústria de alimentos como corantes naturais (TRUONG et al., 2012).

Jie et al. (2012) identificaram e avaliaram a estabilidade térmica de antocianinas de batata-doce de polpa roxa da cultivar chinês Jihei, e reportaram que treze antocianinas foram identificadas as quais eram derivadas em especial de cianidina e peonidina, aciladas com ácidos fenólicos p-hidroxibenzóico, ácido ferúlico e ácido cafeico, e concluíram que as antocianinas de batata-doce de polpa roxa apresentam grande potencial para aplicação como corantes em alimentos.

Xu et al. (2014) caracterizaram as antocianinas da cultivar de batata-doce de polpa roxa denominada P40 (variedade cultivada no estado de Kansas nos USA) avaliando também sua estabilidade em condições de cozimento, e mencionam que essa variedade possui elevado teor da substância em até 14 mg/g de matéria seca, onde um total de 12 antocianinas aciladas foram identificadas, sendo que as di-aciladas demonstraram maior resistência ao calor, e ressaltaram que a utilização desses compostos poderiam ser úteis no desenvolvimento de diversos produtos funcionais.

3.5.4 Carotenoides

A classe de compostos denominados carotenoides encontra-se amplamente disperso na natureza, organizados principalmente como pigmentos naturais lipossolúveis responsáveis pelas cores amarelo, laranja e vermelho de frutas, legumes, hortaliças e raízes, os quais atuam como antioxidantes nos vegetais e apresentam bioatividade no metabolismo humano contribuindo beneficemente para a saúde do consumidor na formação da vitamina A, também é aplicado indústria como corante de ordem natural (RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA, AMAYA-FARFAN, 2008).

De constituição polisoprenóide, os carotenoides pertencem à família dos terpenóides, formados por quarenta átomos de carbono com um grupo variável de duplas ligações conjugadas o que confere uma característica linear à molécula. Possuem a capacidade de absorver a luz em diferentes comprimentos de onda na porção visível do espectro eletromagnético (SILVA et al., 2010).

A estrutura peculiar dos carotenoides é devida à sua longa cadeia com duplas ligações conjugadas, sendo que alguns carotenoides podem ostentar estruturas cíclicas e atuar como precursor de vitamina A.

Podem ser subdivididos entre carotenos (ou carotenoides hidrocarbonos) e as xantofilas (NUNES; MERCADANTE, 2004; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2004).

A estrutura de alguns carotenoides encontrados em alimentos é ilustrada na Figura 9.

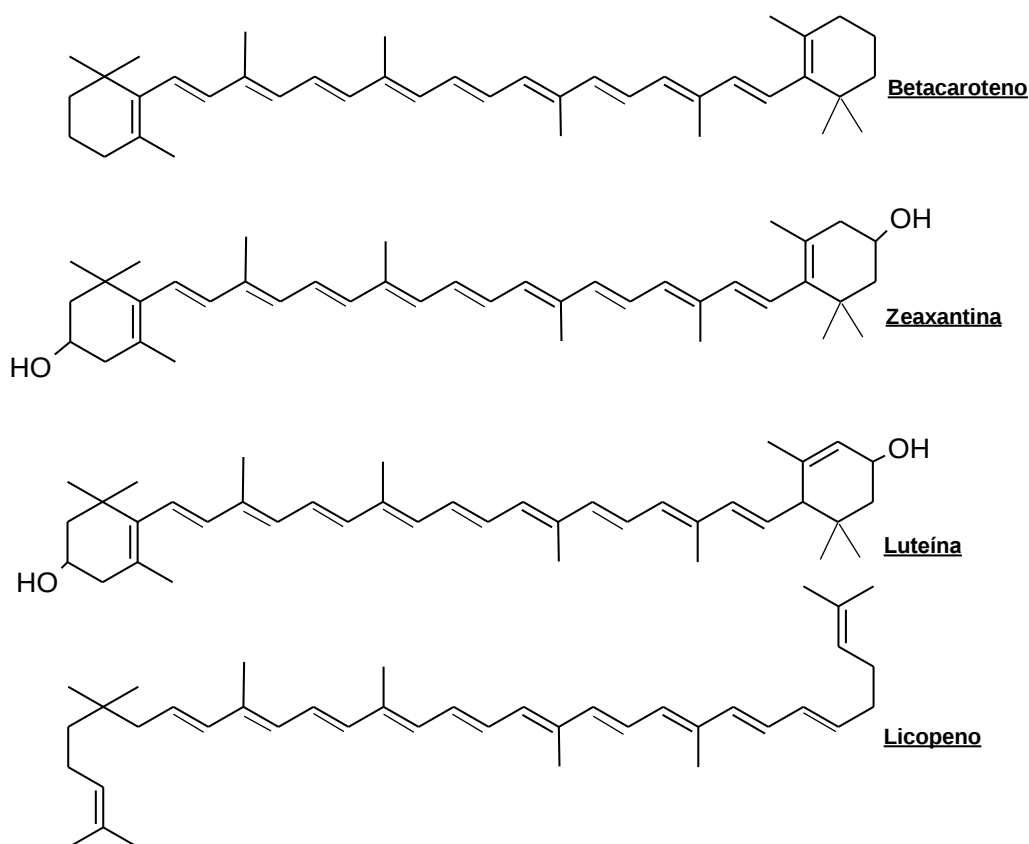


Figura 9 – Estrutura química de alguns carotenoides encontrados em alimentos
Fonte: Adaptado de Silva et al. (2010).

A estrutura poliênica dos carotenoides é rica em elétrons, expressando o funcionamento da atividade antioxidante, sendo que a principal atuação nesse sentido está na absorção e captura do oxigênio *singlet* e a capacidade de complexar com radicais livres, interrompendo as reações em série que estes elementos fomentam.

Contudo, outros mecanismos de atuação bioquímica são também descritos, sobretudo na área de pesquisa de DCNT, devido à manutenção em atividades biológicas no metabolismo humano, destacando que a indústria alimentícia o incorpora em certos produtos, a fim de melhorar suas características nutricionais, além do emprego de carotenoides como corantes naturais.

Ginting (2013) avaliou a extração de carotenoides de batata-doce de polpa laranja e sua aplicação como corante natural em alimentos, principalmente quanto à obtenção de β -caroteno, descrevendo assim valores entre 12,49 a 235,94 $\mu\text{g/mL}$ de extrato. A autora relatou também que o composto extraído apresentou boa estabilidade de cor após um mês acondicionado ao abrigo da luz, ressaltando que outros estudos devem ser levados a cabo uma vez que os corantes da batata-doce podem ser usados em produtos como sorvetes, sucos efervescentes, entre outros.

Jaarsveld e colaboradores (2005) avaliaram o consumo de batata-doce de polpa laranja por crianças com idades entre 5 e 10 anos, e reportaram o aumento no conteúdo de vitamina A do grupo de crianças que consumiram as batatas-doces, diferentemente do grupo de crianças que não as consumiu.

Champagne et al. (2010) caracterizaram os carotenoides presentes em 10 espécies diferentes de raízes e tubérculos cultivados em Vanuatu, participando 33 raízes tuberosas de batata-doce, os quais reportam altos teores para *trans*- β -caroteno em amostras de polpa laranja, composto considerado pro vitamínico A.

Hussein et al. (2014) investigaram os teores e a estabilidade de carotenoides extraídos de batatas-doces cultivadas na Malásia e observaram que as batatas-doces de polpa laranja apresentam maior teor da substância em comparação a outras cultivares, em que o tempo de armazenamento pós-colheita influenciou na quantidade e estabilidade destes compostos.

Cabe ressaltar que a disponibilidade de cultivo ao longo do ano, associado ao manejo de baixo custo, torna a batata-doce potencial fonte de carotenoides, e ainda que seu consumo habitual pode contribuir para a manutenção dos teores de vitamina A no organismo (JAARSVELD et al., 2005; HUSSEIN et al., 2014).

3.6 ANÁLISE DE IMAGENS DIGITAIS EM ALIMENTOS

A avaliação dos diferentes tipos de alimentos é praticada por diversos meios, em que a observação é um componente de grande valia, envolvida diretamente com atitudes de compra e preferência do consumidor.

No que se refere ao ato de observar, seu significado é, dentre outros, “olhar atentamente; fazer análise minuciosa” (MICHAELIS, 2016).

O olhar atento às condições do alimento é tido como *causa obligationis* em diversos tipos de avaliações para classificação, seleção e escolha de consumo.

Para tanto, é de grande interesse a dedução dos dados informativos, obtidos por meio de avaliações visuais.

Neste contexto, a utilização de imagens digitais para diversas avaliações em alimentos vem ganhando cada vez mais interesse por ser uma técnica relativamente simples, de baixo custo e ampla aplicação (YAM; PAPADAKIS, 2004; CHITRA; SUGUNA; SUJATHA, 2016).

Segundo Gonzalez e Woods (2007), a imagem pode ser definida como uma função bidimensional tipo $f(x,y)$, sendo que o termo x e y são planos de coordenadas espaciais, em que a amplitude da função f para qualquer par de coordenadas numéricas em (x,y) é tido como a intensidade da imagem, em qualquer ponto de análise. Quando os valores de x , y e de intensidade foram quantitativos finitos, variavelmente discretos, denominamos a imagem como imagem digital.

O processamento de imagem digital pode ser entendido como a conversão de uma imagem em outra imagem a partir de coordenadas digitais computadorizadas. A análise de imagem digital é a transformação da imagem obtida em algo capaz de gerar modelos de descrição e auxiliar na tomada de decisão (UKESSAYS, 2013).

Basicamente, a análise de imagem digital abrange algumas etapas como a aquisição da imagem, seu pré-processamento, a segmentação, extração de características e sua classificação e interpretação (GONZALEZ; WOODS, 2007; MCCLEMENTS, 2007; UMBAUGH, 2010).

A Figura 10 ilustra o fluxograma básico para as etapas de processamento de imagens digitais.

A aquisição da imagem é um fator de grande importância para uma correta análise e sua aplicação. Deve ser considerado o equipamento de captura da imagem, seus sensores e principalmente a posição e o ângulo entre o equipamento, o objeto gerador da imagem e o plano de fundo (CHITRA; SUGUNA; SUJATHA, 2016).

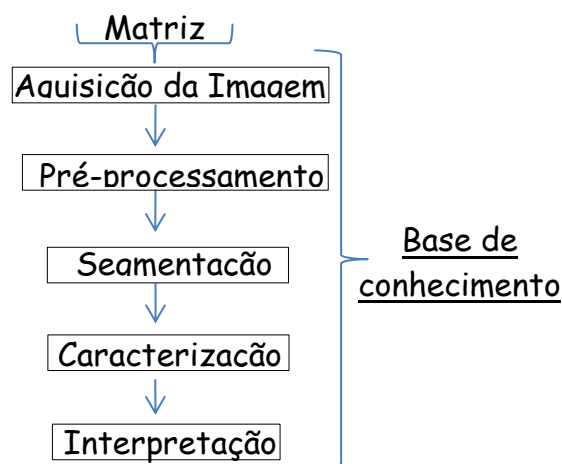


Figura 10 – Fluxograma de processamento de imagem

Fonte: Adaptado de Gonzalez; Woods (2007); Chitra; Suguna; Sujatha (2016).

O pré-processamento aumenta a precisão e a fidelidade na classificação da imagem. Esta etapa inclui a remoção de ruídos, o aprimoramento da imagem, a quantificação da imagem e seus dados binários, filtros de posição espacial, ajustes no plano de fundo, redimensionamento, entre outros (CHITRA; SUGUNA; SUJATHA, 2016).

Considerada a tarefa mais difícil durante a análise de imagem, a etapa de segmentação subdivide a imagem em seus constituintes. Existem diversas técnicas de segmentação de imagem, as quais dependem de sua aplicação e estudo (CHITRA; SUGUNA; SUJATHA, 2016).

Os métodos de extração de características de imagem como as bordas, os cantos e arestas podem ser utilizados para contraposição e discriminação de imagens similares. Também são extraídas as cores características, o formato e a textura como dados para validação no reconhecimento das imagens (CHITRA; SUGUNA; SUJATHA, 2016).

Deste modo, os dados obtidos durante as etapas de análise da imagem são utilizados para sua classificação e reconhecimento. Pode se empregar análises discriminativas no sentido de identificar alimentos seguros que por ventura possam estar adulterados (CHITRA; SUGUNA; SUJATHA, 2016).

Shantaia e Ansari (2010) analisaram as imagens digitais de grãos de arroz utilizando técnicas baseadas na deformação de imagem e análise de imagem por aproximação, gerando assim um algoritmo computacional baseado em características morfológicas e de cor, capaz de identificar o tipo do grão com alta precisão.

Matthiessen, Steinberg e Kaiser (2011) buscaram avaliar os hábitos e os comportamentos alimentares de jovens por meio do método de registro com imagens digitais da ingestão alimentar diária de 28 crianças de idades entre 9 e 12 anos. Os autores comunicaram que a realização do registro diário do consumo é importante para a correta avaliação da ingestão de grupos de alimentos, porém, mais pesquisas são necessárias no sentido de se averiguar o real consumo diário no intento de promover de mudanças saudáveis na alimentação.

Villordon e Carrol (2002) empregaram o estudo de análise de imagem digital em raízes de batatas-doces, advindas do cultivo com diferentes herbicidas para avaliação de atributos como o tamanho e a forma das raízes sob armazenamento, e afirmaram que a análise de imagem digital é uma ferramenta eficiente na avaliação destes dados.

Mummert (2004) avaliou as imagens digitais de batatas-doces com uso de ferramenta denominada visão computacional e, para tanto, avaliou dez batatas-doces gerando assim algoritmos padrões capazes de descrever características físicas das raízes. Seus resultados demonstraram que o sistema foi capaz de avaliar com precisão a largura e o comprimento de cada batata-doce a partir dos identificadores numéricos.

Assim, análise de imagem digital é uma importante ferramenta, capaz de ser utilizada em várias matrizes de alimentos, de modo a obter diversos registros e dados de atributos, gerando informações que podem aumentar a acuidade da técnica (SHANTAIA; ANSARI, 2010).

Cabe ressaltar que, a respeito da técnica de obtenção e análise de imagens digitais em alimentos ser relativamente simples, de baixo custo e versátil quanto à sua aplicação, esta ainda é pouco utilizadas em batatas-doces no sentido da

obtenção de marcadores biométricos e morfológicos para identificação e caracterização de suas raízes em diferentes cultivares.

3.6.1 Modelos de espaço de cor

Embora o processo adotado pelo cérebro para identificar, distinguir e interpretar as cores esteja a nível físico e psicológico, este não é, ainda, totalmente compreendido, contudo, a natureza física da cor pode ser expressa por meio de conceitos básicos corroborado por experimentos técnicos e resultados teóricos (GONZALEZ; WOODS, 2007).

A necessidade de padronização da escala de cor é extremamente necessária do ponto de vista analítico, uma vez que diferentes matrizes podem expressar diferentes cores, porém, a interpretação dos dados deve ser feita de modo igualitário e equilibrado.

A indústria, de um modo geral, demonstra grande interesse na triagem, escolha e definição de suas cores-logo e das cores envolvidas em seus produtos, criando assim um atributo próprio pelo qual a empresa busca destacar-se em sua aparência, gerando um canal de comunicação visual e consequentemente promovendo uma referência para o consumidor (KRESS-ROGERS; BRIMELOW, 2001; HOLDSCHIP; MARAR, 2007; HIRSCHLER, 2010; LOPACIUK; LOBODA, 2013).

Na indústria de alimentos não seria diferente, em que o apelo visual é fator imprescindível para os produtos dispostos entre seus concorrentes nas gôndolas e prateleiras comerciais, fazendo com que seus produtores invistam no controle da cor, na adoção de técnicas sensoriais e procedimentos de padronização da identidade e qualidade (KONICA MINOLTA, 2017a).

Assim, a análise sensorial na indústria de alimentos emprega padrões e modelos de cor para avaliação da visual dos alimentos, sejam estes *in natura* (como frutas, por exemplo) ou processados (TEIXEIRA, 2009; IANNARIO et al., 2012).

Em 1931, a entidade denominada *Comission Internationale de L'Éclairage* - CIE, apresentou o conceito de observador padrão, as fontes iluminantes, estabelecendo o primeiro padrão quantitativo de cores denominado CIE - RGB e

CIE - XYZ. Estes modelos de cor decorrem de estudos prévios sobre a percepção das cores pelo olho humano, a sensibilidade e o estímulo causado pela interação da luz cromática com o olho humano (YOUNG, 1802), a identificação das cores na teoria da visão colorida tri-cromática atribuída a pesquisas de Thomas Young e Hermann von Helmholtz (TABAKOV, 2013), de experimentos com registros fotográficos coloridos e métodos dispostos por James Maxwell (KING's COLLEGE LONDON, 2011), entre outros.

A sigla RGB provém das palavras em inglês Red (vermelho), Green (verde) e Blue (azul), sendo estas as cores primárias observadas na porção visível do espectro eletromagnético, correspondentes aos níveis de estímulos espectrais básicos detectados pelas células cones existentes no olho humano (BROADBENT, 2008).

É possível perceber estas as cores primárias quando cada estímulo é assimilado em sua banda espectral equivalente, porém, quando duas bandas primárias geram estímulos simultâneos, observam-se as chamadas cores secundárias, ilustradas na Figura 11 (FERREIRA, 2008).



Figura 11 – Cores primárias e secundárias
Fonte: Ferreira (2008).

No modelo quantitativo CIE - RGB, as cores podem ser descritas de acordo com valores atribuídos para cada cor primária em questão, variando em intensidade quando estes valores forem mínimos (preto) ou máximos (branco).

Uma das correspondências colorimétricas mais básicas utilizadas na quantificação do modelo CIE - RGB emprega uma escala numérica entre 0 a 255 para cada cor (TABAKOV, 2013).

O espaço de cor CIE - XYZ é baseado na resposta espectral *Long, Medium, Short* (LMS) das curvas de sensibilidade tri-estímulo do olho humano para os comprimentos de onda das cores primárias (Figura 12).

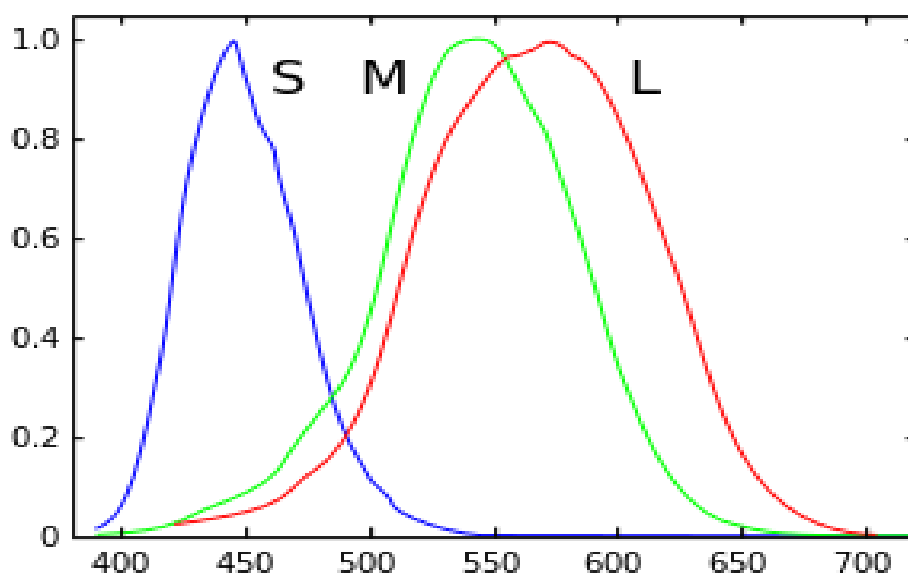


Figura 12 – Bandas de absorção espectral tri-estímulo LMS
 Fonte: Wikipédia (2017).

O modelo define Y com valores de luminescência, Z é correspondente ao estímulo azul e X é uma resposta numérica linear não negativa para uma combinação entre estímulos.

Por vezes empregado como referência padrão, o modelo CIE - XYZ é tipicamente utilizado para obter repostas de cores de uma dada amostra utilizando equipamentos de medição, conferindo assim valores de resposta dentro das bandas espectrais correlatas, mas não iguais, as curvas do espaço LMS (CIE, 2004).

Com o passar dos anos, adotou-se o espaço de cor $L^* a^* b^*$ (CIE - $L^* a^* b^*$), baseado no modelo de cores oponentes em que, no plano cartesiano, L^* representa

valores de luminosidade abrangendo o preto absoluto e o branco absoluto, a^* correspondente ao eixo de cores oponentes vermelho-verde e b^* o eixo oponente entre amarelo-azul (KONICA MINOLTA, 2017b).

Já o espaço CIE - $L^*C^*h^\circ$ utiliza coordenadas cilíndricas angulares em que C^* define o valor de saturação e h° valores de tonalidade (KONICA MINOLTA, 2017c).

A Figura 13 ilustra os diagramas de cor CIE - $L^*a^*b^*$ e CIE - $L^*C^*h^\circ$.

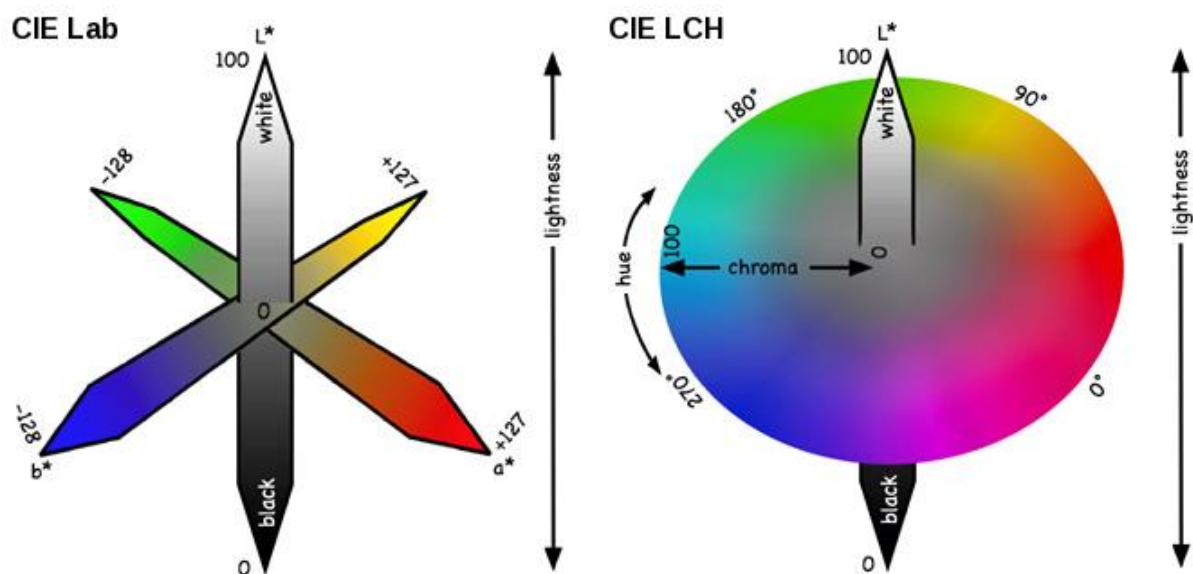


Figura 13 – Diagrama cartesiano de cor CIE – $L^*a^*b^*$ e tridimensional CIE - $L^*C^*h^\circ$
Fonte: Adaptado de Cruse (2016).

O espaço de cores denominado CIE - LUV é um dos mais uniformes definidos pela CIE, em que as diferenças avaliadas para os valores das coordenadas são semelhantes às alterações de cor visualizadas.

Calculado a partir das coordenadas CIE - XYZ, o espaço CIE - LUV foi desenvolvido para avaliar cores emissivas e resultar em valores uniformes de percepção, utilizando escala própria para luminosidade, cromaticidade e tonalidade, sendo também representado no diagrama cilíndrico de cor (CIE, 2004).

Há também outros modelos de cor baseados no espaço padrão CIE - RGB, como por exemplo, os modelos HSL e HSV, descritos por Smith (1978), os quais empregam também as coordenadas cilíndricas na descrição da cor. Enquanto HSL é

a sigla para *Hue* (tonalidade), *Saturation* (saturação) e *Lightness* (luminosidade), o modelo HSV apresenta a coordenada denominada *Value* (brilho). A diferença é que o termo brilho de uma cor pura é subentendido como o brilho da cor branco, enquanto a luminosidade situa-se na cor cinza-médio (SMITH; LYONS, 1996).

Destaca-se o fato de que, atualmente, diversos modelos e espaços de cor são utilizados pela indústria, nos mais variados setores, dada a importância da comunicação visual.

Cabe ressaltar que a interpretação da cor é individual em que a percepção não ocorre de modo igualitário entre as pessoas, porém, o apelo visual na indústria de alimentos e sua correta utilização para com os produtos é fator chave nas relações comerciais.

Garcia e Almeida (2015) avaliaram sensorialmente a cor de chips de batatas-doces, os quais foram desidratados por métodos diferentes (micro-ondas; secagem natural), na busca por garantir um produto final de melhor qualidade.

Fan e colaboradores (2007) empregaram as coordenadas CIE - $L^*a^*b^*$ na avaliação da cor de antocianinas extraídas de batata-doce de polpa roxa fermentada, e relatam maior estabilidade da cor quando esta é conservada em soluções ácidas.

Fica evidente que a análise de cor, seja sensorial ou instrumental, é de suma importância para a grande área de alimentos, sendo que sua correta interpretação e aplicação podem garantir produtos de alta qualidade.

Neste sentido, a análise de imagens digitais é uma poderosa ferramenta para uma inspeção minuciosa das condições dos produtos alimentícios, capaz de gerar dados e informações computacionais que podem descrever e identificar diversas características intrínsecas.

3.7 PRODUTOS DESENVOLVIDOS COM BATATA-DOCE

A cultura da batata-doce é amplamente difundida no mundo, presente em quase todos os países, devido em parte à facilidade de cultivo, rusticidade da planta e sua adaptação em diferentes tipos de solos, atuando como uma cultivar relevante e de valor socioeconômico (TAKEITI; ANTONIO, 2009).

A composição nutricional, o potencial produtivo e disponibilidade na obtenção coloca a batata-doce entre os interesses da indústria quanto à sua utilização, seja como matéria-prima para obtenção de biocompostos e corantes de ordem natural, seja na obtenção de produtos industrializados com qualidade nutricional ou até mesmo na utilização de suas substâncias em outros produtos, visando agregar maior valor comercial (VALDEZ et al., 2001).

Ravli, Silva e Moreira (2013) avaliaram a produção de chips de alta qualidade a partir de batata-doce de polpa laranja avaliando as técnicas de frituras empregadas na produção do produto, objetivando principalmente a obtenção de chips com baixo teor de óleo, os quais foram submetidos à análise sensorial e receberam notas satisfatórias dos julgadores, demonstrando o potencial da batata-doce de polpa laranja na elaboração deste tipo de produto.

Steed e Truong (2008) utilizaram batata-doce de polpa roxa para produção de purês e comunicaram que a força de cisalhamento do produto apresentou comportamento semelhante quando comparado com purês disponíveis comercialmente, apresentando ainda bom conteúdo de antioxidantes, sendo que o purê de batata-doce de polpa roxa foi descrito com potencial para utilização em vários sistemas alimentares incluindo sopas, bebidas, alimentos para bebês, produtos de panificação, alimentos congelados e sorvetes.

Ginting e Yulifianti (2015) avaliaram as características de macarrão fabricado com farinha de batata-doce de polpa laranja e farinha de trigo comercial, onde a utilização de farinha de batata-doce em até 40 % em conjunto com a farinha de trigo comercial foi capaz de produzir um produto com características sensoriais, físicas e químicas satisfatórias, ressaltando que a cor do novo produto foi mais bem avaliada em comparação ao produto original com 100 % de farinha de trigo.

Porém, no Brasil, a cultura da batata-doce é utilizada essencialmente no consumo direto, no que diz respeito ao cozimento da raiz, etapa esta realizada domesticamente pelo consumidor, sendo que a industrialização da batata-doce ainda é rudimentar onde seu derivado mais conhecido no país é o doce em pasta denominado “marrom-glacê” (TAKEITI; ANTONIO, 2009).

No entanto, novas pesquisas despontam para o uso da batata-doce no setor de desenvolvimento de novos produtos alimentícios no Brasil.

Moro et al. (2011) investigaram o perfil sensorial e a aceitação de massa alimentícia à base de farinhas de arroz e de batata-doce de polpa laranja e, para

tanto, produziram macarrão a partir de variações no conteúdo das farinhas e verificaram que a textura apresentou o maior impacto nas notas atribuídas pelos julgadores, sendo que a viabilidade do produto pode induzir a produção de um macarrão prático, de baixo custo, com maior valor nutritivo.

Coelho et al. (2010) analisaram sensorialmente doces do tipo massa, obtidos de batatas-doces biofortificadas, sendo que a partir dos resultados observados os autores deduziram que esse tipo de doce apresenta potencial para aceitação comercial, destacando que a boa produtividade da batatas-doces pode ocasionar no uso do deste tubérculo como matéria prima no desenvolvimento e obtenção de novos produtos industrializados.

Santos et al. (2013) verificaram a aceitação sensorial de pães de forma enriquecidos com farinha de batata-doce biofortificada denominada Beauregard obtidas junto a EMBRAPA - Hortaliças em substituição a farinha de trigo comercial utilizada originalmente no produto e, para tanto, avaliaram os julgamentos de 32 provadores não treinados onde os autores apuraram que a aceitação deste panificado indicou que a adição de farinha de batata-doce em pães de forma é uma alternativa e viável de produção deste tipo de alimento.

É válido destacar que a pesquisa visando o aproveitamento industrial da batata-doce, assim como a obtenção de biocompostos e novos produtos alimentícios com relevante qualidade nutricional ainda é pequena em nosso país, quando comparado a outros países, levando em conta que esta raiz tuberosa é largamente cultivada em todo o mundo e possui potencial produtivo ainda pouco explorado no Brasil.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 AMOSTRAGEM

As amostras das cultivares de batatas-doces nomeadas: SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Beauregard, Uruguaia e Americana foram obtidas junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina EPAGRI – Estação Experimental de Itajaí (Epagri-EEI) a qual possui associação com produtores e beneficiadores localizados na região rural do Oeste de Santa Catarina.

Vale dizer que as cultivares SCS370 Luiza, SCS371 Katiy e SCS372 Marina foram produzidas pela Epagri-EEI e registradas junto ao Registro Nacional de Cultivares (RNC) sob os números de registro 32952, 32953 e 32954, respectivamente, sendo que Beauregard já é uma cultivar estabelecida, e as cultivares Uruguaia e Americana encontram-se em fase de pesquisa junto à Epagri-EEI.

As amostras de batatas-doces foram recepcionadas em caixas de isopor com Gelo-X, seguidas de acondicionamento em baixa temperatura (4 - 18 °C) em geladeira/freezer na UTFPR-campus Pato Branco/PR. A Tabela 3 descreve as cultivares de batatas-doces, seus lotes e a quantidade de raízes do lote 2. Devido a efeitos climáticos adversos que prejudicaram a colheita, algumas amostras não foram obtidas.

Tabela 3 – Amostras das cultivares de batatas-doces obtidas para estudo

Cultivares	Lote 1 (ano 2015)	Lote 2 (ano 2016) (Raízes)
SCS370 Luiza	X	X (10)
SCS371 Katiy	X	X (07)
SCS372 Marina	X	X (07)
Beauregard	X	N.O.*
Uruguaia	N.O.	X (07)
Americana	N.O.	X (07)

(*) amostra não obtida.

4.1.1 Preparo das amostras

As amostras de batata-doce foram submetidas a análises em condições *in natura* e liofilizadas. As amostras *in natura* foram lavadas com água destilada, secas e embaladas em papel *Kraft*, sendo acondicionadas em uma caixa de isopor em geladeira a 4 °C. As amostras submetidas à liofilização foram embaladas em saco plástico e acondicionadas em congelador a -18 °C. Para o processo de liofilização, as amostras congeladas foram picadas com faca de aço inox, descascadas e armazenadas a -55 °C por 4 h em liofilizador (Liotop modelo L108) e submetidas a vácuo por 48 h.

4.2 ANÁLISES BIOMÉTRICAS

Realizaram-se avaliações biométricas das novas cultivares de batatas-doces: peso (g), comprimento (mm) e calibre (mm). Estas medidas foram obtidas com auxílio de balança analítica (Shimadzu modelo AX200 ($\pm < 0,1$ mg)) e paquímetro Digimess Stainless-Hardened (CODEAGRO, 2014). A descrição morfológica das batatas-doces seguiu metodologia descrita por Huamán (1991).

4.2.1 Cor instrumental

As coordenadas de cor foram avaliadas para amostras de batatas-doces *in natura* (casca e polpa) e liofilizadas com auxílio colorímetro Minolta CR-300. O equipamento utilizado foi configurado para uso do iluminante D65 o qual apresenta uma temperatura de cor de 6505 K (Kelvin) baseado na distribuição espectral da luz do dia, em atendimento ao recomendado pela *Commission Internationale de L'Éclairage* – CIE em 1965 (X-RITE, 2007). Os parâmetros obtidos foram: L^* , a^* , b^* , C^* , h° , X, Y, Z. Deste modo, determinaram-se as coordenadas de ΔE_{94} pela equação

1 e ΔH pela equação 2 . Os resultados foram interpretados segundo espaço de cor CIEL*C*h° (HABEKOST, 2013).

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{Kl * Sl}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{Kc * Sc}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{Kh * Sh}\right)^2} \quad (1)$$

Em que:

ΔL = variação de L^* entre lote 1 e lote 2;

ΔC = variação de C^* entre lote 1 e lote 2;

$Kl = Kc = Kh = 1$;

$Sl = 1$

$Sc = 1 + 0,045.C^*_1$

$Sh = 1 + 0,015.C^*_1$

$$\Delta H = \sqrt{(\Delta a^2 + \Delta b^2 - \Delta C^2)} \quad (2)$$

Onde:

Δa = variação total de cor a^* entre lote 1 e lote 2;

Δb = variação de b^* entre lote 1 e lote 2.

4.2.2 Imagens digitais

Amostras de batatas-doces liofilizadas foram porcionadas e acondicionadas em recipiente de poliestireno de coloração negra, com diâmetro 4,5 cm e altura 0,5 cm. Uma caixa de 35,4 cm de largura e 39 cm de altura foi especialmente construída para a tomada de imagens, contendo 60 lâmpadas de led em cada lado (Figura 14). As imagens foram feitas com uso de máquina fotográfica digital Nikon Coolpix L820, de 16 Megapixel, e zoom de 8x.

As imagens foram selecionadas e recortadas no tamanho de área de 400x400 pixels e interpretadas por *software* desenvolvido para este tipo de amostra,

obtendo assim os perfis de espaço de cor em diferentes canais: RGB, XYZ, HLS, HSV e LUV (FILHO, 2012).

Os 15 canais (C) de cores nomeados CB, CG, CR, CX, CY, CZ, CH1, CL1, CS1, CH2, CS2, CV1, CL2, CU e CV2 foram submetidos aos algoritmos “CfsSubsetEval” e “BestFirst” para seleção dos melhores descritores para as cultivares batatas doce. A melhor topologia da rede neural artificial (RNA) foi construída de acordo com a melhor classificação para as cultivares de batatas doce. Essas análises de aprendizado de máquina foram realizadas no software Weka 3.8 – *Waikato Environment for Knowledge Analysis*.



Figura 14 – Caixa utilizada para tomada de imagens digitais das amostras de batatas-doces liofilizadas

4.2.3 Espectroscopia na região de absorção do Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras de batatas-doces liofilizadas foram inseridas diretamente no espectrofotômetro (FTIR Perkin Elmer, USA) com acessório Universal ATR (Sampling Accessory), colocando-se cada amostras em contato com o cristal de ATR em módulo de transmitância. Este método não exige o preparo de amostra. Outra análise espectral seguiu método de pastilha de Brometo de Potássio-KBr 2 % com auxílio de gral e pistilo de pedra ágata. A análises foram em triplicata com varredura na faixa de $4000\text{-}650\text{ cm}^{-1}$, resolução de 4 cm^{-1} com 32 acumulações.

4.2.4 Difractometria de Raios-X

Realizou-se a análise de Difração de Raios-x (DRX) em equipamento difratômetro Rigaku MiniFlex600 (Shimadzu Corporation), utilizando fonte de radiação de lâmpada de cobre (CuK- α), corrente elétrica de 15 mA e tensão de 40 kV. As análises seguiram em intervalo de 2° com ângulo de varredura na faixa de 5° - 80° , ao passo de $0,02^\circ$ e velocidade de $5^\circ.\text{min}^{-1}$.

4.2.5 Análise termogravimétrica

Amostras liofilizadas de batatas-doces foram submetidas à análise térmica e avaliadas por Análise Termogravimétrica (TG), Termogravimetria Derivada (DTG) e Calorimetria Diferencial Exploratória com fluxo de calor (DSC) em aparelho de determinação simultâneo denominado SDT Q-600 (TA Instruments USA).

Utilizou-se atmosfera de ar sintético, com fluxo de gás de $100 \text{ mL}.\text{min}^{-1}$, aquecendo-se no intervalo de $30 - 300^\circ\text{C}$ e $30 - 600^\circ\text{C}$ com taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}.\text{min}^{-1}$.

4.2.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Um corte transversal e longitudinal foi aplicado em unidades de batata-doce liofilizadas, as quais foram avaliadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (TM3000, Hitachi Ltd. Corporation, Japão).

As amostras foram acondicionadas em aparato *Speciment Stub*, unido por fitas de carbono e micrografadas com ampliação entre 100 e 600 vezes.

4.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE COMPOSIÇÃO

O teor de umidade (metodologia 44-45/AACC, 2000); cinzas (8-12/AACC, 2000), proteínas pela técnica de Kjeldahl com fator de correspondência nitrogênio-proteína de 6,25 (920.87/AOAC, 1997), acidez titulável (método 016/IV), lipídeos totais (920.39,C/AOAC, 1995), e vitamina C (método 0364/IV) das amostras de batatas-doces *in natura* e liofilizadas foram realizadas em triplicata e determinadas conforme metodologia analítica descrita em Métodos Físico-químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO..., 2008).

As demais análises são descritas nos itens a seguir.

4.3.1 Atividade de água

A análise de atividade de água (A_w) foi feita em triplicata para amostras *in natura* e liofilizadas com auxílio do equipamento Aqualab Lite AL 1437 Decagon®. O Aqualab calculou a atividade de água através da avaliação do ponto de orvalho em espelho resfriado, sendo que o ponto de pressão do vapor da amostra é equilibrado com o ar da câmara fechada, a qual contém um espelho. A detecção é resultado da condensação da água no espelho. Quando em equilíbrio, a umidade relativa do ar na câmara é igual à atividade de água na amostra.

4.3.2 Composição mineral

O perfil mineral foi determinado segundo metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemistry - AOAC, em métodos oficiais nº 975.03 (1996) e métodos oficiais nº 965.09 (1998).

Foram avaliados os macrominerais: Sódio (Na), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Fósforo (P); os microminerais: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn),

Manganês (Mn) e Cobalto (Co); bem como os minerais altamente tóxicos: Cádmio (Cd), Cromo (Cr) e Chumbo (Pb).

A análise foi conduzida por meio de espectrofotometria de absorção atômica (Analytic JenaAG, modelo Nova A300), utilizando ar-acetileno (C_2H_2) para a formação da chama, com exceção do cálcio para o qual foi usado uma mistura de acetileno-óxido nitroso.

4.3.3 Determinação dos açúcares totais e redutores

A análise de açúcares totais seguiu metodologia descrita DuBois et al. (1956). A determinação de açúcares redutores foi feito segundo Maldonade et al. (2013).

A análise dos açúcares totais baseia-se na digestão da amostra em H_2SO_4 concentrado e complexação da amostra em solução de fenol 5 %, com repouso por 20 min e posterior leitura em espectrofotômetro a 490 nm (hexoses). O cálculo de concentração é feito com auxílio de curva de calibração no padrão glicose.

Já a avaliação dos açúcares redutores pelo método de Somogyi-Nelson é baseado nas propriedades redutoras destes açúcares, na reação da hidroxila hemiacetálica dos monossacarídeos reduzindo de Cu^{++} a Cu^+ com formação Cu_2O , que reduz o arsenomolibdato originando uma coloração azul. Após repouso de 5 min a leitura foi realizada a 540 nm e calculado segundo curva padrão de glicose.

4.4 ANÁLISES DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

4.4.1 Preparo do extrato das amostras de batatas-doces liofilizadas

Conforme a especificidade de cada análise, obteve-se o extrato das amostras de batatas-doces liofilizadas em metanol:água (80:20 v/v) na proporção 1:15 g/mL.

O procedimento para preparo do extrato seguiu os seguintes passos: 1 g de amostra liofilizada de batata-doce em 15 mL de metanol/água (80:20 v/v), seguido de aquecimento em banho-maria à 70 °C por 30 minutos, sendo que a cada intervalo de 10 minutos, o tubo de ensaio foi agitado em agitador tipo vortex.

Após esta etapa, a solução foi filtrada em papel filtro 150 mm e acondicionada em tubos de ensaio limpos, tampados, envoltos em papel tipo Kraft (protegido da luz), seguido de estocagem à temperatura de 2 °C em geladeira.

4.4.2 Fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais seguiu método espectrofotométrico proposto por Singleton, Orthofer e Lamuela (1999), modificado por Georgé et al. (2005).

O extrato foi transferido para um tubo de ensaio no qual adicionou-se 2,5 mL do reagente Folin-Cicalteou diluído em água destilada na proporção de 1:10 e, após 5 min, foi adicionado 2 mL de carbonato de sódio a 4 %, seguido de repouso por 2 h ao abrigo da luz. Decorrido este tempo, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 740 nm.

A quantificação dos fenólicos totais foi realizada por meio da equação da reta procedente da curva de calibração no padrão ácido gálico e estimados para 100 g de amostra.

4.4.3 Flavonoides totais

A determinação do conteúdo de flavonoides totais foi feita segundo metodologia descrita por Zhishen et al. (1999).

Este método baseou-se numa reação colorimétrica em que o extrato da amostra é misturado em nitrato de sódio 5 % (m/v), após 5 min adicionou-se cloreto de alumínio 10 % (m/v) e após 6 min hidróxido de sódio padronizado 1 mol/L⁻¹.

Os tubos de ensaio foram avolumados com água destilada e, depois de 20 min de repouso, as leituras da absorbância ocorreram em espectrofotômetro calibrado para absorção em comprimento de onda de 510 nm.

Utilizou-se a curva de calibração no padrão catequina para quantificação dos teores de flavonoides totais.

4.4.4 Antocianinas totais

A avaliação de antocianinas totais seguiu método do pH diferencial, descrito por Lee, Durst e Wrolstad (2005). Os pigmentos das antocianinas reagem a mudanças no pH, sentão, preparou-se uma solução tampão de cloreto de potássio (KCl) à 0,025 M e tampão acetato de sódio (CH₃COONa) a 0,4 M com correção do pH dessas soluções utilizando ácido clorídrico (HCl). Transferiu-se 0,2 mL das amostras para tubo de ensaio contendo 2,8 mL de tampão KCl (pH 1) e CH₃COONa (pH 4,5). As leituras espectrofotométricas ocorreram nos comprimentos de onda de 520 nm e 700 nm. Os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo conforme a equação 3:

$$Antocianinas(mg) = \frac{A \times MW \times DF \times 10^3}{\epsilon \times l} \quad (3)$$

Em que:

A= (A_{520 nm} - A_{700 nm}) pH 1 - (A_{520 nm} - A_{700 nm}) pH 4,5;

MW= massa molecular de cianidina-3-glicosídeo (449,2 g/mol⁻¹);

DF= fator de diluição da amostra;

10³= fator de conversão de g para mg;

ε= absortividade molar de cianidina-3-glicosídeo (26.900 L/mol⁻¹.cm⁻¹);

l= caminho ótico (cm).

4.4.5 Carotenoides totais

A análise de carotenoides é descrita por Porcu e Rodriguez-Amaya (2004). A avaliação dos carotenoides totais foi baseada na quantificação do carotenoide em maior quantidade na amostra (β -caroteno). Procedeu-se a varredura espectral em espectrofotômetro Evolution 60S (Thermo Scientific) no comprimento de onda entre 300 e 600 nm.

O teor de carotenoides totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) foi calculado pela equação 4:

$$\text{Carotenoides totais}(\mu\text{g}) = \frac{A_{\text{max}} \times V \times 10^4}{\varepsilon \frac{1\%}{1\text{cm}} \times m} \quad (4)$$

Onde:

$A_{\text{máx}}$ = maior valor de absorbância;

$\varepsilon \frac{1\%}{1\text{cm}}$ = coeficiente de absorção (éter de petróleo= 3450);

V= volume da diluição do extrato (mL);

m= massa da amostra (g).

4.4.6 Capacidade antioxidante via método ABTS⁺

A análise de antioxidantes pelo método de captura do radical ABTS 2,2'-azinobis (3-etilbenzoatiazolina-6-ácido sulfônico) foi realizada conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007a). O radical ABTS⁺ é formado pela reação de solução ABTS 7 mM com persulfato de potássio 140 mM, encubados ao abrigo da luz. Uma vez formado o radical, este foi diluído em metanol até obtenção do valor de absorbância de 0,700 na absorção de 734 nm em espectrofotômetro. Transferiu-se uma alíquota de 30 μL do extrato das batatas-doces para o 3 mL do reagente em ambiente com ausência de luz. A leitura espectrofotométrica ocorreu a 734 nm, utilizando metanol como branco. A quantificação da atividade antioxidante foi feita

por meio de curva de calibração do padrão Trolox e estimado para 100 g de amostra.

4.4.7 Capacidade antioxidante via método FRAP

Avaliou-se a atividade antioxidante segundo método de redução do Ferro – FRAP, descrito por Rufino et al. (2006) e adaptado por Wootton-Beard et al. (2011).

Este método baseia-se na capacidade da amostra em evitar a redução do complexo $\text{Fe}^3\text{-TPTZ}$ para $\text{Fe}^2\text{-TPTZ}$. A solução FRAP foi preparada no momento da análise, por meio de 25 mL de solução tampão acetato de sódio pH 3,6 e 2,5 mL de solução TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina) e 2,5 mL de solução de cloreto férrico 20 mM, seguido de armazenamento a 37 °C. Utilizou-se o reagente FRAP como branco. A leitura espectrofotométrica ocorreu em comprimento de onda de 595 nm. A quantificação da atividade antioxidante foi obtida por meio da curva padrão do sulfato ferroso e calculada para 100 g de amostra.

4.5 SOFTWARES UTILIZADOS E TRATAMENTO ESTATÍSTICO

As avaliações estatísticas foram feitas com uso de *software* livre *R-commander* e também o *software* STATISTICA® 7.0 versão beta (StatSoft, 2004), com avaliações ao intervalo de confiança de 95 % de confiabilidade. O *software* Weka também foi utilizado para análise de Redes Neurais Artificiais (RNA). O *software* Origin 8.0 demo (OriginLab) foi empregado para desenvolvimento de gráficos. O *software* ACD/ChemSketch freeware version (ACD/Labs) foi utilizado para elaboração de estruturas químicas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES BIOMÉTRICAS

A classificação biométrica das diferentes cultivares de batatas-doces disponíveis para consumo é de suma importância para garantia da classificação e organização dos lotes, contribuindo para a formação de um padrão comercial de qualidade, estimulando assim maior consumo (CODEAGRO, 2014).

Os valores obtidos para as caracterizações físicas: peso (g), comprimento (mm), diâmetro (mm), bem como os descritores morfológicos para cada uma das diferentes cultivares de batatas-doces avaliadas, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação biométrica resultante das cultivares de batatas-doces

Cultivar	Peso(g) $\bar{x}$ dp	Comprimento(mm) $\bar{x}$ dp	Diâmetro(mm) $\bar{x}$ dp	Outras características
SCS370 Luiza	79,42±29,34 ^b	74,00±16,84 ^b	42,50±8,58 ^a	Pequenas e redondas; casca roxa; polpa roxa.
SCS371 Katiy	243,66±124,10 ^a	121,86±12,90 ^a	53,29±15,62 ^a	Maioria longa elíptica e redonda (grosso calibre), algumas pequenas elípticas; casca marrom claro; polpa branca.
SCS372 Marina	102,04±32,74 ^b	103,58±27,90 ^a	44,71±10,70 ^a	Redonda-elíptica, algumas longas e finas; casca marrom-arroxeadas; polpa amarelo-alaranjado.
Uruguia	119,16±27,23 ^b	107,00±28,64 ^a	44,00±7,14 ^a	Maioria oblonga; casca laranja pálida; polpa laranja.
Americana	133,48±75,67 ^b	92,29±32,38 ^a	58,42±19,91 ^a	Maioria elíptica de grosso calibre; casca laranja pálida/rosa; polpa laranja.

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si por teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %.

Nota: $\bar{x}$ = média dos valores; dp = desvio padrão.

Os resultados observados para as avaliações biométricas foram corroborados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey.

As médias e desvio padrão calculados para todas as amostras foram obtidos pela avaliação de 38 raízes tuberosas (Tabela 3, item 4.1) das 5 cultivares do lote 2. Foram avaliadas 7 raízes para as cultivares SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Uruguia e Americana e 10 raízes para SCS70 Luiza.

As características individuais das raízes de cada cultivar variaram entre si, porém, os valores médios resultantes estão de acordo com a maioria das raízes avaliadas. Esta variabilidade pode ocorrer por diversos fatores sazonais alheios à planta, porém, um melhor manejo de cultivo e maior cuidado do solo favorecem a qualidade e produtividade das raízes (ABDISSA; DECHASSA; ALEMAYEHU, 2012).

A análise de variância aplicada aos dados biométricos revelou que há diferenças significativas entre o conjunto de amostras para as variáveis de peso e comprimento.

Neste caso, a cultivar (cv.) SCS371 Katiy foi a que mais se destacou com peso e comprimento médio de 243,66 g e 121,86 mm, respectivamente. O desvio padrão indicou diferenças significativas para cada raiz de uma mesma cultivar ($p > 0,05$) sendo que uma raiz apresentou 56,92 g enquanto que as outras raízes exibiram aspecto robusto, com peso médio acima de 200 g ($\pm 0,01$).

As cultivares SCS372 Marina, Uruguia e Americana apresentaram maior semelhança biométrica e dentre estas destaca-se a cultivar Americana, a qual exibiu o maior peso. Porém a cultivar Uruguia demonstrou menor variação nos valores de peso entre as raízes.

Já a cv. SCS370 Luiza apresentou peso e comprimento médio de 79,42 g e 74,00 mm, respectivamente, atuando como a cultivar de menor proporção. Cabe salientar que esta cultivar apresentou baixa variabilidade entre suas raízes.

Sob o ponto de vista morfológico, a maioria das raízes avaliadas apresentaram forma elíptica e de grosso calibre, variando entre longas e ovaladas.

A cv. SCS370 Luiza apresentou, para estas características, novamente a maior diferença em relação às outras amostras, pois a maioria de suas raízes é pequena, do tipo redondo-esféricas e de baixo peso.

A avaliação das cascas foi feita visualmente, de modo que a maioria foi classificada com coloração marrom, exibindo uma tendência para o laranja-claro e rosado. A casca da cv. SCS370 Luiza aparentou diferenças para as demais, sendo classificada majoritariamente com a cor roxa e tendência ao roxo-claro.

Já as cores das polpas aparentaram diferenças visuais conforme cada espécie, exibindo variação entre polpa de cor branca (cv. SCS371 Katiy), amarelo-alaranjado (cv. SCS372 Marina), laranja (cvs. Uruguaia e Americana) e roxo (cv. SCS370 Luiza).

Veasey et al. (2007) avaliaram a diversidade fenotípica de etnovariedades de batatas-doces, por meio de descritores morfológicos, envolvendo 74 acessos da cultivar coletadas em 30 roças distribuídas entre os municípios paulistas de Iguape, Ilha Comprida e Cananéia e também 4 variedades comerciais, e comunicaram que os agricultores destas regiões cultivam grande variedade morfológica de batatas-doces, devido em parte pela característica de fecundação cruzada da planta, contribuindo para alta variabilidade genética.

Júnior e colaboradores (2009) avaliaram 12 cultivares de batatas-doces sendo que 9 cultivares foram provenientes do banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, e reportaram que a cultivar denominada BD-06, avaliada morfolologicamente com casca e polpa de cor roxa apresentou a maior uniformidade em suas raízes.

Moulin et al. (2012) coletaram e caracterizaram morfolologicamente as raízes e folhas de 46 acessos de batatas-doces de produtores rurais do norte do estado do Rio de Janeiro, dos quais utilizaram 6 descritores fenotípicos para as raízes e 8 descritores para as folhas, em que o dendograma de dissimilaridade genética organizou os acessos em 5 grupos distintos. Os autores comunicaram que estes produtores rurais detêm genótipos de batatas-doces com ampla diversidade genética.

Cabe ressaltar que, no presente trabalho, a amostra cv. SCS370 Luiza que possui cor roxa para casca e polpa, apresentou a maior uniformidade entre suas raízes, porém, estas possuem baixo peso, comprimento e diâmetro, o que pode influenciar negativamente na escolha do produtor quanto à seleção da cultivar a ser utilizada para o plantio e produção.

Santos, Brito e Cardoso (2010), avaliaram a produtividade das raízes de batatas-doces em função dos níveis de adubação do solo com matéria orgânica proveniente de cama-de-aviário e demonstraram aumento na produtividade das raízes graúdas e miúdas de batatas-doces.

Rós, Narita Hirata (2014) avaliaram a produtividade de raízes de batatas-doces em 4 diferentes sistemas de preparo de solo, submetidos a colheita 90, 120,

150 e 180 dias, e publicaram que as maiores produtividades se deram para as plantas cultivadas com preparo convencional com confecção de leiras, colhidas aos 180 dias após o plantio.

Oliveira et al. (2015) investigaram 3 métodos de a conservação de ramas de batatas-doces durante o inverno, bem como a produtividade e qualidade de raízes de 2 tipos de cultivares provindas de mudas obtidas de ramas de 2 tipos de armazenamento denominados “areia úmida” e “sem colher”. Os autores comunicaram que o ambiente de armazenamento e o tipo da cultivar influenciaram diretamente na conservação das ramas, porém, não influenciaram quanto a produtividade comercial e a qualidade das raízes.

Deste modo, a qualidade biométrica e morfológica das raízes de batatas-doces, bem como sua produtividade, são características que se relacionam com as práticas de manejo durante o cultivo.

O emprego de insumos agrícolas em conjunto com investimentos tecnológicos podem melhorar as características qualitativas e quantitativas das raízes tuberosas de batatas-doces.

5.1.1 Avaliação colorimétrica

A preferência de consumo por determinado alimento possui relação direta com as características sensoriais deste, onde a cor desempenha importante função no apelo visual (NASCIMENTO; PRATO, 2016).

A cor é um importante atributo para os alimentos e está relacionada com as características químicas, bioquímicas, microbiológicas e de maturação, podendo ser influenciada também pelas condições de pós-colheita e processamento.

Sua determinação é muito importante, a qual é muitas vezes utilizada como atributo de qualidade, pois as cores dos alimentos apresentam correlação com suas características sensoriais (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2012).

A Tabela 5 apresenta os valores de média e desvio padrão dos parâmetros de cor avaliados para as amostras de batatas-doces.

Tabela 5 – Avaliação colorimétrica das amostras de batatas-doces

(continua)

Amostra	Porção*	Coordenadas							
		L*		a*		b*		C*	
		$\bar{x} \pm dp$		$\bar{x} \pm dp$		$\bar{x} \pm dp$		$\bar{x} \pm dp$	
		LT1	LT2	LT1	LT2	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	C	32,57±1,21 ^e	31,48±1,04 ^e	17,50±1,22 ^{bcd}	29,98±4,66 ^a	12,93±0,22 ^g	10,07±1,70 ^g	21,44±0,75 ^{de}	29,74±1,17 ^{bc}
	P	28,76±0,45 ^g	40,81±1,40 ^f	27,47±0,63 ^b	35,61±0,41 ^a	0,31±1,13 ^g	3,23±0,54 ^f	27,49±0,62 ^c	35,06±1,43 ^c
	LF	43,75±0,35 ^h	43,38±0,14 ^h	10,28±0,12 ^d	10,73±0,13 ^c	-4,71±0,05 ^h	3,41±0,03 ^g	11,31±0,13 ^f	11,27±0,12 ^f
SCS371 Katiy	C	33,97±0,83 ^{de}	47,78±6,14 ^b	12,17±1,97 ^{cde}	10,64±0,98 ^e	15,69±0,30 ^{ef}	22,97±2,32 ^{bc}	18,79±0,94 ^e	25,18±1,97 ^{cd}
	P	81,22±0,51 ^b	88,26±1,15 ^a	-0,69±0,07 ^d	-2,00±0,27 ^d	24,17±0,73 ^d	17,40±0,97 ^e	22,92±1,22 ^d	17,52±0,96 ^d
	LF	63,28±0,17 ^b	65,17±0,23 ^a	-0,71±0,02 ^h	1,56±0,01 ^f	7,51±0,08 ^f	10,25±0,08 ^e	7,54±0,08 ^h	10,36±0,08 ^g
SCS372 Marina	C	40,16±0,81 ^{cd}	42,36±0,18 ^{bc}	11,39±0,69 ^{de}	18,52±5,29 ^{bcd}	19,81±0,36 ^{cd}	16,93±1,95 ^{de}	25,00±3,04 ^{cd}	25,99±3,54 ^{cd}
	P	74,23±0,43 ^c	82,62±1,52 ^b	2,67±0,46 ^d	5,89±0,54 ^d	35,64±0,72 ^b	30,24±2,11 ^c	33,31±1,40 ^c	30,81±2,08 ^c
	LF	60,49±0,20 ^c	58,94±0,24 ^d	-0,20±0,05 ^g	1,37±0,05 ^f	13,06±0,05 ^d	15,84±0,09 ^b	13,06±0,05 ^e	15,90±0,09 ^d
Beauregard	C	42,62±2,25 ^{bc}	N.O.**	10,80±0,85 ^e	N.O.	19,24±0,64 ^{de}	N.O.	22,07±0,69 ^{de}	N.O.
	P	66,58±0,48 ^{de}	N.O.	23,48±0,56 ^c	N.O.	34,33±0,67 ^{bc}	N.O.	41,82±1,22 ^b	N.O.
	LF	55,78±0,26 ^g	N.O.	9,46±0,03 ^e	N.O.	15,18±0,04 ^c	N.O.	17,89±0,05 ^c	N.O.
Uruguaia	C	N.O.	58,17±1,27 ^a	N.O.	20,56±0,17 ^b	N.O.	32,47±1,18 ^a	N.O.	37,73±0,93 ^a
	P	N.O.	71,65±0,28 ^c	N.O.	28,05±0,28 ^{bc}	N.O.	43,85±0,40 ^a	N.O.	52,06±0,48 ^a
	LF	N.O.	57,47±0,32 ^f	N.O.	12,10±0,04 ^a	N.O.	17,47±0,07 ^a	N.O.	21,25±0,08 ^a
Americana	C	N.O.	62,59± 2,00 ^a	N.O.	18,72±0,49 ^{bc}	N.O.	26,12±0,73 ^b	N.O.	32,14±0,55 ^b
	P	N.O.	72,10±0,90 ^c	N.O.	28,30±3,28 ^{bc}	N.O.	44,82±3,80 ^a	N.O.	53,01±4,97 ^a
	LF	N.O.	58,26± 0,12 ^e	N.O.	11,53±0,03 ^b	N.O.	17,32±0,10 ^a	N.O.	20,78±0,03 ^b

Tabela 5 – Avaliação colorimétrica das amostras de batatas-doces

(conclusão)									
Amostra	Porção*	Coordenadas							
		h°		X		Y		Z	
		$\bar{x} \pm dp$		$\bar{x} \pm dp$		$\bar{x} \pm dp$		$\bar{x} \pm dp$	
		LT1	LT2	LT1	LT2	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	C	38,02±1,52 ^{ab}	21,15±1,71 ^b	8,16±0,65 ^b	10,54±0,77 ^{ab}	6,71±0,72 ^c	7,36±0,72 ^c	4,69±0,27 ^d	5,55±0,46 ^{cd}
	P	357,64±1,59 ^a	355,62±2,14 ^b	5,37±0,31 ^e	16,80±1,00 ^e	5,51±0,41 ^e	11,76±0,86 ^e	6,10±0,46 ^b	16,80±0,35 ^b
	LF	335,37±0,10 ^b	342,33±0,24 ^a	14,61±0,23 ^f	14,42±0,12 ^f	13,67±0,25 ^b	13,41±0,09 ^b	17,01±0,28 ^f	16,11±0,11 ^f
SCS371 Katiy	C	52,37±0,52 ^{ab}	65,78±2,94 ^a	10,26±0,07 ^{ab}	17,98±4,56 ^{ab}	31,93±0,21 ^a	16,92±4,59 ^b	5,52±0,07 ^{cd}	9,04±2,60 ^{bc}
	P	94,96±0,24 ^{bc}	96,56±0,95 ^{abc}	55,14±0,89 ^{bc}	75,01±11,22 ^a	55,50±0,21 ^b	72,63±2,43 ^a	40,74±1,54 ^b	58,28±2,92 ^a
	LF	95,42±0,12 ^d	98,65±0,09 ^c	30,16±0,20 ^b	32,13±0,28 ^a	31,92±0,21 ^a	34,26±0,29 ^a	29,34±0,22 ^a	29,69±0,23 ^a
SCS372 Marina	C	59,45±1,91 ^{ab}	42,53±12,35 ^{ab}	13,01±1,49 ^{ab}	15,16±1,03 ^{ab}	12,05±1,44 ^{bc}	12,78±0,17 ^{bc}	6,10±0,31 ^{cd}	8,02±0,57 ^{bcd}
	P	81,45±0,88 ^{abc}	78,94±1,19 ^{abc}	43,07±4,89 ^{cd}	61,07±3,02 ^b	43,93±4,78 ^c	61,48±2,82 ^b	20,94±3,93 ^b	37,19±1,25 ^b
	LF	90,87±0,22 ^e	85,05±0,16 ^f	27,20±0,23 ^{cd}	26,29±0,77 ^d	28,66±0,23 ^{ab}	26,96±0,26 ^{ab}	22,83±0,22 ^b	19,83±0,17 ^c
Beauregard	C	60,71±2,10 ^{ab}	N.O.	16,97±6,71 ^{ab}	N.O.	12,92±1,54 ^{bc}	N.O.	9,01±2,89 ^{bcd}	N.O.
	P	55,80±0,43 ^{ac}	N.O.	39,41±5,50 ^d	N.O.	36,45±1,25 ^d	N.O.	16,92±0,37 ^b	N.O.
	LF	58,08±0,04 ^g	N.O.	24,65±0,26 ^e	N.O.	23,69±0,25 ^{ab}	N.O.	17,38±0,14 ^{ef}	N.O.
Uruguaia	C	N.O.	55,94±0,59 ^{ab}	N.O.	30,18±1,58 ^a	N.O.	28,61±3,06 ^a	N.O.	11,85±1,18 ^b
	P	N.O.	57,49±0,09 ^{abc}	N.O.	50,83±0,46 ^{bcd}	N.O.	43,14±0,41 ^c	N.O.	16,80±0,34 ^b
	LF	N.O.	55,31±0,07 ⁱ	N.O.	27,02±0,35 ^{cd}	N.O.	25,42±0,31 ^{ab}	N.O.	17,72±0,25 ^e
Americana	C	N.O.	54,36±1,23 ^{ab}	N.O.	34,77±1,70 ^a	N.O.	30,80±2,73 ^a	N.O.	17,85±1,83 ^a
	P	N.O.	57,78±0,78 ^{abc}	N.O.	51,66±2,67 ^{bcd}	N.O.	43,82±1,35 ^c	N.O.	16,79±2,40 ^b
	LF	N.O.	56,31±0,16 ^h	N.O.	27,73±0,13 ^c	N.O.	26,24±0,12 ^a	N.O.	18,47±0,06 ^d

Nota: L* = valor de luminosidade; a* = chroma a*; b* = chroma b*; C* = saturação; h° = tonalidade; (*) C = casca; P = polpa; LF = liofilizada; LT1 = lote 1; LT2 = Lote 2; $\bar{x}$ = média dos valores; dp = desvio padrão; (**) amostra não obtida; letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre os lotes, e letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as cultivares, sendo que: letras sem destaque estão de acordo com o teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %, letras destacadas em negrito estão de acordo com teste de Kruskal-Wallis, e letras destacadas em itálico estão de acordo com teste Modelo Linear Generalizado (MLG).

Com o passar dos anos a conduta de consumo se modificou e o consumidor procura cada vez mais selecionar os alimentos que irá adquirir e consumir.

Neste sentido, a cor característica do produto é um quesito relacionado aos padrões de qualidade e está diretamente ligado à preferência dos consumidores por um determinado produto.

Assim, avaliaram-se as coordenadas de cor para amostras da casca de da polpa na condição *in natura* e polpas liofilizadas das batatas-doces.

O parâmetro de luminosidade (L^*) obtido para a casca das amostras SCS370 Luiza e SCS372 Marina não mostrou diferença significativa (ao intervalo de confiança de 95 %) entre os LT1 e LT2, exceto para cv. SCS371 Katiy.

A análise de L^* para o lote dois identificou que a casca da amostra Americana apresentou maior valor de L^* ($62,59 \pm 2,00$) sendo seguida pela cv. Uruguaia ($58,17 \pm 1,27$).

Já para a polpa *in natura* da batata-doce, houve diferença significativa para todas as variedades estudadas no LT1 e LT2. Assim, para a polpa *in natura* (LT2) resultaram valores crescentes para L^* das cvs. SCS370 Luiza ($40,81 \pm 1,52$), Uruguaia ($71,65 \pm 0,28$), Americana ($72,10 \pm 0,90$), SCS372 Marina ($82,62 \pm 1,27$) e SCS371 Katiy ($88,26 \pm 1,15$). As cvs. Uruguaia e Americana demonstraram semelhança estatística, uma vez que apresentam a mesma coloração laranja para a polpa.

Ao considerarmos o quesito luminosidade para as amostras na condição de liofilizadas, apenas a cv. SCS370 Luiza mostrou-se semelhante entre os lotes distintos.

Porém, observa-se que houve um decréscimo nos valores de luminosidade para as amostras SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Beauregard, Uruguaia e Americana, provavelmente devido à ausência de grande parte da água na polpa *in natura* perdida em função do processo de liofilização, entre outras possíveis circunstâncias.

O LT2 das cultivares SCS370 Luiza e SCS371 Katiy, quando comparados, apresentaram diferenças significativas para as coordenadas L^* , a^* , b^* .

As amostras de polpa liofilizada das cv. Uruguaia e cv. Americana exibiram semelhança estatística para as coordenadas L^* , a^* e b^* .

Verificou-se semelhança estatística no parâmetro a^* entre as amostras de polpa *in natura* da cv. SCS371 Katiy e cv. SCS372 Marina, porém, no caso da

batata-doce cv. SCS372 Marina esta mostrou tendência mais ao amarelo ($>b^*$) e a cv. SCS371 Katiy apresenta maior luminosidade ($>L^*$).

Com o intuito de verificar a dimensão da diferença total de cor para uma mesma amostra de batata-doce em lotes diferentes, calculou-se o valor de delta E (ΔE) a partir das coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* e h° .

Para tanto, foi utilizada a equação de diferença de cor CIE94, a qual apresenta boa precisão, levando em conta as coordenadas cilíndricas L^* , C^* e h° (CIE, 2004; LINDBLOOM, 2011).

A Figura 15 ilustra os valores de ΔE obtidos para as amostras de batatas-doces SCS370 Luiza, SCS371 Katiy e SCS372 Marina.

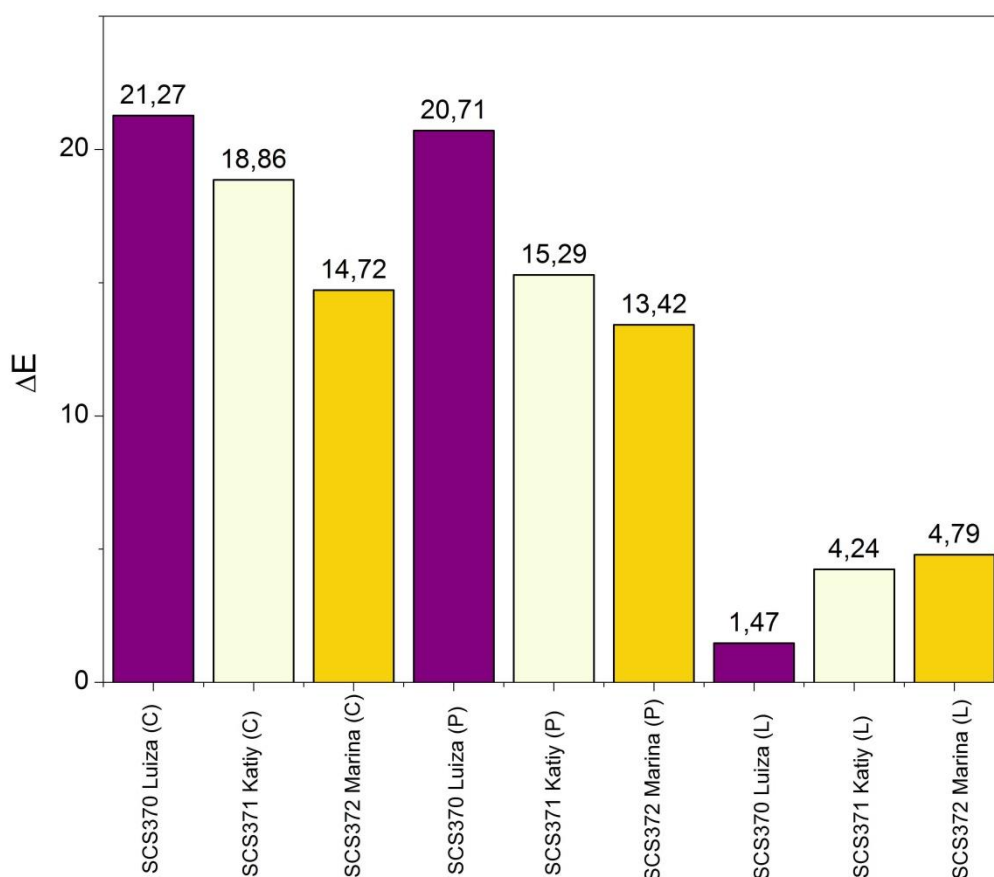


Figura 15 – Diferença total de cor (ΔE) para as amostras de batatas-doces nas porções casca (C), polpa (P) e liofilizada (L)
 Fonte: O autor (2017).

Os valores de ΔE descrevem, em medidas numéricas, as perspectivas correlatas às alterações da cor para duas cores distintas, ou seja, as distâncias aparentes entre duas cores e sua relação com a percepção visual.

Esta é uma ferramenta matemática que busca de correlacionar e entender os valores numéricos das coordenadas de duas cores distintas, de modo a estimar sua diferença no espaço de tolerância tridimensional (Figura 13), sendo esta capaz de auxiliar nas análises visuais dos alimentos (LAWLESS, HEYMMAN, 2010).

Neste caso, os valores de ΔE podem ser utilizados como mecanismo para corroborar a interpretação das diferenças globais de cor (de acordo com os padrões da CIE) para a casca, polpa *in natura* e liofilizada, de uma mesma amostra de batata-doce nos seus diferentes lotes.

Teoricamente, valores de ΔE menores ou iguais a 1,0 indicam que a diferença de cor não é perceptível pela visão humana, entre 1 – 2 as diferenças são perceptíveis com uma observação minuciosa, 2 – 10 as alterações são vistas moderadamente, entre 11 – 49 a percepção pode variar de similares a opostas, sendo que valores maiores do que 50 indicam nítida oposição entre duas cores (SCHUESSLER, 2016).

Todos os valores de ΔE calculados para as cores das cascas e polpas *in natura* indicaram que é possível perceber suas diferenças, porém, as amostras na condição liofilizada demonstram maior uniformidade entre as avaliações de cor, de modo que suas diferenças são minimamente perceptíveis.

As cascas das amostras apresentaram valor de ΔE na ordem de 21,27 para a cv. SCS370 Luiza, 18,86 para cv. SCS371 Katiy e 14,72 da cv. SCS372 Marina, sendo que para todas estas é possível perceber diferença de cor entre os lotes.

O maior valor de ΔE para a polpa *in natura* foi evidenciado para a cv. SCS370 Luiza sendo 20,71, em que a cv. SCS371 Katiy exibiu valor de 15,29 e cv. SCS372 Marina o valor de 13,42. É possível avaliar que, de acordo com o ΔE , fica perceptível a variação de cor entre os lotes destas amostras para a porção polpa *in natura*.

As amostras de polpa liofilizada das batatas-doces cv. SCS371 Katiy e cv. SCS372 Marina obtiveram valores de 4,24 e 4,79 respectivamente, indicando pouca diferença de cor. Já a amostra SCS370 Luiza, de polpa roxa, obteve 1,47 sendo esta a menor diferença de cor observada.

É provável que a grande diferença nos valores de ΔE esteja relacionada com as condições de manejo e de cultivo, o que pode variar também em função das cultivares e da composição de substâncias bioativas, as quais possuem propriedades de cor (SANT'ANNA et al., 2013). Vale dizer que o processo de liofilização reduz drasticamente o conteúdo de água das cultivares, o que poderia estar relacionado com as diferenças dos valores em comparação à polpa *in natura*.

De um modo geral a cv. SCS370 Luiza apresentou decréscimo na luminosidade e no amarelo, com aumento de vermelho na casca, o que nas coordenadas de cor tende ao roxo-escuro, enquanto que as polpas *in natura* e liofilizada tendem ao roxo/roxo-claro.

A amostra SCS371 Katiy apresentou casca variando nos tons de marrom com tendência ao marrom-claro, baixa variação de valores de a^* e b^* , e maior claridade para a polpa branca *in natura*.

Já a amostra SCS372 Marina apresenta em sua casca a cor marrom com tom avermelhado (casca marrom-arroxeadada), maior luminosidade e porção amarela (b^*) para polpa na condição *in natura*.

Saeed et al. (2012) analisaram os efeitos da adição de farinha de batata-doce em cookies, os quais foram produzidos com conteúdo de farinha de batata-doce em substituição a farinha de trigo nas porções entre 5, 10, 15, 20 e 25 %, e reportaram que a avaliação dos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* dos cookies foram afetados com a adição de farinha de batata-doce, a qual diminuiu os valores de L^* , com aumento dos valores de a^* e b^* . Os autores ainda comunicaram que a formulação com 10 % de farinha de batata-doce e 90 % de farinha de trigo foi satisfatória entre os provadores, sendo que a farinha de batata-doce melhorou as características de *flavor* e textura, aumentando significativamente o conteúdo de fibras e minerais dos cookies.

Todos os dados obtidos nas análises de cor instrumental com as amostras de batatas-doces nas porções da casca, polpa *in natura* e polpa liofilizada, foram submetidos a avaliações estatísticas.

Os resultados das coordenadas de cor L^* , a^* , b^* , C^* , h° , X, Y e Z foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade dos dados, de modo que as coordenadas que atenderam a estes requisitos foram analisadas por ferramentas estatísticas de natureza paramétrica.

A Tabela 6 ilustra os valores da análise de variância (ANOVA) para as coordenadas de cor das amostras *in natura*.

Tabela 6 – Estatística univariada (ANOVA): dados de cor das amostras *in natura*

Variável Dependente	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F-calculado	p-valor
<u>Cor Casca L*</u>	8	2897,2900	362,1600	62,3240	0,0000
Resíduo	18	104,6000	5,8100		
Total	26	3001,8900			
<u>Cor Casca a*</u>	8	958,3880	119,7980	18,7510	0,0000
Resíduo	18	115,0020	6,3890		
Total	26	1073,3890			
<u>Cor Casca b*</u>	8	1131,5400	141,4400	86,7060	0,0000
Resíduo	18	29,3600	1,6300		
Total	26	1160,9000			
<u>Cor Casca C*</u>	8	832,1300	104,0200	31,1000	0,0000
Resíduo	18	60,2000	3,3400		
Total	26	892,3400			
<u>Cor Casca Y</u>	8	2400,3390	300,0420	62,0920	0,0000
Resíduo	18	86,9800	4,8320		
Total	26	2487,3190			
<u>Cor Casca Z</u>	8	411,5640	51,4460	22,5281	0,0000
Resíduo	18	41,1050	2,2840		
Total	26	452,6690			
<u>Cor Polpa L*</u>	8	8823,7000	1103,0000	1202,5000	0,0000
Resíduo	18	16,5000	0,9000		
Total	26	8840,2000			
<u>Cor Polpa a*</u>	8	4744,8370	593,1050	158,8490	0,0000
Resíduo	18	67,2080	3,7340		
Total	26	4812,0450			
<u>Cor Polpa b*</u>	8	5075,6300	634,4500	231,4890	0,0000
Resíduo	18	49,3300	2,7400		
Total	26	5124,9600			
<u>Cor Polpa C</u>	8	3482,8800	435,3600	101,8760	0,0000
Resíduo	18	76,9200	4,2700		
Total	26	3559,8100			
<u>Cor Polpa X</u>	8	10073,0600	1259,1300	58,8200	0,0000
Resíduo	18	385,3200	21,4100		
Total	26	10458,3700			
<u>Cor Polpa Y</u>	8	10500,1400	1312,5200	283,9670	0,0000
Resíduo	18	83,2000	4,6200		
Total	26	10583,3400			

Valores de $p < 0,05$ indicam diferença significativa entre as análises pelo teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %.

A avaliação da normalidade dos valores seguiram testes de Kolmogorov-Smirnov (K-S), teste de Lilliefors e Shapiro-Wilk, enquanto a distribuição das variâncias foi ponderada segundo teste F-máximo, teste C de Cochran e valor de Qui-quadrado.

A análise ANOVA descreveu a variância existente nas análises estabelecidas, para cada medida individual da triplicata. Isto indicou as diferenças estatísticas existentes para as variáveis independentes dentro de cada grupo, para as médias em função das amostras de batatas-doces.

Estes valores revelaram a variabilidade existente para as médias de cada grupo, em função das amostras de batatas-doces.

A Tabela 7 ilustra os dados de ANOVA para a cor das amostras liofilizadas.

Tabela 7 – Estatística univariada (ANOVA): dados de cor das amostras liofilizadas

Variável Dependente	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F-calculado	p-valor
Liof. L*	8	1445,2969	180,6621	3201,5470	0,0000
Resíduo	18	1,0157	0,0564		
Total	26	1446,3126			
Liof. a*	8	664,4300	83,0537	18026,1350	0,0000
Resíduo	18	0,0829	0,0046		
Total	26	664,5129			
Liof. b*	8	699,4955	87,4369	19023,3453	0,0000
Resíduo	18	0,0827	0,0046		
Total	26	699,5782			
Liof. C*	8	559,6099	69,9512	9740,5023	0,0000
Resíduo	18	0,1293	0,0072		
Total	26	559,7392			
Liof. h°	8	326780,9988	40847,6249	1869298,0859	0,0000
Resíduo	18	0,3933	0,0219		
Total	26	326781,3922			
Liof. X	8	946,0247	118,2531	1020,4006	0,0000
Resíduo	18	2,0860	0,1159		
Total	26	948,1107			
Liof. Y	8	1596,7468	199,5933	6,0140	0,0008
Resíduo	18	597,3893	33,1883		
Total	26	2194,1361			
Liof. Z	8	659,6975	82,4622	2086,8677	0,0000
Resíduo	18	0,7113	0,0395		
Total	26	660,4088			

Valores de $p < 0,05$ indicam diferença significativa entre as análises pelo teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %.

Para avaliar as diferenças existentes para os grupos de análises como um todo, utilizou-se o método de análise multivariada da variância conhecida como MANOVA, a qual descreve o peso dos grupos no conjunto de dados.

A Tabela 8 ilustra os resultados de MANOVA segundo testes de Wilks, Pillai e Roy, para o conjunto de análises das quais se utilizou as amostras *in natura*, incluindo as análises de cor instrumental para casca e polpa.

Tabela 8 – Estatística multivariada (MANOVA): análises com amostras *in natura*

Teste	Valor	F-calculado	Efeito GL	Resíduo GL	p-valor
Wilks	0,00	19,93	144	20,96	0,0000
Pillai's	7,40	5,51	144	64,00	0,0000
Roy's	28213,40	12539,27	18	8,00	0,0000

Valores de $p < 0,05$ indicam diferença significativa ao intervalo de confiança de 95 %.

As avaliações estatísticas que descrevem a média, desvio padrão, erro padrão e os intervalos de confiança ao nível de 95 % das amostras *in natura*, para as 23 variáveis de análise realizadas para as amostras na condição *in natura*, são observadas no Apêndice A.

Da mesma maneira, a estatística descritiva do conjunto de análises empregadas para as amostras de batatas-doces na condição liofilizadas são apresentadas no Apêndice B.

As diferenças existentes para os grupos de análise das amostras liofilizadas, identificando o peso de cada grupo no conjunto de dados observados, foram constatadas por MANOVA de acordo com os testes de Wilks e Pillai.

A Tabela 9 ilustra os resultados por teste MANOVA para os grupos de análises dos quais se utilizou as amostras na condição liofilizadas.

Tabela 9 – Estatística multivariada (MANOVA): análises com amostras liofilizadas

Teste	Valor	F-calculado	Efeito GL	Resíduo GL	p-valor
Wilks	0,0000	1097,2242	144,0000	20,9668	0,0000
Pillai's	7,7833	15,9618	144,0000	64,0000	0,0000

Valores de $p < 0,05$ indicam diferença significativa ao intervalo de confiança de 95 %.

A consideração destas informações orientou a escolha das ferramentas estatísticas pertinentes, necessárias para interpretação e entendimento dos dados obtidos.

O teste de Tukey foi utilizado para identificar e comparar as diferenças significativas entre médias de cada amostra avaliadas por métodos estatísticos de natureza paramétrica.

Somente as variáveis de cor h° e X para a porção casca, e as variáveis h° e Z para a porção polpa, analisadas para as amostras *in natura*, não atenderam os requisitos necessários de normalidade e homocedasticidade. Desse modo, para estas coordenadas, foram utilizados outros testes estatísticos de natureza não paramétrica.

Todas as demais análises de cor empregadas para as batatas-doces na condição *in natura* e liofilizadas foram corroboradas por testes estatísticos paramétricos.

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi empregado para o estudo das variáveis de cor casca h° , casca X e polpa h° , as quais provem de observações independentes, sendo suas variáveis classificadas como contínuas.

Este teste foi utilizado para avaliar se as funções de distribuição das variáveis são iguais ou se as medianas de dois grupos apresentam diferenças, ou seja, se as variáveis independentes (batatas-doces) apresentavam medianas semelhantes entre as variáveis dependentes (casca h° , casca X e polpa h°), ou se ao menos duas amostras possuíam alguma diferença (ZHANG; ZHANG, 2009).

Neste teste, as amostras são ordenadas por um ranking em que a observação da menor mediana é alocada na posição 1 e assim sucessivamente conforme os valores aumentam para as observações. Caso ocorra um empate no ranqueamento, cada observação recebe o valor médio das notas que seriam anteriormente atribuídas a cada observação (UFPR, 2009).

O teste de ANOVA por Kruskal-Wallis aplicado para a variável de cor casca h° apresentou valor de $H = 24,8677$, com 8 graus de liberdade e 27 observações em todas as amostras (triplicata de 9 amostras de batatas-doces do lote um e lote dois), admitindo $p\text{-valor} = 0,0016$. A análise de variância por Kruskal-Wallis com o ranqueamento das amostras e suas observações são apresentados no Apêndice C.

As avaliações do valor de mediana das amostras apresentaram valor de mediana global igual a 54,94.

O teste de Qui-quadrado foi aplicado para avaliar a distribuição probabilística das medianas de um total de 27 observações, originando assim um valor de 24,3297 e p-valor= 0,0020. Os dados do teste de mediana desta variável são apresentados no Apêndice D.

Considerando que o valor do teste de Kruskal-Wallis ($H = 24,8677$) foi maior do que o valor de Qui-quadrado (24,3297), rejeitou-se a hipótese nula, de modo a reconhecer que as amostras apresentaram algum tipo de diferença.

Se por um lado é admitido que há algum tipo de diferença entre as amostras para a coordenada h° de cor da casca, por outro não é evidente em quais amostras se encontram essas diferenças.

Portanto, foram considerados os valores de z' por comparação múltipla para identificar as amostras divergentes.

O valor de z' compara a classificação dos grupos em função do ranqueamento das amostras independentes e determina se as diferenças observadas são significativas estatisticamente. A Tabela com os valores de z' para cada amostra é apresentado no Apêndice E.

Para corroborar os valores de z' , foi considerado o p-valor das comparações múltiplas previamente avaliadas.

O teste apresentou valor total de $p = 0,0016$, indicando diferenças entre os valores. Com o p-valor individual foi possível observar em quais amostras se concentram as diferenças significativas identificadas pelo teste.

A Tabela 10 ilustra o p-valor entre as amostras de casca das batatas-doces avaliadas.

Tabela 10 – Análise estatística Kruskal-Wallis para cor casca h° - p-valor

V.D. Casca cor h°	LL1 r:6,00	KL1 r:10,00	ML1 r:21,00	BL1 r:22,00	LL2* r:2,00	KL2 r:26,00	ML2 r:8,33	UL2 r:17,00	AL2 r:13,67
LL1									
KL1	1,000								
ML1	0,743	1,000							
BL1	0,488	1,000	1,000						
LL2	1,000	1,000	0,121	0,073					
KL2*	0,073	0,488	1,000	1,000	0,008*				
ML2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,231			
UL2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,743	1,000	1,000		
AL2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

V.D.: variável dependente; *diferença significativa ao intervalo de confiança de 95 %.

A avaliação da Tabela 10 indica que as amostras SCS371 Katiy LT2 e SCS370 Luiza LT2 e apresentam diferenças quanto à cor da casca para a coordenada de cor h° , isto é, há diferenças significativas para os valores de mediana dos resultados de tonalidade (h°) entre as cascas das duas amostras. Neste caso a cv. SCS371 Katiy LT2 exibiu o maior valor para a cor h° na porção casca ($65,78 \pm 2,94$), enquanto a cv. SCS370 Luiza LT2 apresentou o menor valor ($21,15 \pm 1,71$).

Já a coordenada de cor X avaliada para as cascas das amostras, também foi analisada segundo teste de Kruskal-Wallis.

Neste caso, a análise de variância empregada pelo teste apresentou valor de $H = 24,0206$, com 8 graus de liberdade e 27 observações, e exibiu p-valor global para o teste igual a 0,0023.

A soma da classificação, bem como o *rank* das amostras em função dos resultados da coordenada X (casca), são apresentados no Apêndice F.

As avaliações de mediana das amostras indicaram valor global de 10,51, com Qui-quadrado = 18,9890 e p-valor = 0,0149 (Apêndice G).

Ao verificar que o valor de $H > \text{Qui-quadrado}$, foi admitido a hipótese de que os dados de cor das amostras de batatas-doces apresentam diferenças significativas para a coordenada X.

Os valores de z' utilizados para avaliação das diferenças amostrais é apresentado no Apêndice H. O p-valor global para o teste de diferenças significativas foi igual a 0,0023. A Tabela 11 ilustra o p-valor das comparações múltiplas das diferenças entre as amostras avaliadas, para a variável de cor casca X, confirmando as diferenças significativas previamente indicadas pelos valores de z' .

Tabela 11 – Análise estatística Kruskal-Wallis para cor casca X - p-valor

V.D. Casca cor X	LL1* r:2,00	KL1 r:6,67	ML1 r:12,50	BL1 r:15,50	LL2 r:6,33	KL2 r:17,33	ML2 r:16,67	UL2 r:23,00	AL2 r:26,00
LL1									
KL1	1,000								
ML1	1,000	1,000							
BL1	1,000	1,000	1,000						
LL2	1,000	1,000	1,000	1,000					
KL2	0,647	1,000	1,000	1,000	1,000				
ML2	0,851	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			
UL2*	0,043*	0,422	1,000	1,000	0,364	1,000	1,000		
AL2*	0,008*	0,103	1,000	1,000	0,087	1,000	1,000	1,000	

V.D.: variável dependente; * diferença significativa ao intervalo de confiança de 95 %.

Os resultados do p-valor confirmaram diferença significativa para as amostras cv. Uruguaia e Americana, ambas do LT2, para a variável de cor de suas cascas na coordenada X, quando avaliadas segundo teste de Kruskal-Wallis.

Segundo a CIE, as coordenadas XYZ correspondem a valores matemáticos positivos referentes a uma combinação linear de estímulos no espaço de cor CIE - RGB.

A coordenada matemática X é obtida a partir de uma combinação de valores relativos às curvas tri-estímulo (Figura 12), porém, esta não apresenta valores referentes à luminosidade (TREZONA, 2000).

A descrição da morfologia das cascas destas amostras (Tabela 4) indicou a variação da cor pela percepção visual, a qual mostrou tendência ao laranja, laranja-claro (pálido) ao rosa.

Destaca-se que, neste caso, a claridade visualizada foi interpretada na análise de cor instrumental pela coordenada L^* , e esta não apresentou diferença significativa para as cascas das duas amostras cv. Uruguaia e cv. Americana (Tabela 5).

Porém, o chroma b^* (amarelo-azul) e C^* (cromaticidade) das amostras Uruguaia e Americana apresentaram diferenças significativas.

É provável que a diferença estatística entre os valores da coordenada X das cascas, foi motivada pelas especificidades e diferenças destas coordenadas (chroma b^* e chroma C^*).

Já a variável de cor polpa h° apresentou valor de $H = 25,5238$, com 8 graus de liberdade, 27 observações e valor de $p = 0,0013$, conforme a análise ANOVA por Kruskal-Wallis (Apêndice I).

As avaliações das medianas exibiram valor global de 79,25, Qui-quadrado = 24,3297 e p-valor = 0,0020 (Apêndice J).

Constatou-se novamente, segundo $H > \text{Qui-quadrado}$, que houve diferenças significativas entre as amostras avaliadas para a variável de cor polpa h° .

Os valores de z' para as diferenças comparativas dos grupos amostrais (batatas-doces) em função das observações são apresentados no Apêndice K, com p-valor para o teste de 0,0013.

Na Tabela 12 é possível observar o p-valor de cada amostra, confirmando assim as diferenças pontuais.

Tabela 12 – Análise estatística Kruskal-Wallis para cor polpa h° - p-valor

V.D. Polpa cor X	LL1* r:2,00	KL1 r:20,00	ML1 r:17,00	BL1* r:5,26	LL2 r:26,00	KL2 r:23,00	ML2 r:14,00	UL2 r:9,00	AL2 r:10,00
LL1									
KL1	0,197								
ML1	0,743	1,000							
BL1	1,000	0,743	1,000						
LL2*	0,008*	1,000	1,000	0,043*					
KL2*	0,043*	1,000	1,000	0,197	1,000				
ML2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			
UL2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,314	1,000	1,000		
AL2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,488	1,000	1,000	1,000	

V.D.: variável dependente; * diferença significativa ao intervalo de confiança de 95 %.

A Tabela 12 indica que a cv. SCS370 Luiza apresenta diferenças significativas para a tonalidade da polpa (h°), entre as amostras do lote um e lote dois.

A cv. SCS370 Luiza lote um difere estatisticamente para a cv. SCS371 Katiy lote dois, sendo que a cv. SCS370 Luiza lote dois difere da cv. Beauregard. Cabe salientar que não foi ponderado diferenças estatísticas entre as cv. SCS371 Katiy e cv. Beauregard.

A coordenada de cor h° representa os valores referentes às tonalidades das cores das amostras avaliadas. A tonalidade é relacionada com o valor angular de luminosidade das cores dispostas no diagrama cilíndrico (CIE, 2004).

Deste modo, as amostras cv. SCS370 Luiza e SCS371 Katiy possuem nítida diferenças de cor entre suas polpas, sendo classificadas visualmente como roxa e branca, respectivamente (Tabela 4). A Tabela 5 ilustra os valores da coordenada L^* , indicando diferença significativa pelo teste de Tukey entre estas amostras.

A cv. SCS370 Luiza (LT2) e Beauregard (LT1), estas também apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey para a variável L^* (Tabela 5). Neste caso, a cor de suas polpas também diferiram visualmente, sendo que a cv. Beauregard (polpa laranja) demonstrou maior valor de luminosidade em comparação a cv. SCS370 Luiza.

Já coordenada de cor Z da polpa *in natura* não se enquadraram nos pressupostos paramétricos, tão pouco apresentou bom ajuste para o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Desta forma, descrição e avaliação dos resultados obtidos para esta coordenada de cor foi feita por meio do teste estatístico denominado Modelo Linear Generalizado (MLG).

Basicamente, no teste MLG, a variável dependente (variável de resposta) é modelada por uma função linear explanatória das variáveis (preditor linear) adicionado do erro aleatório inerente a variância dos dados. O MLG correlaciona o preditor linear com duas funções: a função de ligação, que descreve a relação entre a média observada com o preditor linear, e a função de variância dos dados (DEMÉTRIO, 2002).

Os métodos estatísticos de MLG representam extensões dos procedimentos adotados para a regressão linear, o qual não restringe o componente aleatório (variável dependente) à necessidade de distribuição normal ou homogeneidade de variâncias (TURNER, 2008).

O valor da normalidade da coordenada de cor Z da polpa *in natura* das amostras de batatas-doces foi $W = 0,8710$, segundo teste de Shapiro-Wilk, com p-valor de 0,0031, indicando assim que a variável não provem de distribuição normal.

Por tanto, o ajuste dos dados foi feito pelo modelo Gama de distribuição, o qual pertencente também à família exponencial de distribuições.

A Tabela 13 destaca o desvio residual obtido para o modelo, em função da avaliação dos dados amostrais.

Tabela 13 – Desvio residual do ajuste Gama para o MLG da variável polpa Z

Desvio residual				
Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-0,1509	0,0395	-0,0090	0,0234	0,2029

Os valores do desvio residual determinam a discrepância dos valores de ajuste para o modelo utilizado no MLG (OLIVEIRA, 2013).

Ao considerar a discrepância com o parâmetro de dispersão do modelo de distribuição Gama, que para este teste foi de 0,0087, é possível afirmar que houve bom ajuste do modelo estatístico, o qual é necessário para garantir a interpretação dos dados avaliados (cor Z da polpa *in natura*).

O modelo utilizado foi ratificado pelo valor de ajuste do modelo denominado *Residual deviance*, que neste caso é 0,1529 com 18 graus de liberdade.

Os dados foram interpretados utilizando como padrão de comparação os dados da amostra SCS371 Katiy LT2 (Tabela 5), isto é, as respostas da coordenada de cor Z da polpa *in natura* das amostras foram comparadas com o valor da coordenada de cor Z da amostra cv. SCS371 Katiy LT2.

A Tabela 14 ilustra coeficientes amostrais e suas estimativas de acordo com o MLG utilizado.

Tabela 14 – Resumo do modelo linear generalizado^a: cor *in natura* polpa Z

Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	t-valor	Pr(> t)
Intercept	4,06532	0,05393	75,381	< 2e-16 ***
Americana L2	-1,24473	0,07627	-16,320	3,12e-12 ***
Beauregard L1	-1,23702	0,07627	-16,219	3,46e-12 ***
SCS370 Luiza L1	-2,35212	0,07627	-30,840	< 2e-16 ***
SCS370 Luiza L2	-1,24374	0,07627	-16,307	3,16e-12 ***
SCS371 Katiy L1	-0,35802	0,07627	-4,694	0,000181 ***
SCS372 Marina L1	-1,02365	0,07627	-13,422	8,16e-11 ***
SCS372 Marina L2	-0,44919	0,07627	-5,890	1,41e-05 ***
Uruguaia L2	-1,59299	0,07627	-20,887	4,55e-14 ***

(^a) Níveis de diferença significativa: 0; 0,001***; 0,01**; 0,05*.

Os valores parciais para o teste t (Pr(>|t|)) avaliam a significância de cada coeficiente em relação ao padrão comparativo (TURNER, 2008).

Podemos admitir que todas as amostras avaliadas apresentaram diferença significativa ao padrão (cv. SCS371 Katiy LT2) ao nível de significância de 0,001 %.

A estimativa da máxima verossimilhança para o modelo foi obtido utilizando o algoritmo escore de Fisher (AZEVEDO, 2011).

As interações de Fisher geraram nota 4 para o teste, confirmando ótima estimativa para os parâmetro avaliado (cor Z polpa *in natura*) conforme o MLG utilizado (AZEVEDO, 2011; OLIVEIRA, 2013).

Considerando o ajuste do modelo utilizado para o estudo do conjunto de dados de cor Z, da polpa *in natura* das amostras de batatas-doces, obteve-se o gráfico com envelope para análise dos resíduos.

O gráfico com envelope apresenta a banda de confiança que delimita os afastamentos dos resíduos da distribuição utilizada (Gama) (UFPE, 2017). A Figura 16 ilustra o gráfico com envelope obtido pelo software estatístico *R-commander*, utilizado para esta análise.

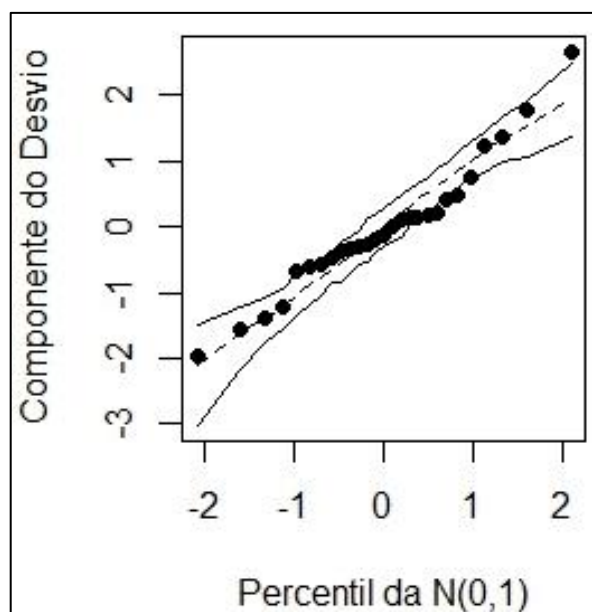


Figura 16 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: cor polpa Z
Fonte: O autor (2017).

O gráfico com envelope de ajuste foi construído por meio dos valores dos resíduos do modelo ajustado, em função das observações da variável dependente ($N=27$).

O Critério de Informação de Akaike (AIC, *Akaike Information Critérion*) foi utilizado para estimar a qualidade do modelo utilizado, conferindo valor igual a 119,31, corroborado pelo Critério de Informação Bayesiano (BIC, *Bayesian Information Criterion*) com valor de 132,27 (TURNER, 2008).

Pela Figura 16, podemos observar que a maioria dos pontos encontram-se dentro do envelope, dispostos no alinhamento pontilhado (valor de mediana no desvio residual). Cabe ressaltar que não há observações classificadas como atípicas e é ótimo o ajuste do modelo estatístico aplicado aos dados de cor Z da polpa *in natura*.

Teóricamente, a coordenada de cor Z descreve a porção de azul, relacionado com a banda S no gráfico espectral tri-estímulo de percepção células cone do olho humano (Figura 12).

A cv. SCS371 Katiy LT2 exibiu o maior valor para esta coordenada em relação às demais. No espaço de cores CIE - $L^*a^*b^*$, o chroma b^* descreve a tendência para amarelo-azul, e esta coordenada também apresentou diferença significativa por teste de Tukey (Tabela 5) em relação às demais.

5.2 ANÁLISE DE FATOR E COMPONENTES PRINCIPAIS: AMOSTRAS *IN NATURA*

Os métodos de análise utilizados para o estudo das amostras de batatas-doces buscaram esclarecer quais são suas condições de composição. A variabilidade dos valores demonstram as diferenças intrínsecas entre as cultivares.

Faz-se necessário por tanto a ponderação dos métodos de pesquisas aplicados para as amostras de batatas-doces *in natura*, de modo a identificar a relação existente entre as variáveis dependentes (componentes de análises) com a variância do conjunto resposta. Os dados foram então submetidos aos métodos estatístico da análise de fator (FA, *Factor Analysis*) e análise de componentes principais (PCA, *Principal Component Analysis*).

A FA é uma técnica de redução de dados com objetivo de identificar as principais variáveis em um conjunto de dados. A seleção das principais variáveis é feita conforme nível de corte escolhido que identifica a multicolinearidade necessária para validar o fator e sua correlação na explicação da variância do conjunto (CRUZ; TOPA, 2009; UCLA, 2017).

Já a PCA aplica correlações lineares para as variáveis de estudo na tentativa de interpretar e explicar a maior parte da variância total observada nos dados (FORINA et al., 1988).

Assim, todas as análises (triplicatas) aplicadas às amostras de batatas-doces *in natura* como atividade de água, acidez titulável, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, vitamina c e cor (coordenadas L*, a*, b*, C*, h°, X, Y Z para a casca e polpa), foram previamente manipulados e padronizados em software estatístico.

A prévia padronização garantiu que cada variável apresente variância igual a 1, permitindo a equivalência do conjunto de dados. Os valores padronizados foram então submetidos à análise de fator.

Foi aplicado uma estratégia estatística para rotação dos dados denominada *Varimax raw* na intenção de se obter padrões coerentes entre os fatores lineares de análise (Fator 1 e 2), isto é, identificar as variáveis que apresentassem máxima colinearidade e maior “fardo” ou “peso” para o conjunto, rejeitando outras variáveis de menor “fardo” (FORINA et al., 1988).

Foi utilizado como base o nível de corte de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que correlaciona entre 0 e 1 os coeficientes de comunalidades atribuídos pela FA,

agrupando então aquelas cuja comunalidade $> 0,7$, garantindo assim a consistência das variáveis selecionadas (CRUZ; TOPA, 2009).

Das 23 variáveis iniciais, foram selecionadas e agrupadas 11 variáveis de maior importância. As 11 variáveis selecionadas foram então utilizadas para o teste PCA.

O teste revelou que, a partir das correlações lineares das 11 variáveis selecionadas, três componentes principais podem juntos explicar 92,24 % dos dados. A Figura 17 ilustra observar as porcentagens cumulativas de representação para cada variável, segundo seu *eigenvalue* (autovalor).

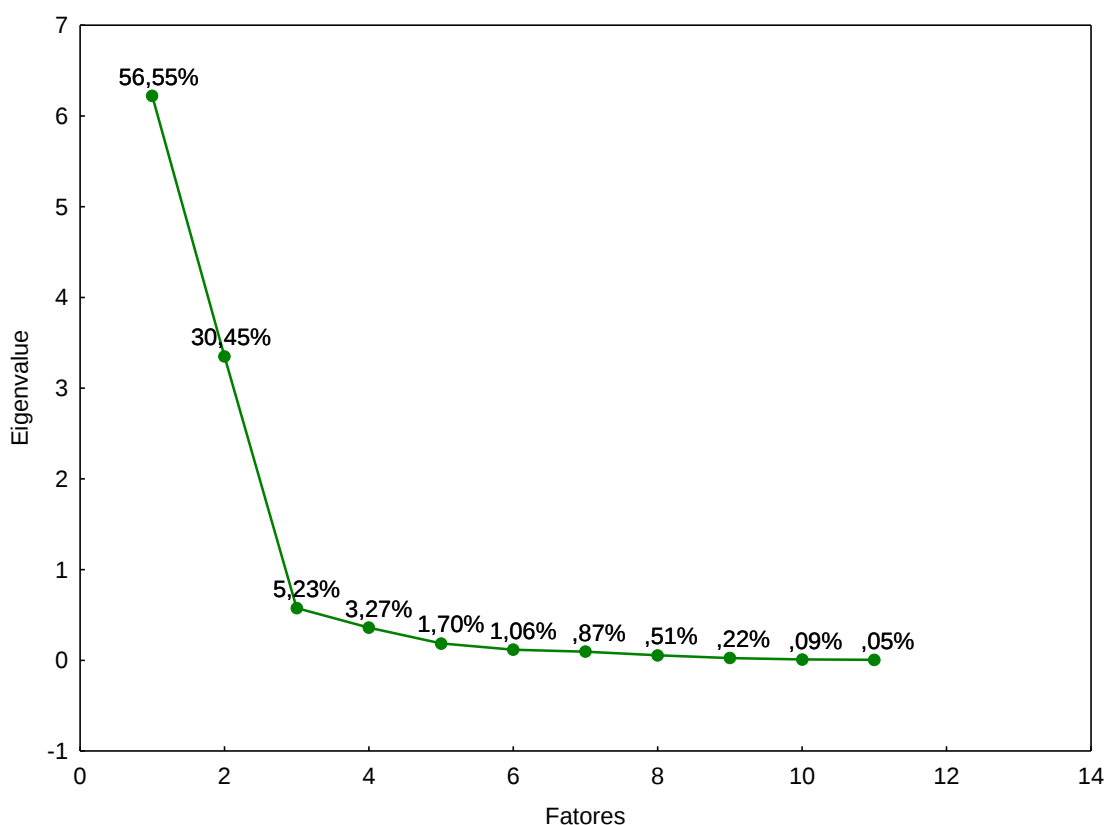


Figura 17 – Porcentagem cumulativa do total de variância segundo autovalor das 11 variáveis selecionadas das análises com amostras *in natura*
Fonte: O autor (2017).

O autovalor identifica a parcela de explicação das variáveis avaliadas em relação às variáveis independentes (VICINI, 2005). Os valores de autovalor para as componentes principais 1, 2 e 3 foram de 6,22, 3,34 e 0,58 %, respectivamente.

A Figura 17 ilustra as porcentagens cumulativas do autovalor em ordem decrescente, sendo que a primeira componente detém maior fardo estatístico do que a segunda, e a segunda maior do que a terceira, e assim sucessivamente. Deste modo, os componentes principais 1 x 2 correspondem a 87,00 % dos dados, e os componentes principais 1 x 3, juntos, explicam 61,79 % dos dados.

Um gráfico de dispersão foi construído para visualizar a distribuição das 11 variáveis selecionadas em função dos componentes principais 1 x 2 e 1 x 3, previamente identificados. O gráfico de dispersão é subdividido em quatro quadrantes: o primeiro quadrante é o superior direito, segundo quadrante é o superior esquerdo, o terceiro quadrante é o inferior esquerdo e o quarto quadrante o inferior direito.

A Figura 18 ilustra o gráfico de dispersão das análises para os componentes principais 1 e 2.

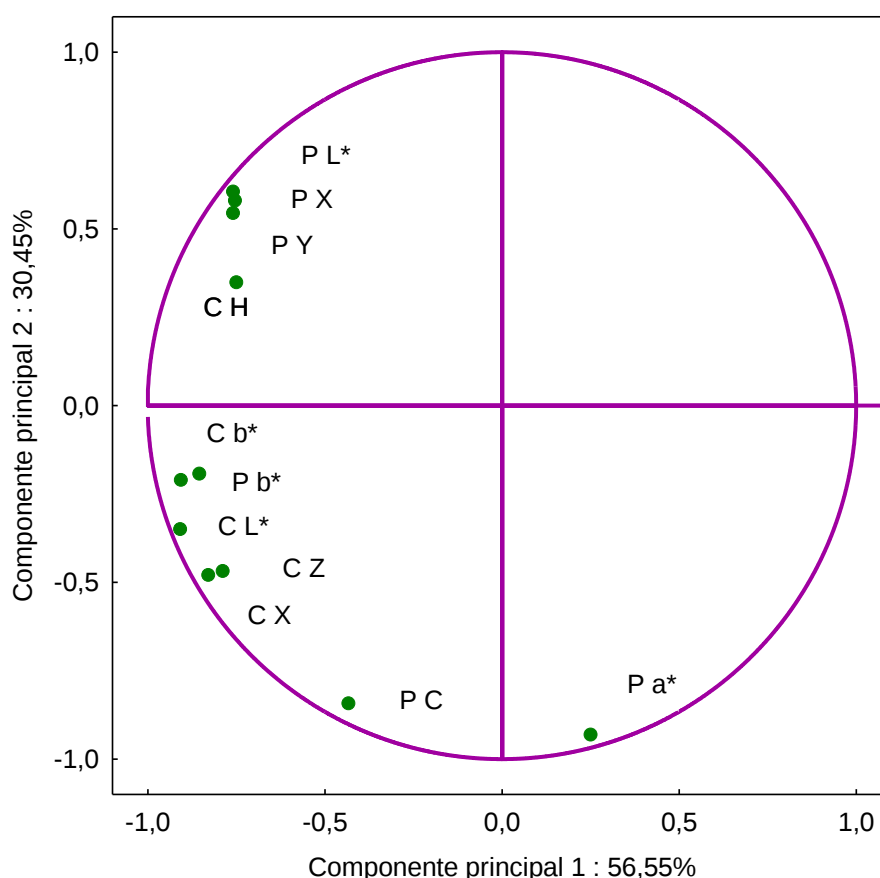


Figura 18 – Variáveis agrupadas em componentes principais 1x2: amostra *in natura*; CL*: casca cor L*; Cb*: casca cor b*; CH: casca cor h*; CX: casca cor X; CZ: casca cor Z; PL*: polpa cor L*; Pa*: polpa cor a*; Pb*: polpa cor b*; PC: polpa cor C*; PX: polpa cor X; PY: polpa cor Y
Fonte: O autor (2017).

Constatou-se que a FA identificou 11 variáveis pertencentes ao grupo de análises de cor instrumental, as quais detêm as maiores variâncias para conjunto de

dados. Foi possível identificar que no quadrante dois e três (Figura 18) encontram-se a maioria das variáveis relacionadas à cor, em contraposição a coordenada de cor a^* (polpa *in natura*).

No quadrante dois estão agrupadas as coordenadas de cor L^* X e Y da polpa *in natura* e, casca h° , relacionadas ao componente principal 2 (30,45 %).

O chroma b^* (polpa *in natura* e casca) tende também ao fator 2, porém, está localizado no quadrante três.

As coordenadas polpa *in natura* C^* e casca L^* , X e Z (terceiro quadrante) relacionam-se mais com componente principal 1 (56,55 %), assim como o chroma a^* da polpa *in natura* (quarto quadrante).

Destacaram-se as variáveis de cor da polpa *in natura* L^* , a^* , X e Y, as quais estão mais afastadas em relação a origem das coordenadas, admitindo assim maior peso em relação aos principais componentes 1 e 2, com 87,00 % de explicabilidade.

A Figura 19 ilustra o gráfico de dispersão com a distribuição do conjunto de amostras agregadas em função dos componentes principais 1 e 2.

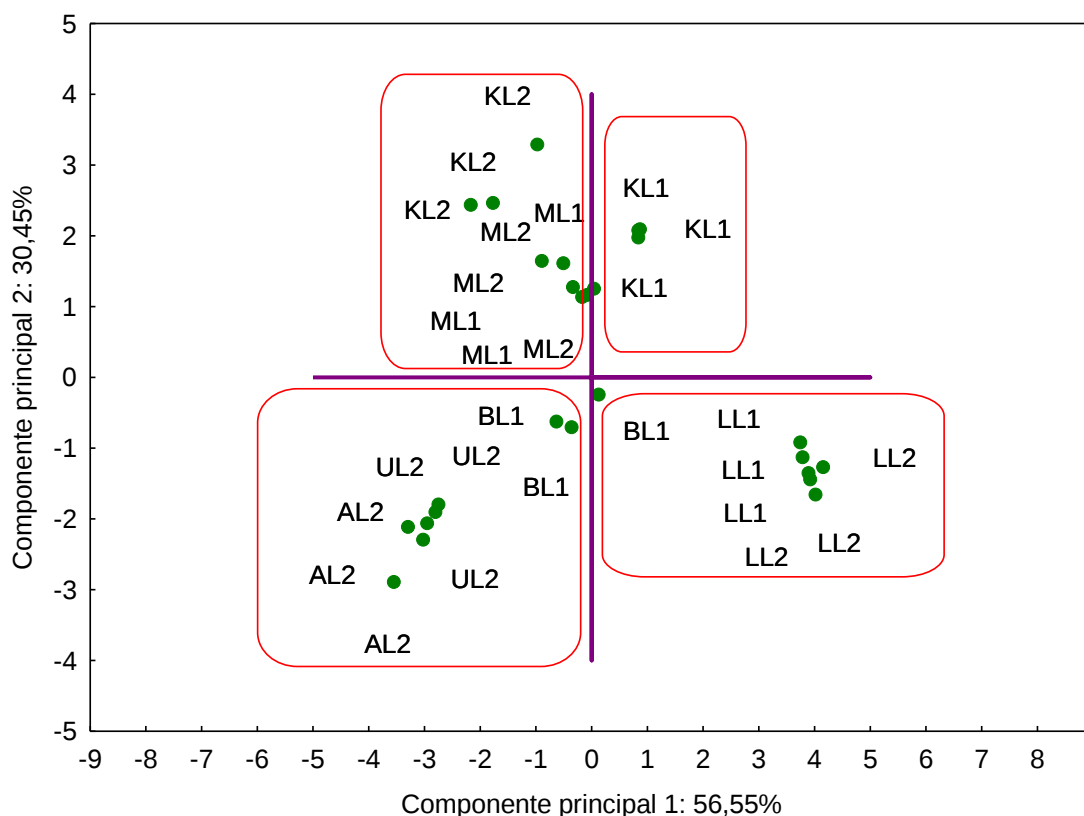


Figura 19 – Amostras agregadas segundo componentes principais 1x2: amostras *in natura*; LL1/2: SCS370 Luiza LT1 e LT2; KL1/2: SCS371 Katiy LT1 e LT2; ML1/2: SCS372 Marina LT1 e LT2; BL1: Beauregard LT1; UL2: Uruguaia LT2; AL2: Americana LT2

Fonte: O autor (2017).

As amostras de batatas-doces do primeiro e segundo lote foram dispostas conforme as 11 variáveis destacadas pela FA, distribuídas no gráfico de dispersão conforme o teste de PCA, de acordo com os componentes principais 1 e 2.

A cv. SCS371 Katiy LT1 localizou-se no primeiro quadrante. Podemos afirmar que a variância desta amostra possui alta correlação com os componentes principais 1 e 2. Porém, o LT2 da cv. SCS371 Katiy encontra-se agrupado no quadrante dois com a cv. SCS372 Marina (LT1 e LT2), e estas correlacionadas ao componente principal 2.

Já no quadrante três estão as amostras cv. Uruguia, Americana e Beauregard, todas de polpa laranja, com a menor correlação para os componentes principais. No quadrante quatro (relacionado ao componente principal 1) resultou a cv. SCS370 Luiza (LT1 e LT2), porém é necessário considerar que neste quadrante há um ponto discrepante, atribuído a amostra Beauregard.

A Figura 20 ilustra o gráfico de dispersão para as variáveis de análise em função dos componentes principais 1 x 3.

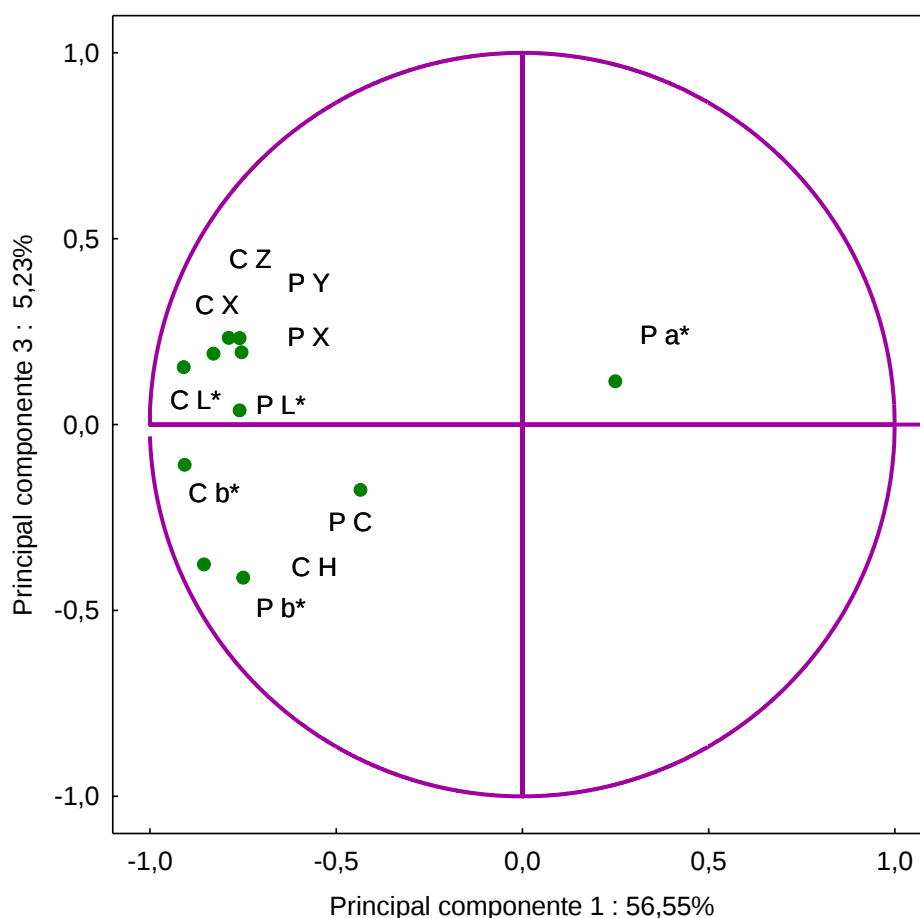


Figura 20 – Análise de fatores e componentes principais 1x3: amostras *in natura*; CL*: casca cor L*; Cb*: casca cor b*; CH: casca cor h°; CX: casca cor X; CZ: casca cor Z; PL*: polpa cor L*; Pa*: polpa cor a*; Pb*: polpa cor b*; PC: polpa cor C*; PX: polpa cor X; PY: polpa cor Y
Fonte: O autor (2017).

Ao correlacionar os gráficos (Figuras 18 e 19), foi observado que não há posicionamento de variáveis no primeiro quadrante, diferentemente do esquema de dispersão das amostras.

Para entender esta diferença, foi necessário avaliar as distribuições das variáveis dependentes em função das componentes principais 1 x 3 (Figura 20).

O componente principal 3 apresentou parcela explicativa de 5,23 % que, combinado ao componente principal 1, explicaram 61,79 % da variabilidade intrínseca aos dados.

Verificou-se que neste arranjo estatístico, a variável analítica de cor instrumental a^* da polpa *in natura* encontrou-se alocada no primeiro quadrante, demonstrando novamente relação com o componente principal 1, porém desta vez exibe relação com o componente 3 (inversão do quarto quadrante para o primeiro quadrante).

É possível, então, afirmar que a variância intrínseca à coordenada de cor a^* possui relação com as componentes principais na ordem de $1 > 3 > 2$, correspondendo a 92,24 % da variabilidade dos dados.

Cabe ressaltar que a coordenada de cor a^* apresenta contraposição em relação às demais análises. Esta comportamento também foi avaliado para a dispersão das variáveis dependentes em função dos componentes principais 1 x 2 (Figura 18).

De acordo com a Tabela 5, a cv. SCS370 Luiza LT2 exibe os maiores valores para esta coordenada em ambas as avaliações de casca e polpa, diferindo estatisticamente das demais. Esta cultivar apresenta a coloração roxa para sua casca e polpa, sendo que a coordenada chroma a^* compreende a contraposição entre as cores vermelho e verde.

No segundo e terceiro quadrante, as demais variáveis estão alocadas, com certas diferenças em relação às coordenadas de cor da casca L^* , h° , X, Z, as quais apresentaram mudanças de quadrantes entre os componentes 1 x 2 e 1 x 3.

As demais coordenadas apresentam o mesmo padrão de posição quando comparados as distribuições entre os componentes principais 1 x 2 e 1 x 3 (Figuras 18 e 20).

A Figura 21 ilustra a dispersão das amostras em função dos componentes principais 1 x 3.

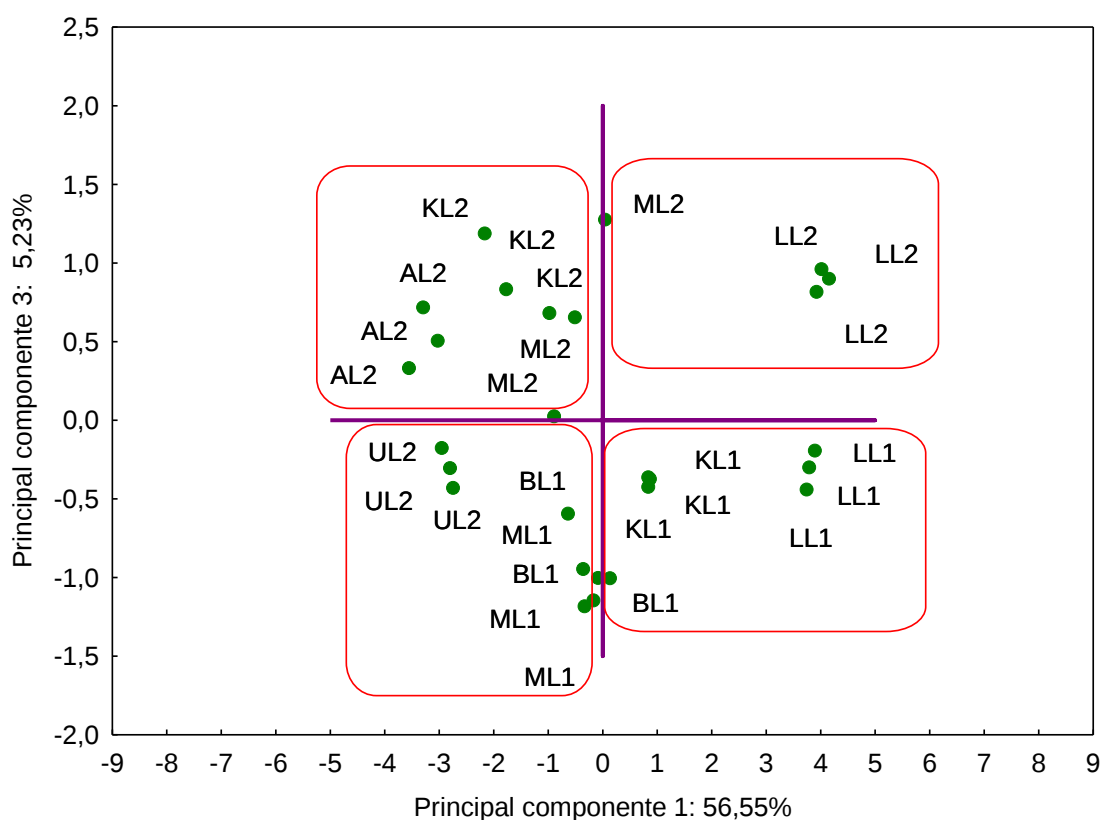


Figura 21 – Variáveis agregadas aos componentes principais 1x3: amostras *in natura*; LL1/2: SCS370 Luiza LT1 e LT2; KL1/2: SCS371 Katiy LT1 e LT2; ML1/2: SCS372 Marina LT1 e LT2; BL1: Beauregard LT1; UL2: Uruguaia LT2; AL2: Americana LT2
Fonte: O autor (2017).

Ocorreu neste caso a inversão das amostras SCS370 Luiza LT2 e SCS371 Katiy LT1 em relação ao primeiro quadrante. Neste caso, a cv. SCS370 Luiza LT2 detém maior relação com o componente principal 1 e 3.

De acordo com a Tabela 5, a amostra em questão apresenta o maior valor para esta coordenada (chroma a^* , casca e polpa *in natura*), com diferença significativa para as outras amostras (segundo teste de Tukey).

Observou-se que a amostra cv. SCS371 Katiy LT1 apareceu desta vez agrupada com a cv. SCS370 Luiza LT1 no quarto quadrante. O chroma a^* para estas duas amostras não apresentou diferença estatística para a porção casca, porém, diferem em relação a polpa *in natura* (Tabela 5).

Houve também mudanças de quadrante para as cvs. Americana e SCS372 Marina lote um (Figura 19 e 21).

A amostra cv. Americana passou do terceiro para o segundo quadrante, revelando assim maior relação com o componente principal 3 (5,23 %) do que com o componente principal 2 (30,4 %).

O inverso aconteceu com a cv. SCS371 Marina LT1, que passou do segundo para o terceiro quadrante.

As dispersões das variáveis pertencentes às demais amostras não exibiram grande variação em seus respectivos quadrantes quando comparados as dispersões dos componentes principais 1 x 2 e componentes principais 1 x 3.

Cabe ressaltar que, de um modo geral, a amostra cv. Beauregard foi a que ficou mais próxima ao eixo de origem das coordenadas, indicando menor variabilidade estatística.

A inversão de quadrantes aponta para a relação existente entre variáveis de análise e os diferentes componentes principais associados à variabilidade dos dados.

Houve diferenças quando comparados os gráficos de dispersão dos componentes principais 1 x 2 representando 87,00 % da variabilidade, e componentes 1 x 3 com 61,79 %.

A associação destas informações foi capaz de explicar 92,24 % da variabilidade dos dados avaliados para as 11 variáveis selecionadas de acordo com o teste FA.

É possível afirmar que a coordenada de cor a^* , avaliada para as porções da casca e da polpa *in natura*, apresenta a maior variabilidade para o conjunto de dados ponderados por teste PCA.

5.3 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE IMAGENS DIGITAIS

Diversas áreas do conhecimento buscam utilizar técnicas de processamento digital de imagens no intuito de extrair e analisar informações essenciais a partir de imagens de um padrão, para posterior estudo e interpretação. Neste sentido, as condições para a tomada da imagem é um procedimento que requer a precisão necessária para sua aplicação, de modo que a qualidade do processamento é influenciada pelas características da imagem resultante (PEDRINI; SCHWARTZ,

2008). A tomada de imagens digitais realizada para as amostras de batatas-doces é descrita no item 4.2.2.

Na Tabela 15 observam-se os valores médios dos parâmetros colorimétricos nos diferentes canais de cor (RGB, XYZ, LUV, HSV). Todos os lotes de batatas-doces liofilizadas foram configurados numa mesma geometria, sob mesma iluminação e fotografadas em triplicata (Figuras 22 a 27).

Todas as imagens obtidas neste estudo foram processadas por *software* desenvolvido para estas amostras especificamente, o qual está sob sigilo de patente.

A imagem computacional foi caracterizada por meio da representação gráfica gerada pelo histograma (Figuras 22 a 27), proveniente da decomposição das imagens digitais iniciais em função dos canais monocromáticos.

A primeira dificuldade foi identificar o que poderia interferir na avaliação dos diferentes sistemas de espaços de cor. Cada canal de cor pode ser fortemente influenciado pelas diferenças angulares de captura, bem como a dispersão da luminosidade que pode diferir nas partes da amostra.

Tabela 15 – Avaliação dos canais de cor de imagens digitais das batatas-doces liofilizadas

Canais	Cultivares*					
	SCS370 Luiza	SCS371 Katiy	SCS372 Marina	Beauregard	Uruguiaia	Americana
R	226,36±2,46	249,27±2,50	250,90±1,04	252,14±0,87	248,19±0,40	245,44±1,43
G	187,64±5,54	250,43±1,81	249,91±0,46	251,52±1,11	245,24±1,95	243,60±2,09
B	223,79±2,28	235,41±4,22	218,93±5,32	223,82±2,97	204,39±7,24	204,40±5,39
X	200,33±3,40	234,38±2,41	231,84±0,41	233,83±1,31	226,43±2,08	224,70±2,31
Y	197,98±4,65	248,61±2,17	247,42±0,18	249,15±1,22	242,45±1,91	240,65±2,18
Z	232,02±2,43	252,06±1,63	242,04±4,82	246,79±2,72	227,73±7,14	227,28±5,45
L	204,63±4,13	249,80±1,84	248,86±0,22	250,36±1,05	244,57±1,65	242,97±1,89
U	110,74±1,06	96,74±0,22	98,18±0,46	97,93±0,15	99,36±0,91	98,86±0,41
V	113,85±2,00	147,18±1,69	158,86±4,01	156,56±1,31	165,79±3,77	164,39±2,22
H	151,86±0,19	32,07±1,17	29,26±0,24	29,40±0,22	28,27±0,91	28,94±0,26
S	46,82±4,75	15,35±2,60	32,59±6,36	28,71±2,23	45,20±7,34	43,26±4,57
V	226,71±2,29	250,45±1,83	250,94±1,05	252,18±0,87	248,22±0,40	245,50±1,42

(*) valores de média seguidas de desvio padrão.

A tabela 15 demonstra que, para cada faixa monocromática de cor, houve pequena variação das coordenadas. Esta variação pode estar relacionada ao baixo contraste observado nos histogramas dos canais de cores.

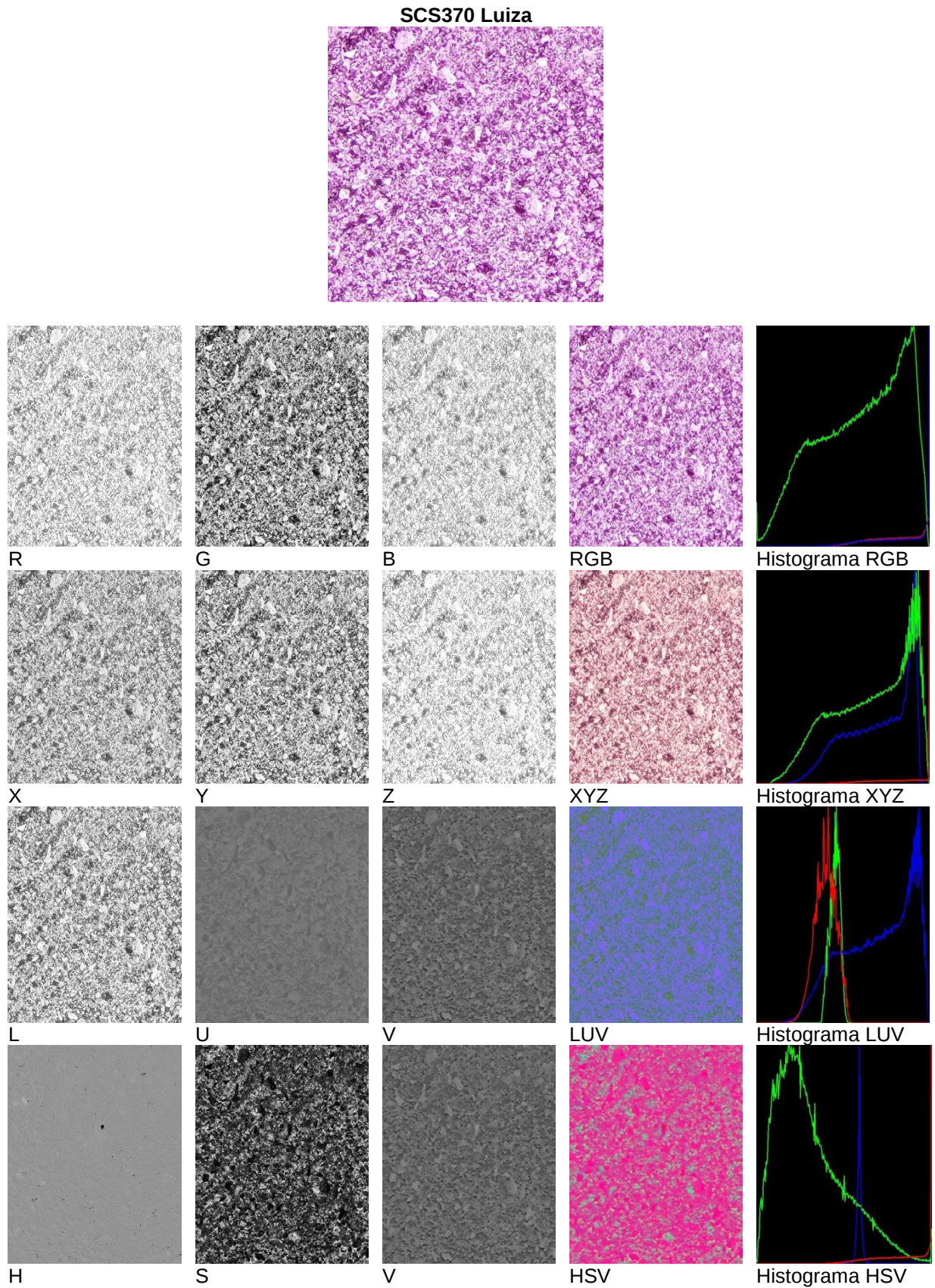


Figura 22 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. SCS370 Luiza lote dois

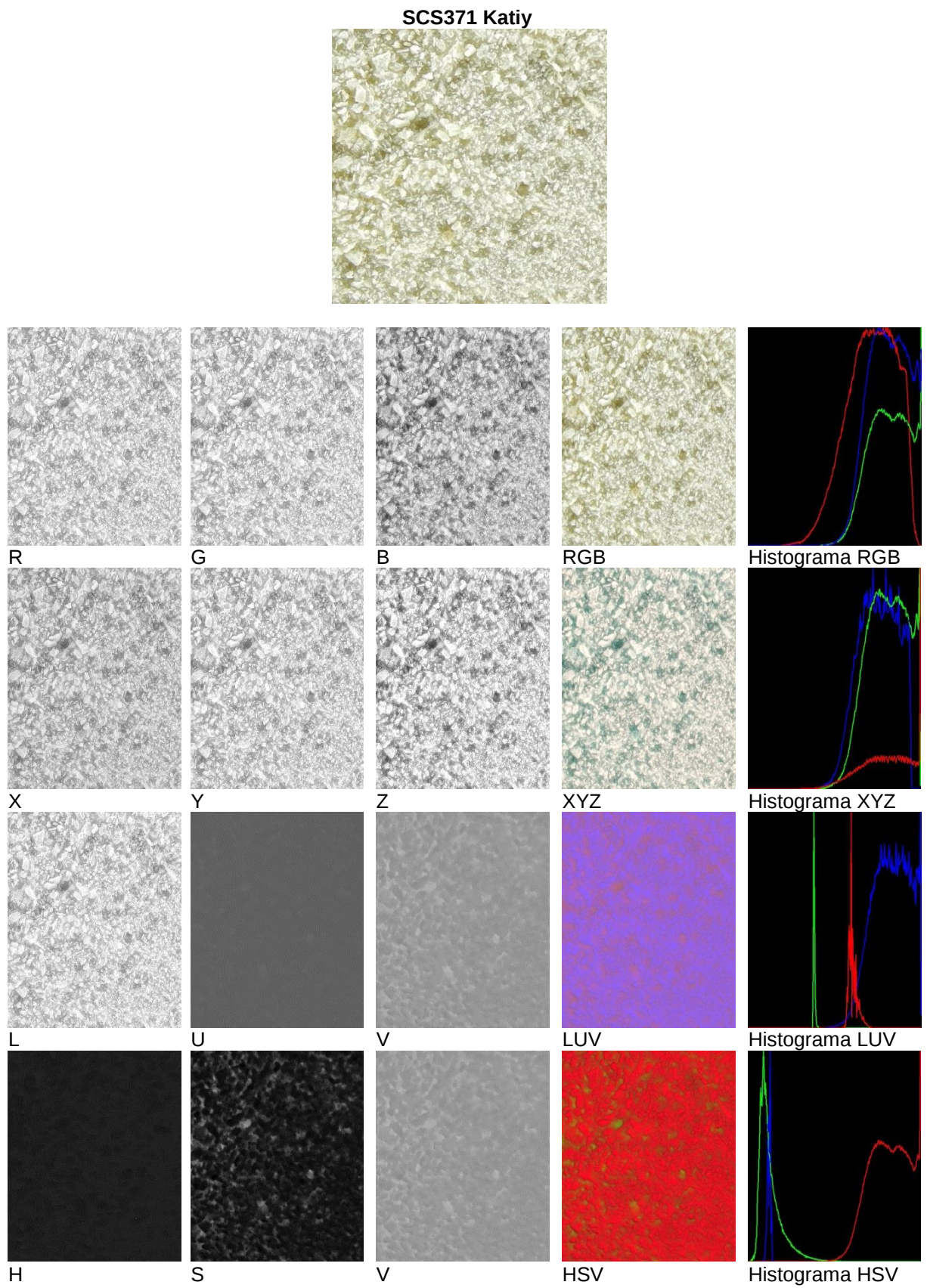


Figura 23 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. SCS371 Katiy lote dois

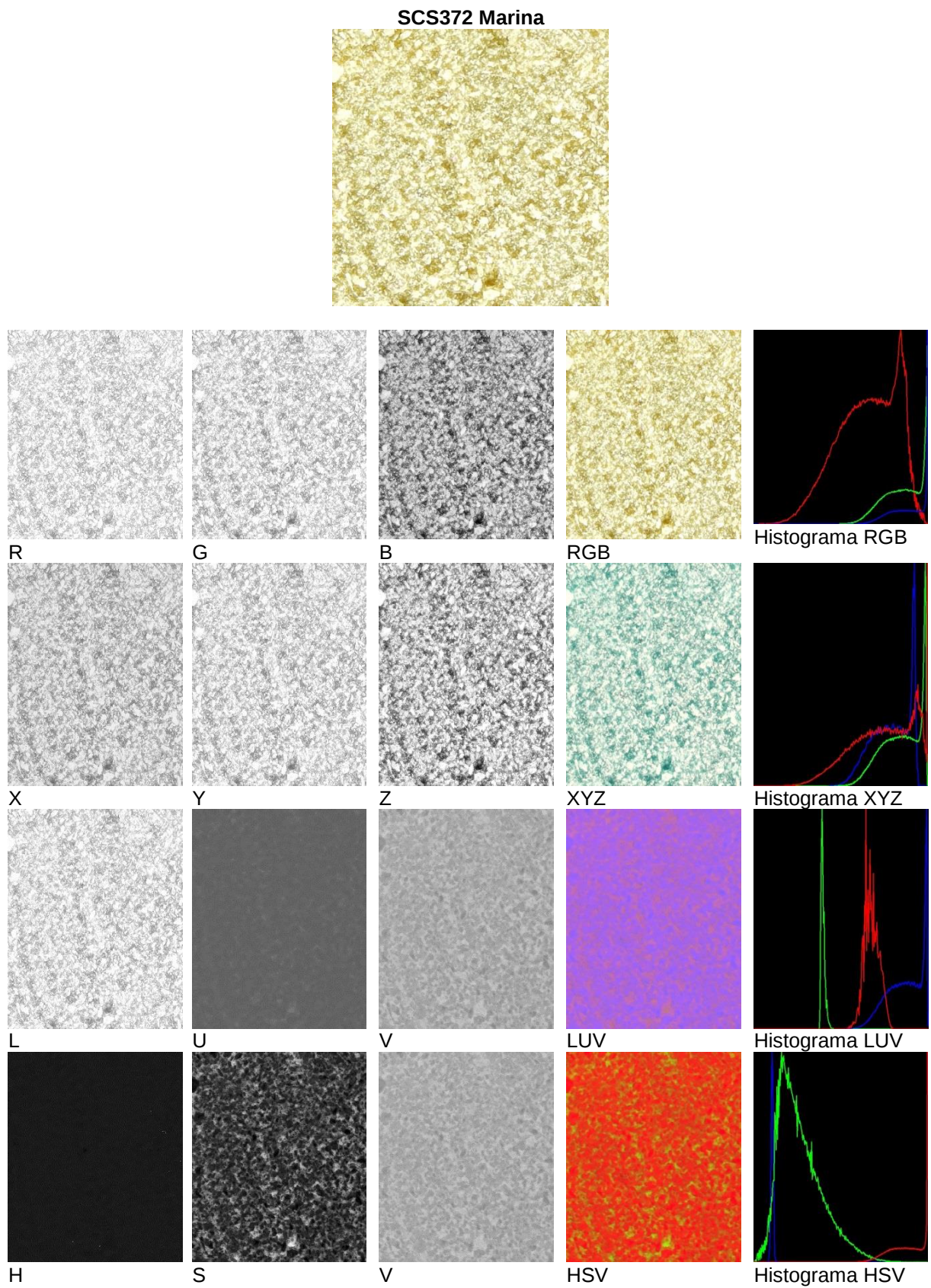


Figura 24 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. SCS372 Marina lote dois

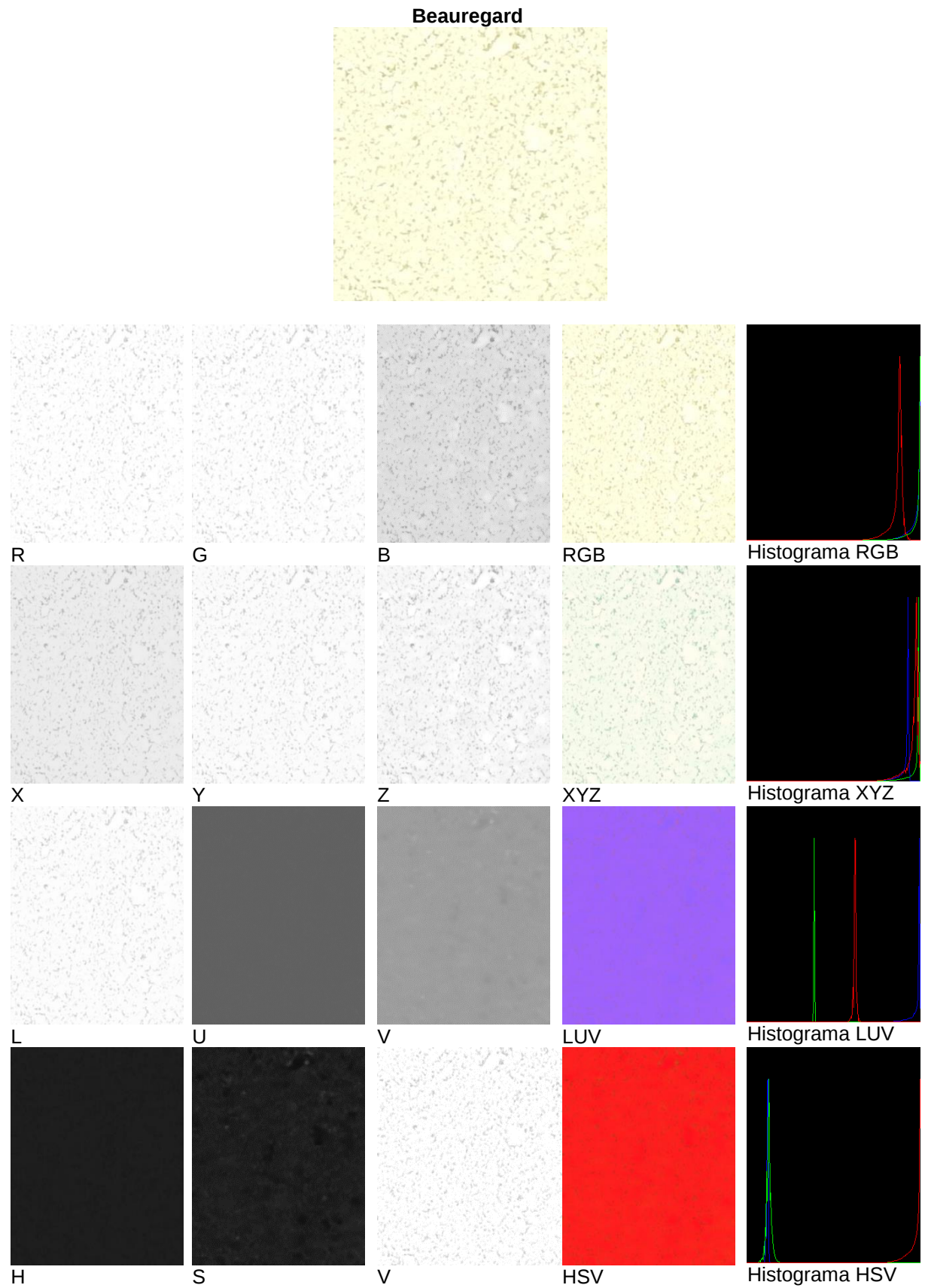


Figura 25 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. Beauregard lote um

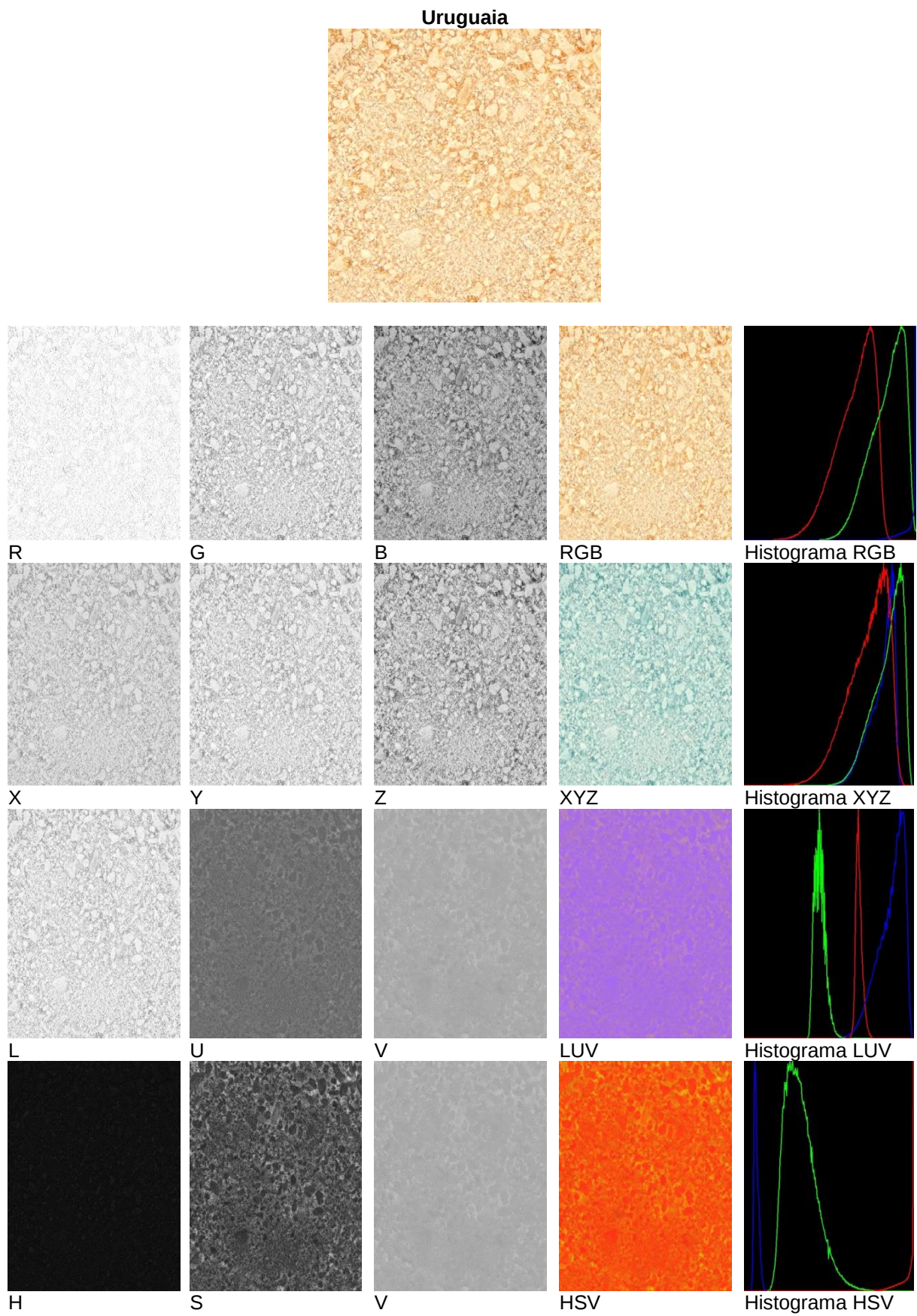


Figura 26 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. Uruguaia lote dois

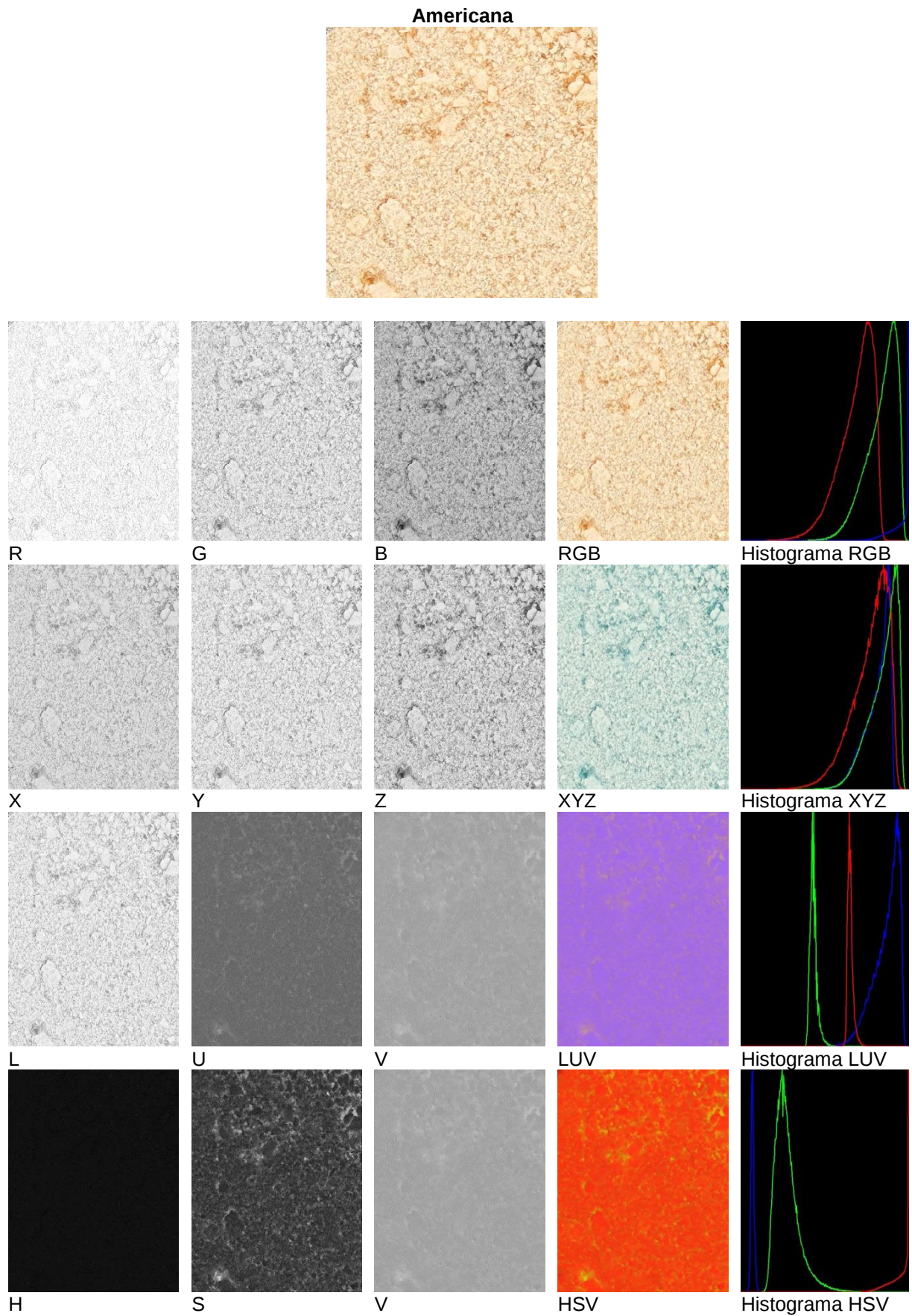


Figura 27 – Canais de cores da imagem digital da amostra cv. Americana lote dois

O modelo de cor RGB (cores fundamentais: vermelho, verde e azul), funciona como um sistema de cores de combinações aditivas, as quais se combinam gerando as cores ciano, magenta e amarelo. Assim, quando as linhas apresentam alta intensidade e praticamente se sobrepõem no histograma, indicam que a coloração da amostra é homogênea.

Dessa forma, o histograma do modelo RGB da cv. SCS371 Katiy demonstrou que esta amostra apresentou a coloração mais homogênea, caracterizando baixo contraste e alta intensidade para as cores vermelho, verde e azul, enquanto as demais cultivares mostraram a menor intensidade para a linha azul. Os histogramas do canal RGB indicaram valor de luminosidade para as demais amostras. A amostra cv. SCS371 Katiy LT2 confirmou o maior valor para a coordenada L^* (Tabela 5).

O espaço de cor XYZ tenta aproximar os valores ao espaço tri-estímulo da visão humana (Figura 12). Os histogramas das amostras cv. Americana e cv. Uruguaia, indicaram o baixo contraste destas amostras para o canal XYZ. O teste de Tukey revelou que, para as coordenadas X e Y, não houve diferença significativa entre estas cultivares na porção polpa *in natura* e liofilizada, porém, há diferenças para as cv. Americana e cv. Uruguaia quando avaliadas individualmente (Tabela 5).

Já o espaço de cores LUV foi concebido em função de melhorar a identificação da diferença de cores observada a partir da mistura de iluminantes. A coordenada V, denominada valor (*value*), representa a o brilho (luz emitida pela cor) intrínseco de uma determinada cor. Os valores desta coordenada variam entre 0 (cor muito escura ou preta) a 100% (cor saturada ou pura) (GONÇALVES, 2011).

A amostra cv. SCS370 Luiza demonstrou em seu histograma o menor contraste observado para o canal LUV, com alta intensidade das linhas verde e vermelha, em que a linha azul desloca-se mais para direita, indicando alta luminosidade na porção azul. Vale dizer que as cores das batatas-doces se aproximaram mais de uma cor saturada e pura, cuja cor *value* é de característica clara, o que está de acordo com a percepção humana.

A coordenada V (*value*) tem como resposta curvas de alta intensidade, o que está de acordo com os altos valores da análise de cor instrumental, cujos valores de luminosidade (L^*) também indicaram tendência para a coloração mais clara (Tabela 5).

O modelo de cor HSV (em conjunto com HSL) representa as coordenadas do modelo RGB, arranjado no diagrama cilíndrico de cor (Figura 13). Seus parâmetros são definidos por matiz (H, *hue*), saturação (S, *saturation*) e Brilho (V, *value*). Os histogramas das amostras de batatas-doces demonstraram, para este espaço de cor, um alto contraste entre as linhas de cores monocromáticas, com alta intensidade e uniformidade para as linhas azul e verde, estas que se encontraram mais para a esquerda no histograma, indicando baixa luminosidade. Porém, a linha vermelha tende mais a direita, o que indica maior claridade para esta cor. Este fato está associado à imagem conjunta do canal (HSV) que ilustra intensamente a cor vermelha.

A triplicata dos dados numéricos, obtidos a partir da segmentação das imagens nos diferentes canais de cor, foram submetidos à análise de Redes Neurais Artificiais (RNA).

A análise RNA é um modelo de grafo orientado, ou seja, apresentam pares simétricos de arestas direcionadas. Os nós são identificados como neurônios artificiais, e as arestas orientadas que unem os componentes aos nós, indicam as conexões de entrada e saída dos neurônios (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008; PRESTES, 2011). A Figura 28 ilustra a estrutura topográfica da RNA, obtida a partir da análise de imagens digitais, utilizando Algoritmo de Retropropagação.

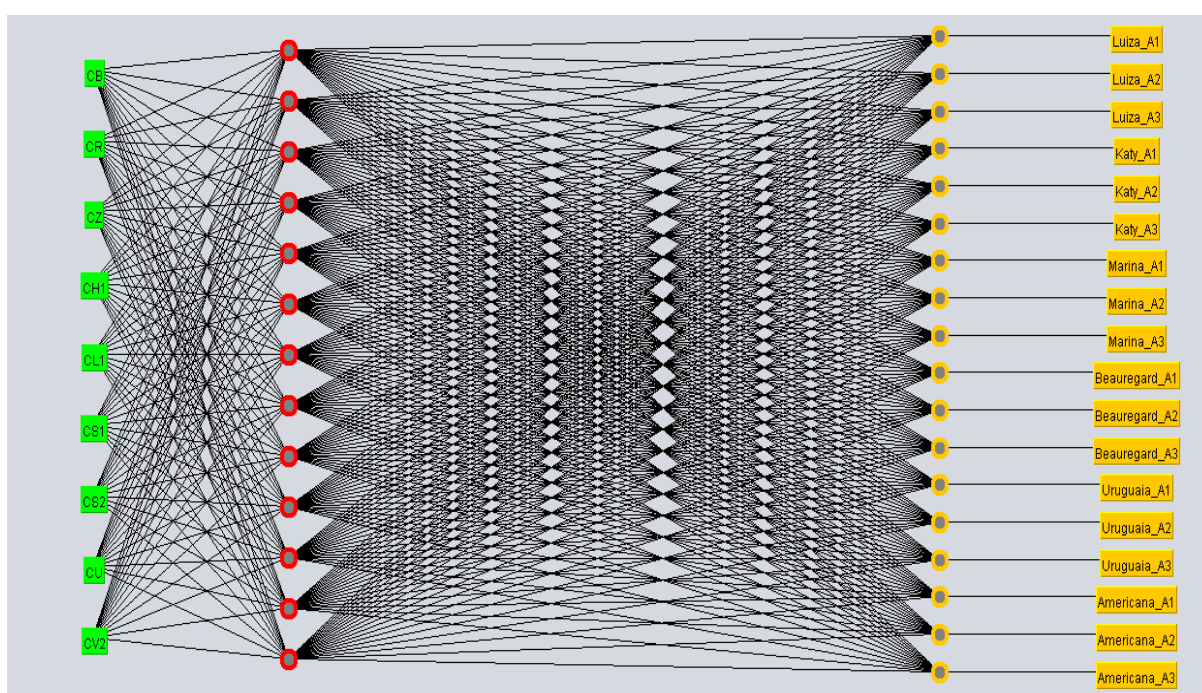


Figura 28 – Análise de rede neural artificial das imagens digitais de amostras de batatas-doces

Dos 15 canais de cor para as amostras de batata doce, apenas nove canais foram selecionados para compor a topologia da rede neural artificial (RNA). Os canais (C) B, R, Z H1, L1, S1, S2, U e V2 foram selecionados pelos algoritmos CfsSubsetEval e BestFirst. O mérito do melhor subconjunto de dados para esta seleção foi 0,9720.

A topologia da rede neural apresentou o conjunto destes nove canais de cores como atributos de entrada para uma camada com 13 neurônios, sendo avaliadas 6 amostras em triplicata (n=18) das batatas-doces cv. SCS370 Luiza, cv. SCS371 Katiy, cv. SCS372 Marina, cv. Beauregard, cv. Uruguaia e cv. Americana como dados de saída para classificação.

Foi utilizado MultilayerPerceptron como algoritmo para a análise de RNA, com taxa de aprendizagem e o momento de 0,5, com 4.000,0 épocas para aprendizagem.

A taxa de acerto para as 18 variáveis das imagens das batatas-doces foi de 100 %, com estatística Kappa de 1,0. A média de erro absoluto foi 0,0138 e a raiz quadrada do erro médio foi 0,0640, valores estes considerados baixos.

Como a taxa de acerto foi a máxima possível (100 %), as figuras de mérito, ou seja, os índices de performance que comprovaram a eficácia da classificação para todas as amostras, foram de 1,00. Dentre estes, estão: a taxa de verdadeiros positivos, a precisão e a curva ROC. Por outro lado, a taxa de falsos positivos foi 0,00, reafirmando ainda a correta classificação das seis cultivares de batatas-doces em função dos nove canais de cores selecionadas previamente.

5.4 ANÁLISE DOS ESPECTROS DE INFRAVERMELHO (FTIR)

As amostras liofilizadas de batatas-doces do lote 1 e do lote 2 foram submetidas aos métodos de análise por Refletância Total Atenuada (ATR) e pastilha de Brometo de Potássio (KBr), com emprego da espectroscopia no infravermelho médio (4000-650 cm^{-1}) com Transformada de Fourier (FTIR) (PERKINELMER, 2005; SPRAGG, 2013).

As Figuras 29 e 30 ilustram respectivamente os espectros obtidos por ATR e pastilha KBr para as batatas-doces do lote 1.

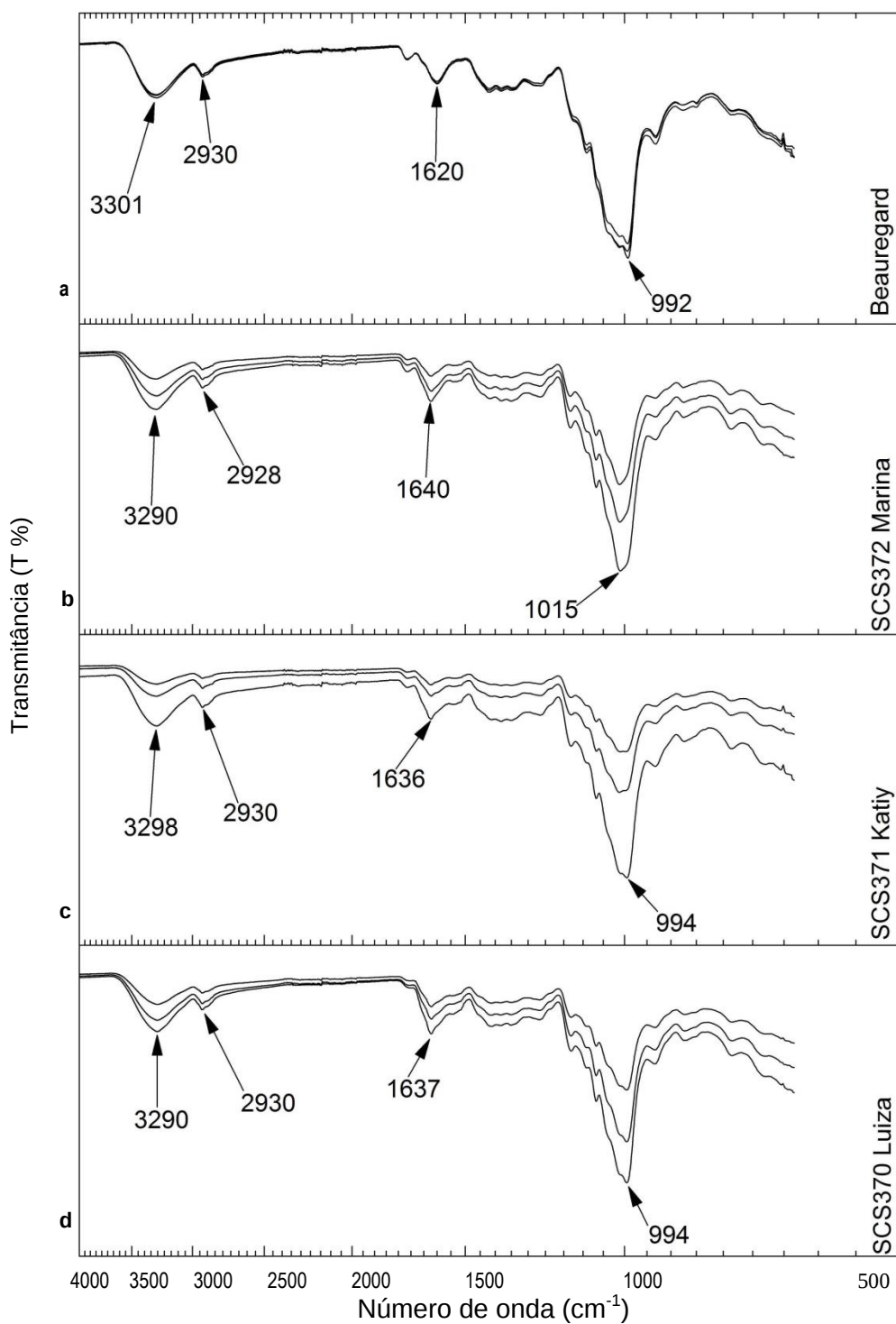


Figura 29 – Espectros de infravermelho por ATR: triplicata das amostras de batatas-doces do LT1

Nota: a- Beauregard; b- SCS372 Marina; c- SCS371 Katiy; d- SCS370 Luiza.

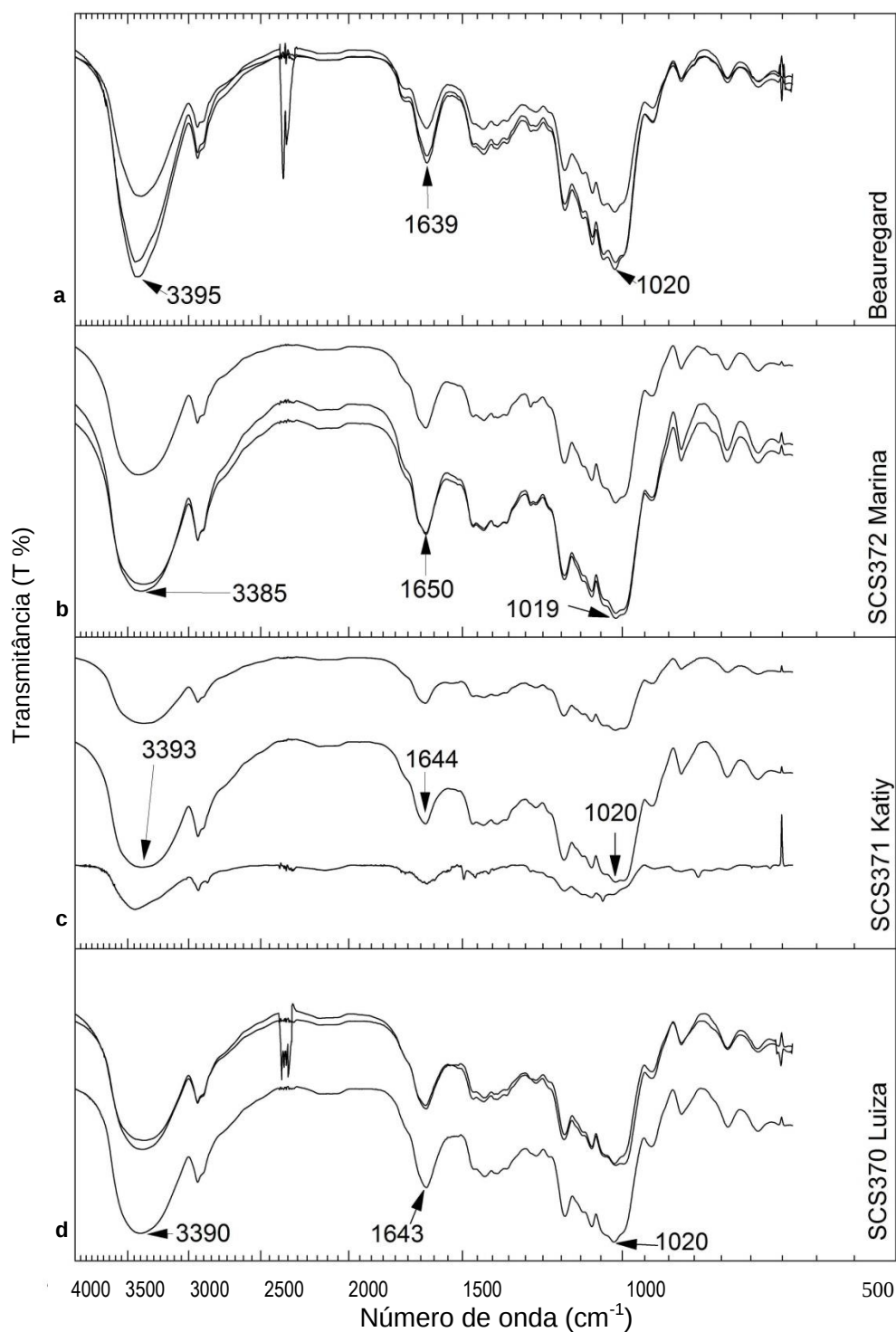


Figura 30 – Espectros de infravermelho com pastilha KBr: triplicata das amostras de batatas-doces do LT1

Nota: a- Beauregard; b- SCS372 Marina; c- SCS371 Katiy; d- SCS370 Luiza.

Os espectros observados com base nas análises de infravermelho das amostras de batatas-doces demonstraram que as bandas de absorção são similares

a absorção característica de amidos (DOLMATOVA et al., 1998; HOLDER, 2012; LIMA et al., 2012; CHANDRA, 2016).

Os picos de absorção entre $3400 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ podem ocorrer devido estiramento vibracional dos grupos funcionais $-\text{OH}$. Os amidos secundários, típicos em raízes tuberosas (como é o caso da batata-doce) apresentam uma absorção característica nesta região do espectro (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2005).

De intensidade média, os picos de absorção entre $2940 - 2920 \text{ cm}^{-1}$ podem ser atribuídos ao estiramento vibracional (simétrico ou assimétrico) dos grupos C-H metilas e metilenos mas, neste caso, deve-se muito provavelmente ao grupamento metil devido a faixa de absorção evidenciada (COATES, 2000).

Já a absorção entre $1650 - 1610 \text{ cm}^{-1}$ pode estar relacionada com o estiramento das duplas ligações conjugadas entre carbonos ($\text{C}=\text{C}$), ou mais provavelmente ao grupamento funcional carbonila ($\text{C}=\text{O}$), presente em grande quantidade nos açúcares pela função aldeídos ou cetonas.

As vibrações moleculares classificadas como estiramentos envolvem alterações quanto ao aumento e diminuição da distância internuclear atômica, já as deformações angulares agem sentido de uma mudança no ângulo de ligação entre átomos ou em grupamento de átomos (DERRICK; STULIK; LANDRY, 1999; FORARO et al. 2010).

Quando avaliados em estado sólido, amidos secundários de cadeia aberta apresentam absorção característica próxima a 1640 cm^{-1} , possivelmente pela presença de porções de amido resistente do tipo 2 nas amostras de batatas-doces (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2005; JABS, 2015). Amido resistente é definido como a porção do carboidrato que é menos suscetível ao ataque das enzimas digestivas não sendo facilmente absorvido pelo organismo, o qual é basicamente subdividido em 3 tipos: o tipo 1 é o amido fisicamente preso dentro da matriz do alimento ou que sua estrutura impede o acesso de enzimas amilolíticas; o amido tipo 2 possui alta compactação e estrutura parcialmente cristalina e granular; já o amido resistente tipo 3 é fruto de tratamentos resultantes do processo de gelatinização (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005).

Os picos de absorção entre $1050 - 990 \text{ cm}^{-1}$ são considerados picos típicos para amidos, característica da deformação de estiramento do grupamento C-O, neste estudo observado na região de $1000 - 990 \text{ cm}^{-1}$, podendo ocorrer também a deformação axial da estrutura C-O-C (LEITE, 2008; LIMA, 2012).

Os padrões de absorção avaliados para as amostras liofilizadas de batatas-doces do lote 1 são corroborados pela análise das amostras do lote 2. As Figuras 31 e 32 ilustram os espectros por ATR e KBr das amostras liofilizadas de batatas-doces do lote 2.

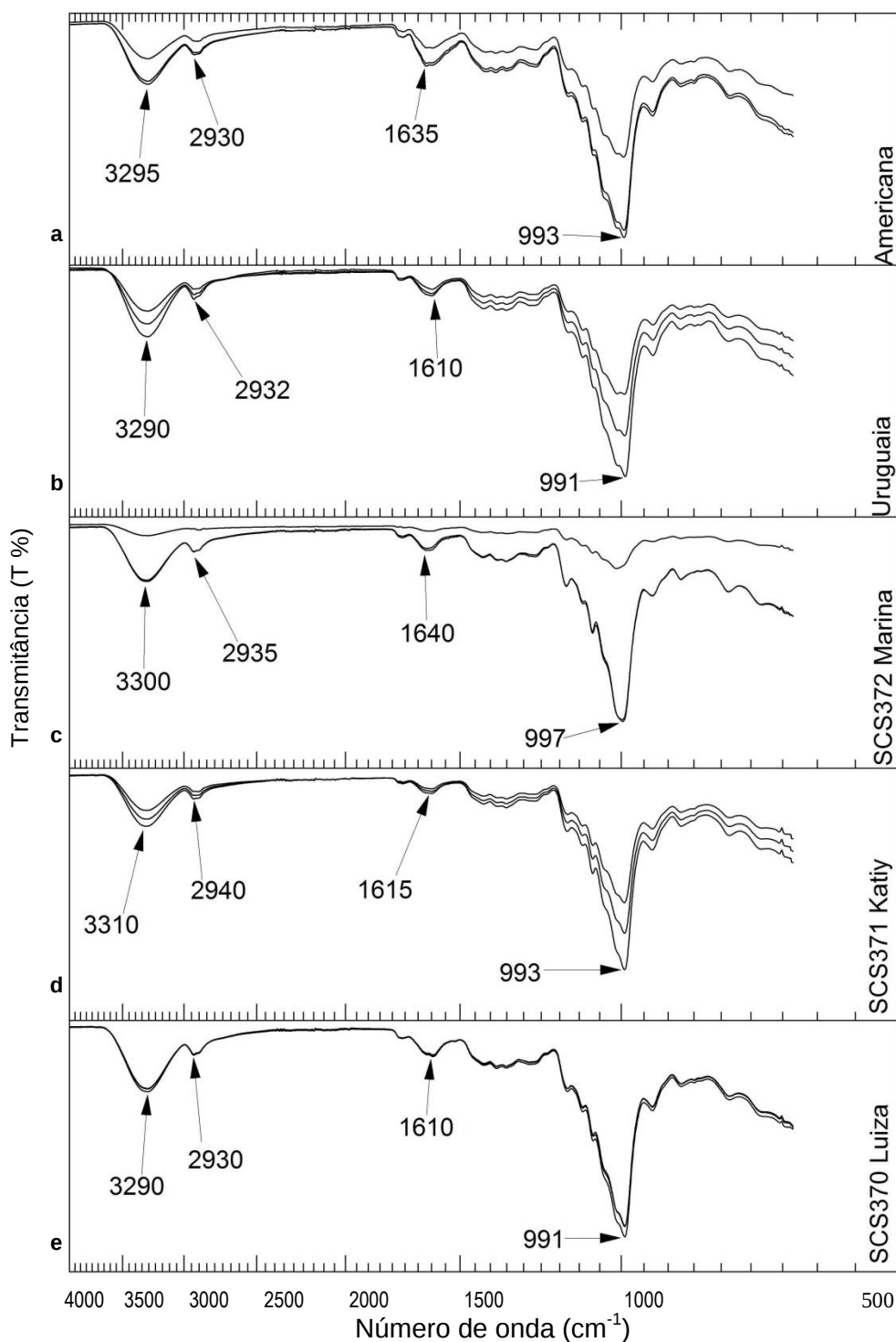


Figura 31 – Espectros de infravermelho por ATR: triplicata das amostras de batatas-doces do LT2

Nota: a- Americana; b- Uruguaia; c- SCS372 Marina; d- SCS371 Katiy; e- SCS370 Luiza.

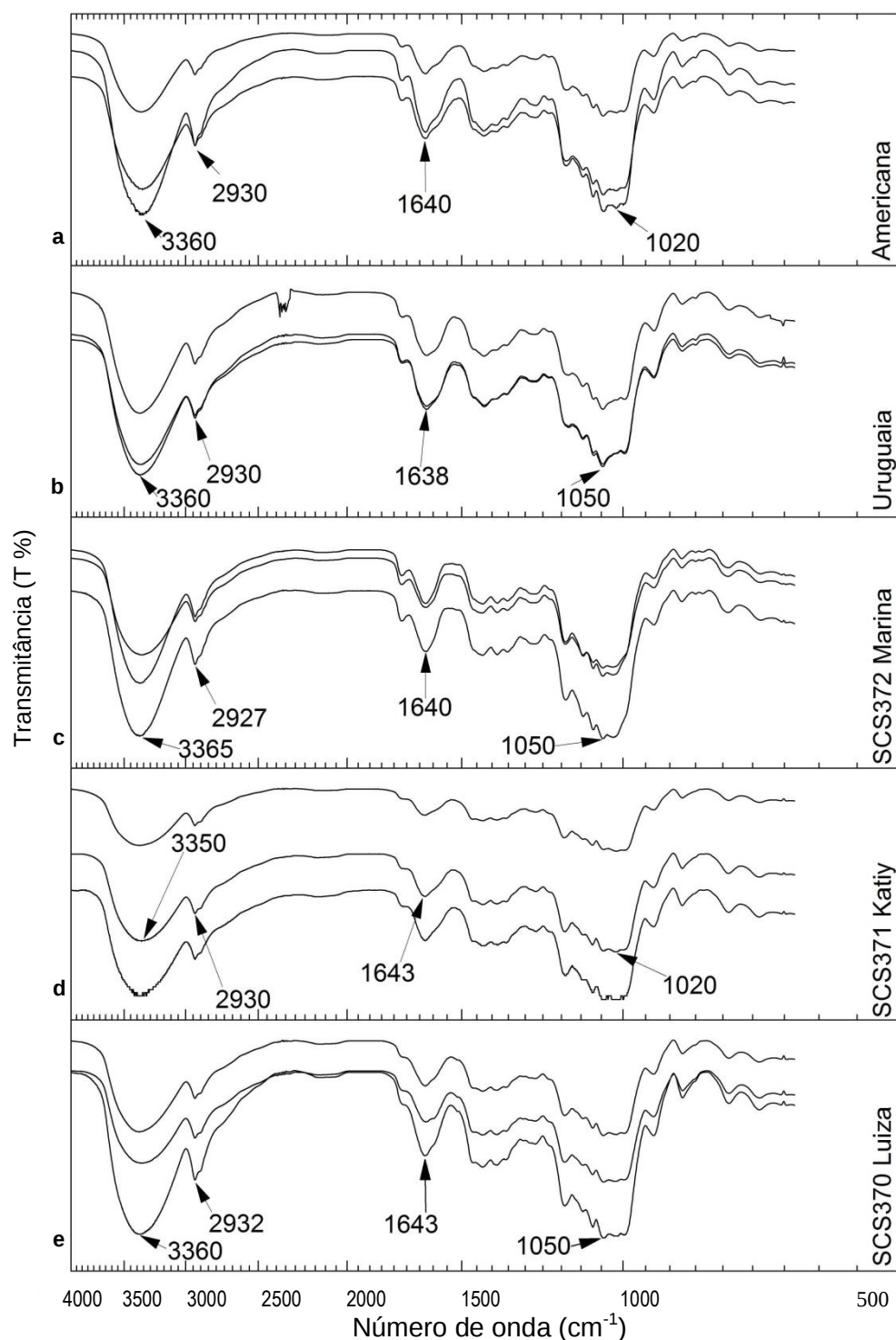


Figura 32 – Espectros de infravermelho com pastilha KBr: triplicata das amostras de batatas-doces do LT2

Nota: a- Americana; b- Uruguia; c- SCS372 Marina; d- SCS371 Katiy; e- SCS370 Luiza.

De um modo geral, o perfil espectral obtido por ambas as técnicas de análise empregadas é muito semelhante para uma mesma cultivar de batata-doce. Este fato demonstrou que qualquer que seja a técnica utilizada não haverá prejuízo à

qualidade dos espectros, garantindo a confiabilidade da metodologia. E ainda permitiu evidenciar que as diferentes cultivares possuem composição química similar.

5.5 AVALIAÇÃO DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X

Os Raios X fazem parte do componente espectral eletromagnético, em que a maioria de seus raios apresenta pequeno comprimento de onda variando de 0,01 a 10 nm, porém, possuem alta energia podendo chegar a 200 KeV (mil elétrons-volt) (NASA, 2010).

A difratometria de Raios X consiste na difração dos raios x por um cristal, os quais incidem numa rede amostral de variado arranjo atômico, gerando assim um padrão de interferência e espalhamento dos raios na estrutura. Esta é uma técnica amplamente difundida e utilizada na intenção de caracterização de estruturas cristalinas (FILHO; LOPES, 2013).

Neste sentido, a difratometria de Raios X também é uma poderosa ferramenta na análise estrutural e de cristalinidade de polissacarídeos, como é o caso do amido e da fécula (JEDDOU et al. 2016).

Assim, as amostras liofilizadas de batatas-doces foram submetidas à avaliação por difratometria de raios x, porém, neste trabalho destacamos que não houve qualquer extração prévia da fécula. Todavia, sabe-se que a fécula é a principal porção constituinte das raízes tuberosas de batatas-doces, preferencialmente na condição de desidratadas (BATISTUTI; VALIM; CÂMARA, 1993; GARCIA, 2013; OLIVEIRA et al., 2013). Os difratogramas resultantes das amostras liofilizadas de batatas-doces são ilustrados na Figura 33.

Todas as amostras de batatas-doces avaliadas apresentaram um perfil de difração semelhante, com picos de maior intensidade em 2° e sinais próximos a 15° , 17° e 23° . Este perfil é característico para amostras de batatas-doces indicando cristalinidade do Tipo A. Os difratogramas obtidos estão de acordo com outros trabalhos reportados em literatura, em que os picos variam em intensidade de acordo com a característica estrutural da fécula (amido) (ROCHA; CARNEIRO; FRANCO, 2010; HAN et al., 2013; YUSSOF; UTRA; ALIAS, 2013).

Neste caso, os amidos resistentes Tipo 2 podem ser diferenciados em A, B ou C de acordo com sua forma cristalina, dependente da relação estrutural entre amilose e amilopectina: (i) amilose, unidades glicosídicas ligadas por ligações do tipo $\alpha(1-4)$, de cadeia linear; (ii) amilopectina apresenta unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas tipo $\alpha(1-4)$ e $\alpha(1-6)$ (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005).

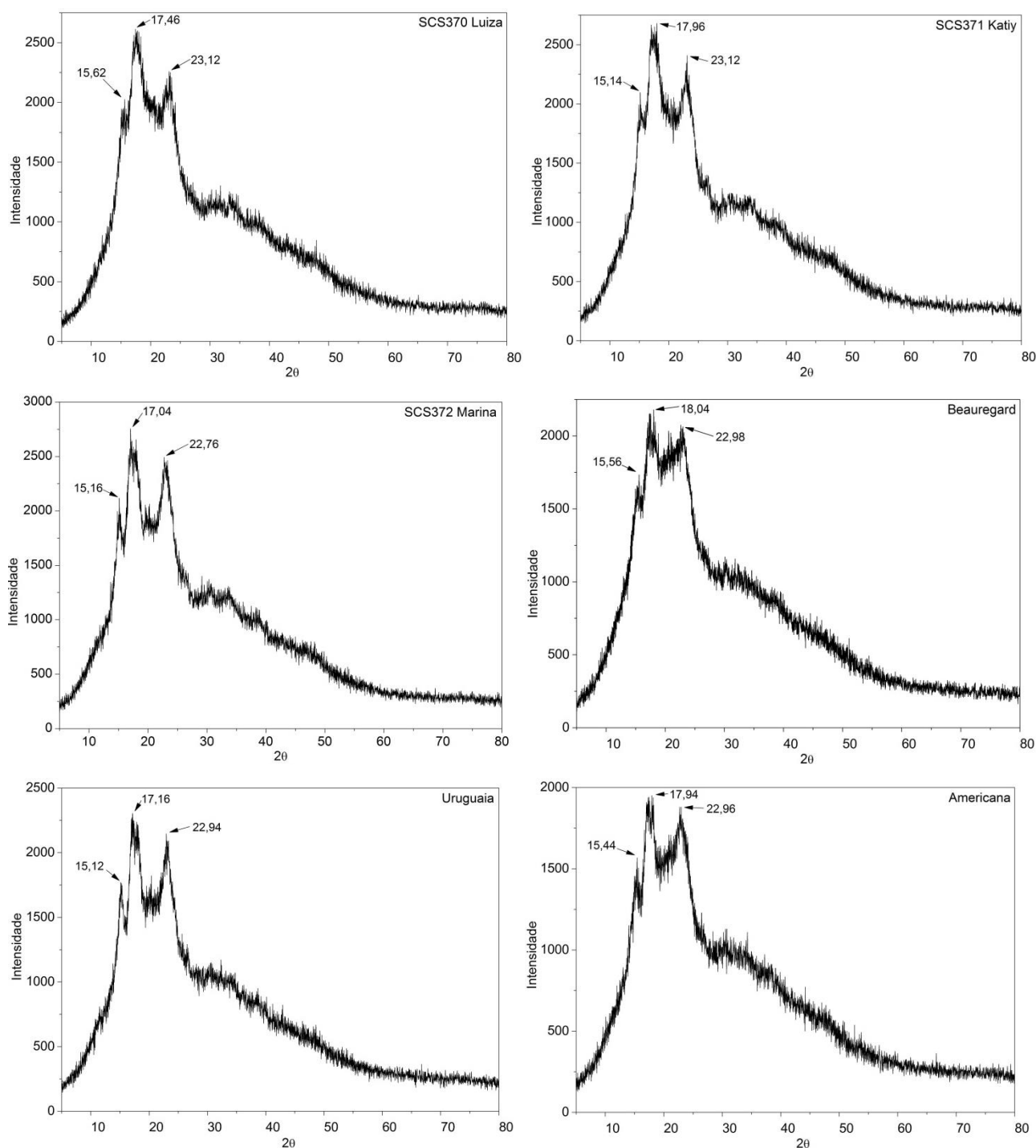


Figura 33 – Difratogramas das amostras liofilizadas de batatas-doces

A amostra cv. SCS372 Marina exibiu em 17° o pico maior intensidade. As amostras cv. SCS371 Katiy e SCS370 Luiza apresentaram ângulo de difração semelhante em 23°, podendo ser observado também para as amostras cv. Beauregard e Americana em 22°, sendo que estas as amostras exibiram menor intensidade. A amostra cv. Uruguaia apresentou difratograma geral semelhante a cv. SCS372 Marina, com picos de difração próximos, porém com menor intensidade para as regiões avaliadas.

As cadeias curtas de amilopectina na região mais externa ao grânulo, geralmente com 19 ou menos ligações glicosídicas exibem polimorfos lineares cristalinos do tipo A, estruturalmente mais compactado. Se a região externa do grânulo apresenta cadeias maiores de amilopectina, na ordem de 22 ou mais resíduos de glicose, o amido é considerado polimorfo do Tipo B, característico de tubérculos, apresentando estrutura mais ampla e um centro hidratado (DENARDIN; SILVA, 2009).

Já o amido classificado como polimorfo cristalino do Tipo C é fruto de uma combinação estrutural cruzada entre componentes do Tipo A e Tipo B, geralmente encontrado em polímeros retrogradados, legumes e rizomas ligados a raízes e tubérculos (WANG et al., 2009).

Silva (2013) avaliou a concentração total de amido presente em diversas cultivares de batatas-doces em função de adubação com diferentes doses de potássio durante o cultivo e menciona valores que variaram entre 30,5 % e 44,6 %. Do mesmo modo, Oliveira e colaboradores (2005) avaliaram o teor de amido de batatas-doces em diferentes doses de adubação fosfatada e reportaram valores máximos de 15,7 %.

Neste sentido, a produção total da fécula presente nas raízes de batatas-doces, bem como sua qualidade estrutural e conseqüentemente o tipo de cristalinidade são diretamente influenciados pelas condições do solo e do cultivo da planta (OLIVEIRA et al., 2005; MALAVOLTA, 2006; SILVA, 2013; OLIVEIRA et al., 2013).

Peroni, Rocha e Franco (2006) reportaram valores médios de 22,6 % quanto ao conteúdo de amilose em amidos de batatas-doces.

Hoover (2001) relatou em sua revisão sobre a composição, estrutura molecular e propriedades físico-químicas de amidos de diversas raízes e tubérculos,

que a fécula presente na batata-doce apresentou conteúdo de amilose na faixa de 19,1 %.

Eliasson e colaboradores (2004) indicaram que, a partir de análises de com emprego de raios x, a batata-doce apresenta padrões de difratometria característicos a amidos do Tipo A e C e exibem conteúdo de amilose variando entre 15 a 25 %.

Deste modo, os padrões de difração de Raios X obtidos para todas as amostras liofilizadas de batatas-doces também são condizentes com o trabalho Zhou et al. (2015), em particular à avaliação de amido nativo, apresentando característica de cristalinidade do Tipo A.

5.6 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

As amostras de batatas-doces na condição liofilizadas foram avaliadas por meio de métodos termoanalíticos de análise denominados Termogravimetria (TG), Termogravimetria Derivada (DTG) e Calorimetria Diferencial Exploratória com fluxo de calor (DSC).

A TG avalia as variações ocorridas na massa da amostra em função da temperatura, a DTG registra a primeira derivada da curva TG exibindo picos que delimitam áreas proporcionais às alterações de massa, já a DSC registra o fluxo de energia fornecida à amostra (IONASHIRO, 2004). A Figura 34 apresenta as curvas das análises TG, DTG e DSC das amostras de batatas-doces do LT1.

As amostras de batatas-doces utilizadas para o estudo termogravimétrico foram previamente liofilizadas, não havendo isolamento prévio de qualquer componente.

Inicialmente, as amostras do lote um foram submetidas ao aquecimento dinâmico linear com intervalo entre 30 a 300 °C, com atmosfera de ar sintético, fluxo de gás de 100 mL.min⁻¹ e taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹. As curvas obtidas na TG (Figura 34-a) indicaram que todas as amostras possuíam um comportamento padrão quando inicialmente aquecidas, com pequena variação de massa entre os pontos *onset* (início da decomposição térmica) e *endset* (fim da decomposição térmica) do primeiro estágio de perda de massa (Δm_1) observado entre 30 e 125 °C.

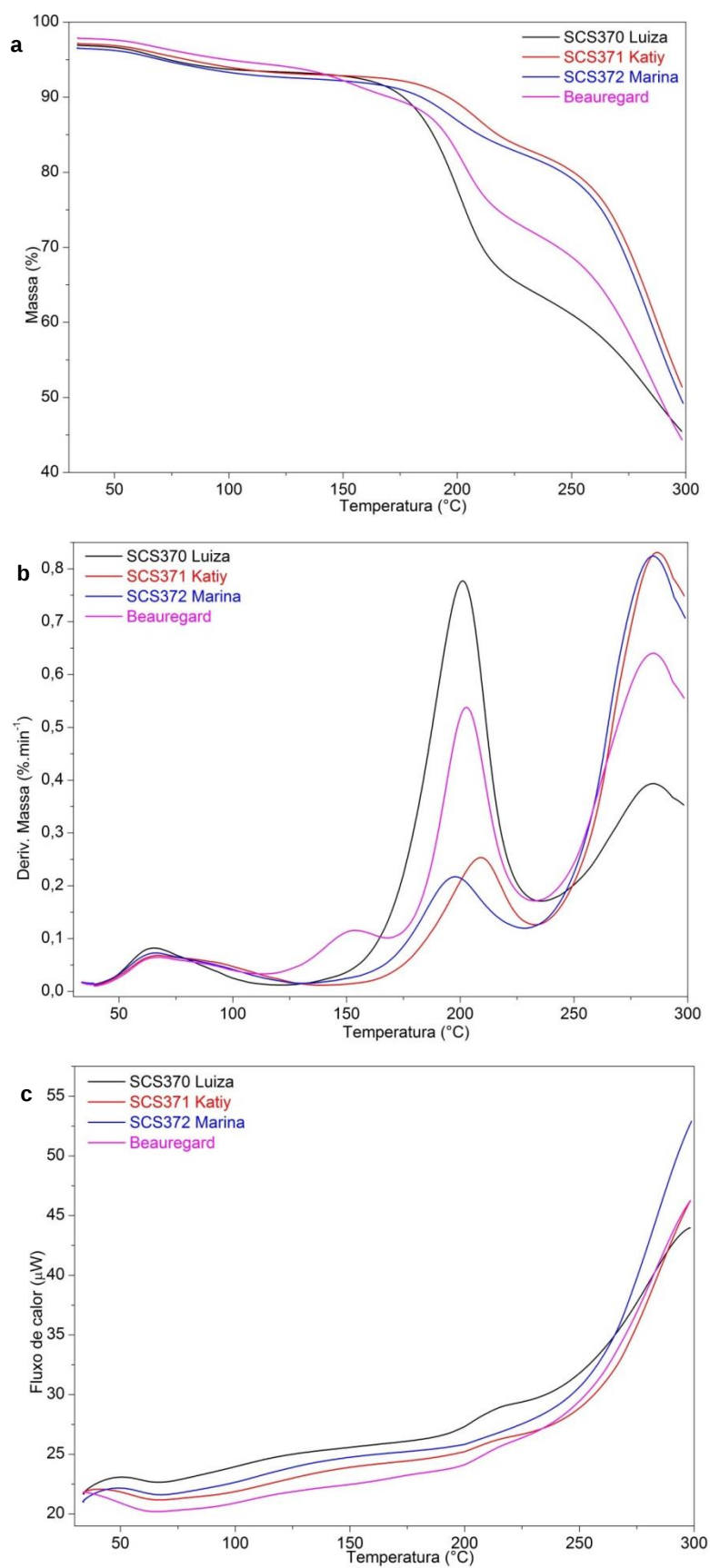


Figura 34 – Curvas da análise térmica para amostras de batatas-doces do LT1

Nota: (a) Análise Termogravimétrica; (b) Análise Térmica Diferencial; (c) Calorimetria Diferencial Exploratória.

A curva DTG (Figura 34-b) também registrou o primeiro estágio de perda de massa com um pico na derivada próximo a 65 °C observado para todas as amostras, sendo confirmado pela curva DSC (Figura 34-c) com um pequeno pico endotérmico na mesma região.

O primeiro evento pode estar relacionado com a perda da água presente nas amostras (DENARI; CAVALHEIRO, 2012). Neste caso, as amostras de batatas-doces estavam liofilizadas, podendo associar com a baixa porcentagem relativa à perda observada. Cabe destacar que, mesmo na condição de liofilizadas, as amostras podem ter absorvido umidade relativa do ambiente ou ainda apresentar conteúdo de água ligada.

A avaliação do segundo evento de perda de massa (Δm_2) demonstrou que houve diferenças no percentual da perda para cada amostra em função do contínuo aumento da temperatura.

As amostras diferiram também no ponto *Tonset* para Δm_2 (Tabela 16). Neste estágio grande perda de massa é evidenciada pela amostra cv. SCS370 Luiza (31,42%) seguida pela cv. Beauregard (25,53 %), fato evidenciado pela avaliação do pico registrado na DTG. Já para as amostras cv. SCS371 Katiy e SCS372 Marina por DTG revelaram uma pequena diferença nos picos de degradação em função da temperatura.

Tabela 16 – Perda de massa (%) das amostras de batatas-doces liofilizadas do lote 1

Δm	°C	LL1(%)	°C	KL1(%)	°C	ML1(%)	°C	BL1(%)
1	30-125	6,67	30-125	6,83	30-125	7,4	30-125	5,96
2	160-250	31,42	150-250	12,86	150-250	13,19	125-250	25,53

Δm : perda de massa; LL1: SCS370 Luiza LT1; KL1: SCS371 Katiy LT1; ML1: SCS372 Marina LT1; BL1: Beauregard LT1.

As curvas DSC para o segundo evento foram relativamente semelhantes entre as amostras indicando picos de característica exotérmica, com a percepção de um fluxo contínuo de calor transferido para as amostras.

O segundo evento de perda de massa apresentou diferenças pontuais, as quais podem estar relacionadas com as reações térmicas relativas ao amido presente nas amostras.

As diferenças estruturais do amido para cada amostra de batata-doce conferem características amorfas ou cristalinas, as quais podem influenciar quanto à estabilidade térmica da amostra, acarretando maior ou menor perda de massa em função do aumento da temperatura (SINGH et al., 2003). A estabilidade térmica das matérias primas amiláceas intervém diretamente nos processos térmicos industriais, necessários para seu beneficiamento.

Rogério e Lionel (2004) avaliaram o efeito da espessura das fatias e o pré-cozimento na qualidade de salgadinhos fritos tipo *chips*, produzidos a partir de 4 diferentes tubérculos como matérias-primas. Os autores comunicaram que os *chips* produzidos a partir de batata-doce exibiram o maior rendimento quando preparados com 1,5mm de espessura e 1 minuto de pré-cozimento em água a 100 °C, o qual foi submetido ao processo de fritura a 180 °C por 2 minutos.

Villanova et al. (2014) avaliaram as propriedades térmicas de amido de trigo separadas e agregadas por diferença de tamanho granular e reportaram que os grânulos menores apresentaram faixa de temperatura mais elevada para a ocorrência do processo de gelatinização.

Inicialmente, as amostras liofilizadas de batatas-doces do LT1 foram submetidas à análise térmica com variação de temperatura entre 30 a 300 °C (Figura 34).

Porém, observa-se pela DTG que após 250 °C ainda há o registro de variação de massa, indicando que há outros eventos ocorrendo acima desta temperatura.

Deste modo, as amostras liofilizadas de batatas-doces do lote foram submetidas a avaliações com temperatura variando entre 30 e 600 °C.

A Figura 35 apresenta as curvas TG, DTG e DSC para as amostras de batatas-doces do segundo lote.

De acordo com as curvas TG (Figura 35-a), as amostras apresentaram 4 estágios de perda de massa, sendo os 3 primeiros estágios principais relativos a perda de água e decomposição da matéria orgânica e o estágio 4 referente a degradação das amostras.

Novamente o primeiro estágio de perda de massa apresenta grande semelhança entre as amostras, com *onset* entre 30 e 34 °C, *endset* à 125 °C, relacionado ao primeiro pico nas curvas DTG (Figura 35-b). O pico endotérmico nas curvas DSC entre 60 e 70 °C caracterizou o primeiro estágio.

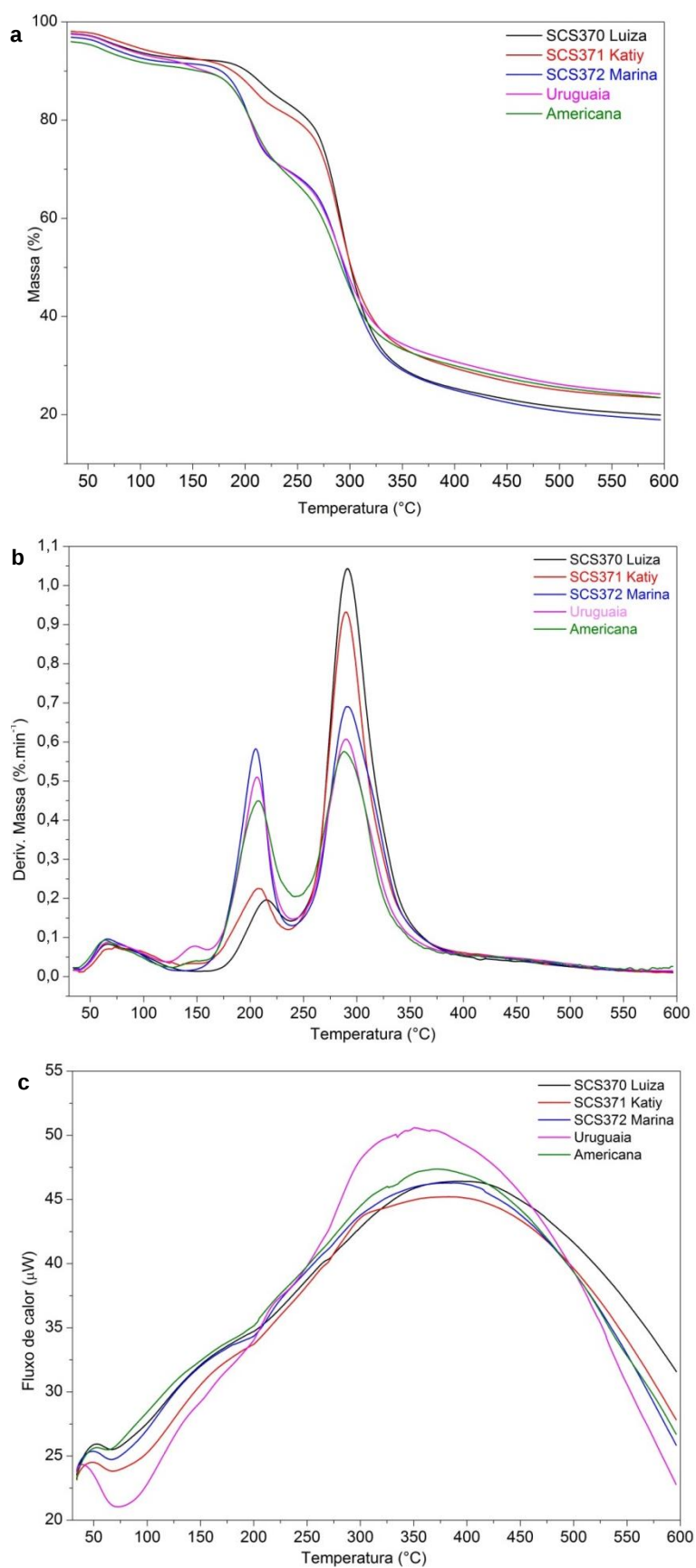


Figura 35 – Curvas da análise térmica para amostras de batatas-doces do LT2

Nota: (a) Análise Termogravimétrica; (b) Análise Térmica Diferencial; (b) Calorimetria Diferencial Exploratória.

O segundo estágio de perda de massa demonstra diferenças quanto a estabilidade térmica de cada batata-doce. Há certas diferenças quanto ao ponto *onset*, porém todas com *endset* em 250 °C.

A amostra cv. SCS370 Luiza LT2 demonstrou menor perda de massa neste estágio quando comparada com seu LT1, exibindo o ponto de temperatura *onset* mais alto em comparação as demais amostras. Esta diferença pode caracterizar uma diferença que pode ocorrer em amostras de diferentes períodos de colheita, como é o caso de nosso estudo.

A amostra cv. SCS371 Katiy lote dois também apresentou baixa porcentagem para perda de massa no segundo estágio, com valor equivalente ao lote um.

As amostras cv. SCS372 Marina LT2, Uruguaia LT2 e Americana Lt2 apresentaram as porcentagens de perda de massa e os picos de DTG relativamente aproximados. Destaca-se a maior de perda de massa da amostra cv. SCS372 Marina LT2 em relação ao LT1, e também o menor valor para o ponto *onset* da cv. Uruguaia.

A faixa de temperatura do terceiro estágio de perda de massa é similar para todas as amostras estudadas, com *onset* a 250 °C e *endset* a 375 °C. Neste intervalo, a amostra SCS370 Luiza lote dois apresentou a maior porcentagem de perda de massa, seguida por SCS372 Katiy e SCS372 Marina. Novamente as amostras cv. Uruguaia e cv. Americana apresentaram perdas similares.

O quarto estágio que ocorre entre 400 e 600 °C foi atribuído à degradação das amostras, com linhas DTG sobrepostas e perda de massa aproximada.

A Tabela 17 ilustra as porcentagens de perdas e os valores *onset* e *endset* para cada estágio térmico.

Tabela 17 – Perda de massa (%) das amostras de batatas-doces liofilizadas do lote 2

Δm	°C	LL2(%)	°C	KL2(%)	°C	ML2(%)	°C	UL2(%)	°C	AL2(%)
1	30-125	7,17	30-125	6,63	30-125	8,17	30-125	7,66	30-125	9,01
2	160-250	10,32	150-250	12,84	150-250	22,92	125-250	24,07	150-250	23,31
3	250-375	55,05	250-375	48,63	250-375	41,96	250-375	35,97	250-375	35,56
4	400-600	5,45	400-600	6,03	400-600	6,03	400-600	6,62	400-600	6,52

Δm : perda de massa; LL2: SCS370 Luiza LT2; KL2: SCS371 Katiy LT2; ML2: SCS372 Marina LT2; UL2: Uruguaia LT2; AL2: Americana LT2.

As curvas DSC (Figura 35-c) apresentaram certa similaridade entre as amostras, as quais a partir de 125 °C demonstram um aumento no fluxo de calor até 400 °C, com posterior queda até 600 °C.

Babu e colaboradores (2014) avaliaram as propriedades térmicas por Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC), de amostras de amido nativo de batata-doce e modificados com ácido orgânico e inorgânico sob a faixa de temperatura entre 10 e 125 °C, e comunicaram que o amido nativo apresentou o ponto *onset* mais alto (na faixa de 42,31 °C), porém os amidos hidrolisados apresentaram maior temperatura de pico *endset*.

Chen e Cui (2016) sintetizaram um catalisador sólido sensível ao processo de aquecimento por micro-ondas utilizando batata-doce como matéria prima, os quais avaliaram as propriedades físico-químicas por diversas técnicas instrumentais. Os autores avaliaram também as propriedades térmicas por Termogravimetria, da batata-doce *in natura*, antes de qualquer beneficiamento, os quais relataram dois estágios de perda de massa, sendo o primeiro entre 100 e 200 °C com perda de massa na ordem de 8,78%, em que o segundo estágio ocorreu entre 250 e 400 °C, em que houve perda de 56,61%. Estes dados são condizentes com os resultados observados para as amostras de batatas-doces avaliadas.

O tamanho do grânulo amiláceo, bem como o arranjo estrutural interno e superficial, pode apresentar relação com as características térmicas observadas para as amostras de batatas-doces avaliadas, pois o nível de cristalinidade deste tipo de amostra apresenta influência direta em sua estabilidade térmica (IONASHIRO, 2004).

5.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um aparelho que utiliza feixes de elétrons a partir de um cátodo, os quais são acelerados por um ânodo e focalizados em uma amostra. A incidência do feixe de elétrons interage com a amostra por meio de transmissão ou absorção, ocasionando perda de energia e gerando diversos elétrons.

A interpretação computacional dos sinais gerados pelos elétrons fornecem imagens tridimensionais da superfície topográfica da amostra, bem como sua estrutura e composição (VERNON-PARRY, 2000; DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Assim, as amostras liofilizadas foram submetidas à avaliação por microscopia eletrônica de varredura com ampliações que variaram entre 100 e 600 vezes.

As imagens obtidas são visualizadas nas Figuras 36, 37, 38 e 39 para as amostras de batatas-doces do primeiro lote, e Figuras 41, 42, 43, 44 e 45 para as amostras do segundo lote.

As micrografias revelaram que a constituição das cultivares de batatas-doces liofilizadas exibiu, em sua maioria, a forma de estruturas lamelares, provavelmente com o predomínio das formações dos polímeros de polissacarídeo envolvidos na matriz constituinte da polpa da batata-doce.

A amostra cv. SCS370 Luiza relevou uma estrutura estriada com profundos poros e aberturas o que pode ser interpretado como a presença de bolsões de água, os quais estavam congelados e foram expulsos durante o tratamento por liofilização. A micrografia ampliada em 300 vezes exibiu cadeias granulares de aparência redonda e ovóide.

Esta estrutura se assimilou com a amostra cv. SCS372 Marina, em que é possível perceber pelas imagens obtidas do corte longitudinal as estruturas laminares compostas pelo encadeamento polimérico, em que a superfície exhibe uma estrutura granular.

Neste caso, as estruturas demonstraram maior organização (micrografia ampliada 200 vezes), em que as unidades granulares aparentaram um aspecto de um sino, tendendo a polígonos (micrografia ampliada 400 vezes).

Estas estruturas granulares de aspecto poligonal, circular/ovóide ou até com aparência de sinos, são característicos para a fécula presente em tubérculos, e estão de acordo com diversas avaliações por micrografias envolvendo amostras batatas-doces (LEONEL, 2007; HERNÁNDEZ-MEDINA et al., 2008; GONÇALVES et al, 2009; XIAO et al.; 2009; ABEGUNDE et al., 2013; YUSSOF; UTRA; ALIAS; 2013; ZHENG et al, 2016).

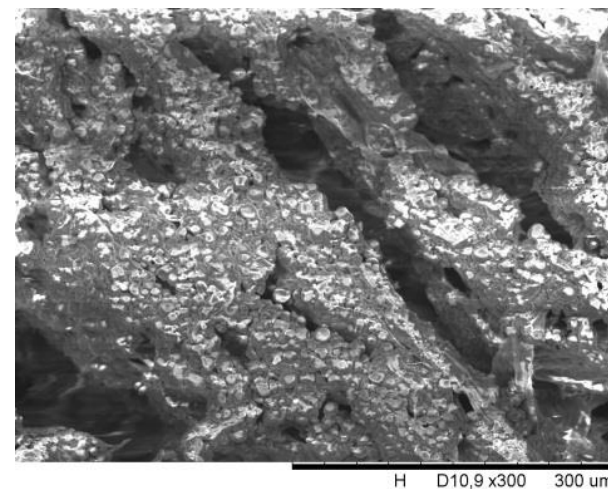
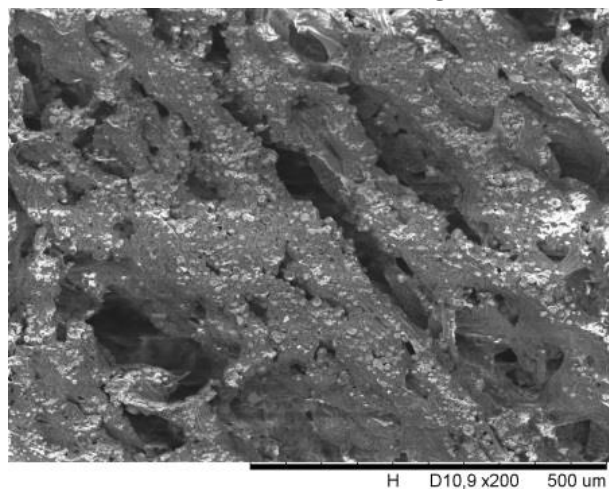
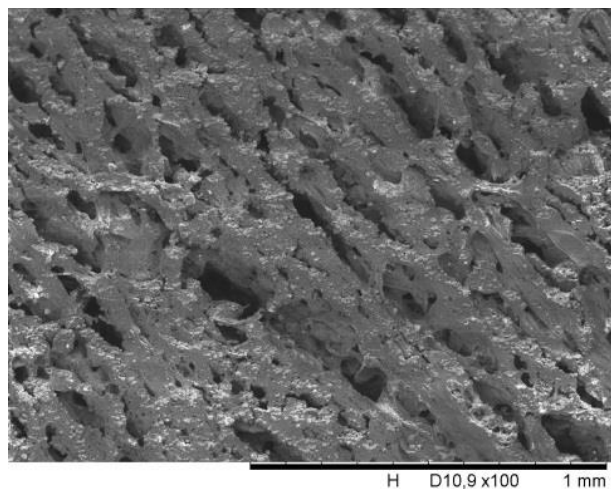
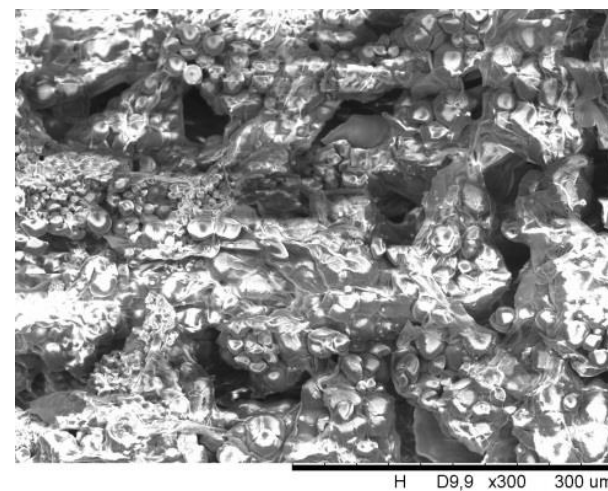
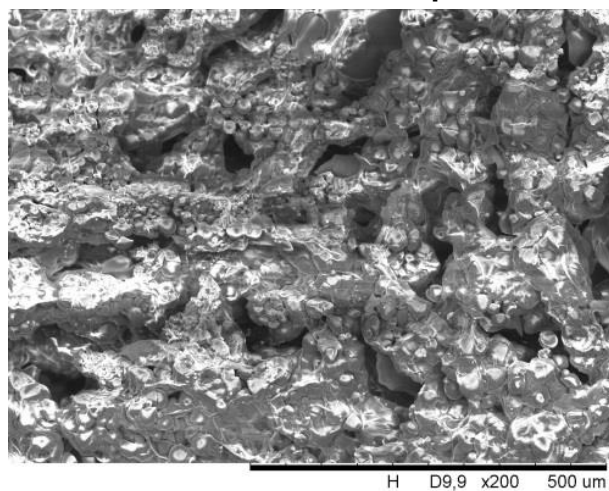
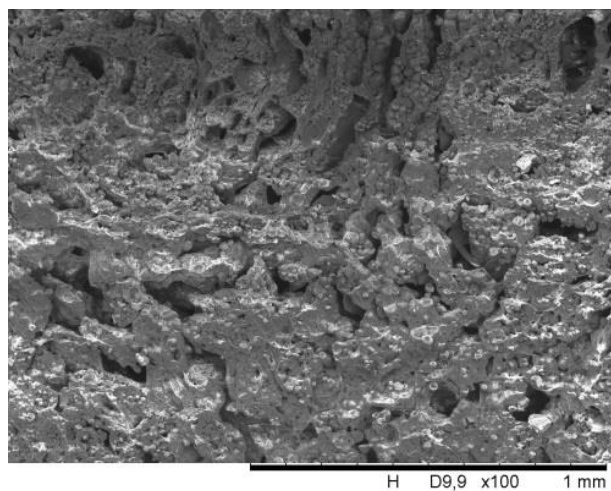
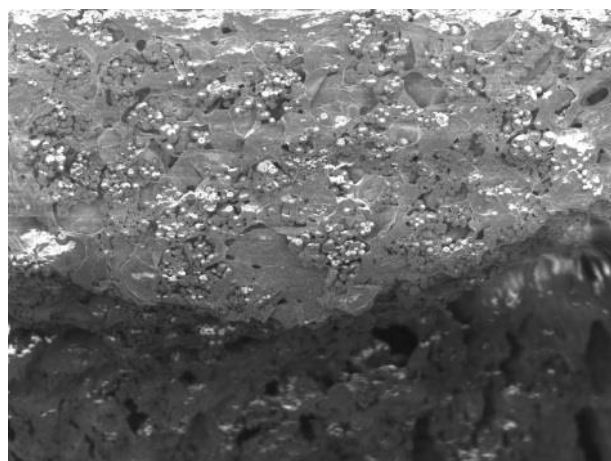
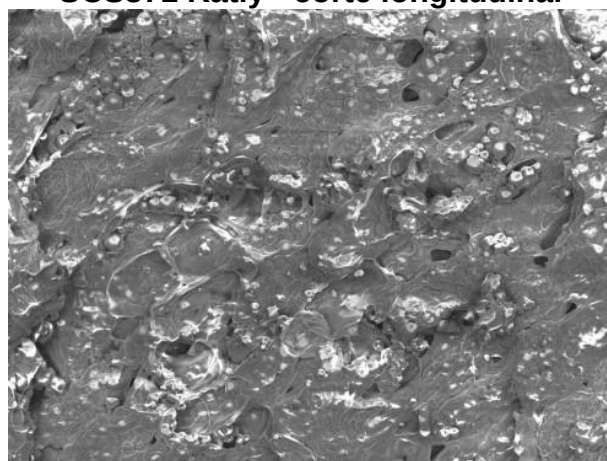
SCS370 Luiza - corte longitudinal**SCS370 Luiza - corte superficial**

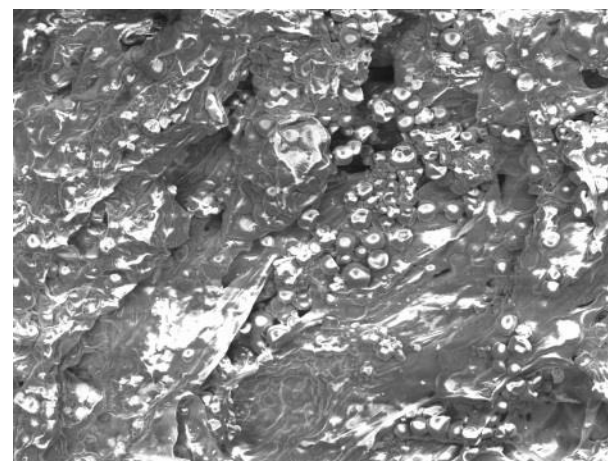
Figura 36 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS370 Luiza LT1: corte longitudinal e superficial

SCS371 Katiy - corte longitudinal

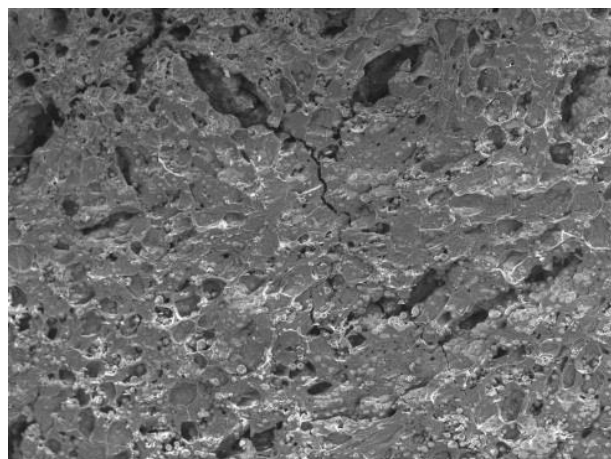
H D11,5 x100 1 mm



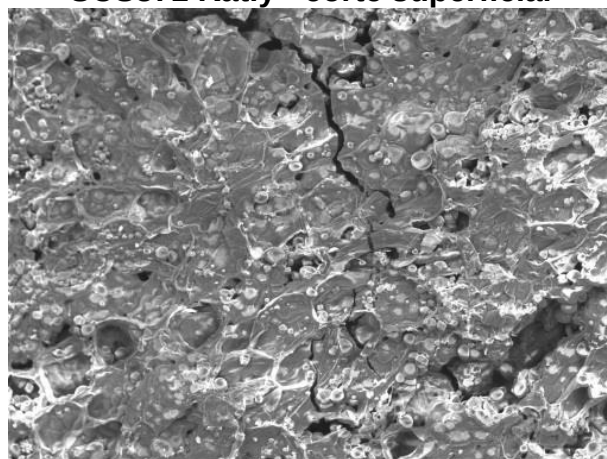
H D11,5 x200 500 um



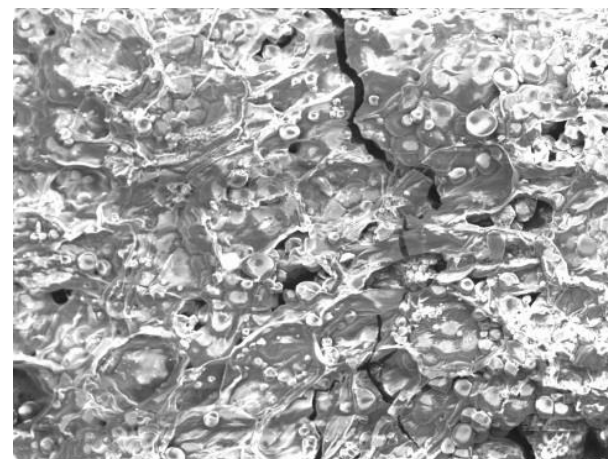
H D11,5 x300 300 um

SCS371 Katiy - corte superficial

H D7,5 x100 1 mm



H D7,5 x200 500 um



H D7,5 x300 300 um

Figura 37 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS371 Katiy LT1: corte longitudinal e superficial

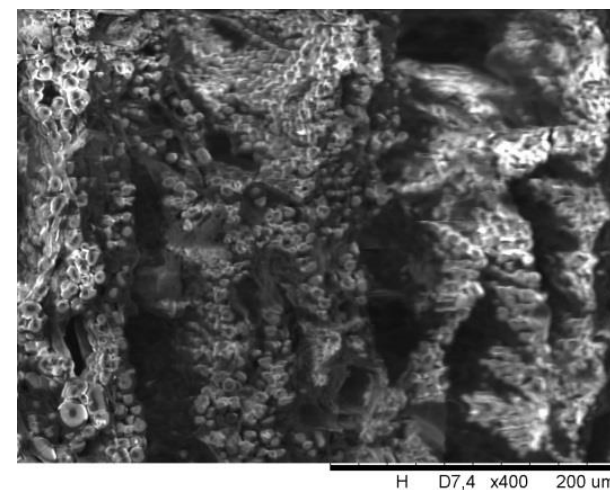
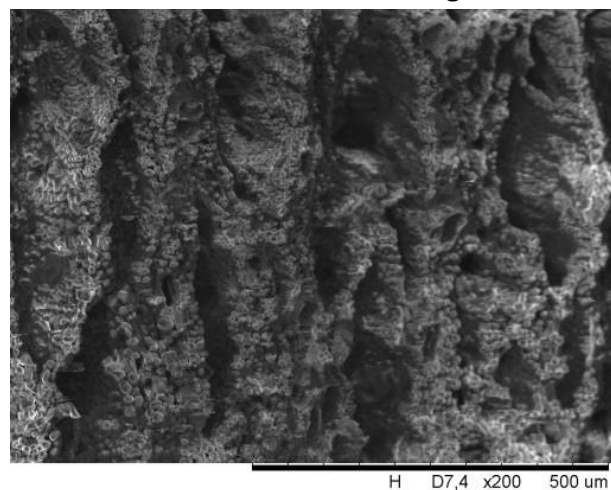
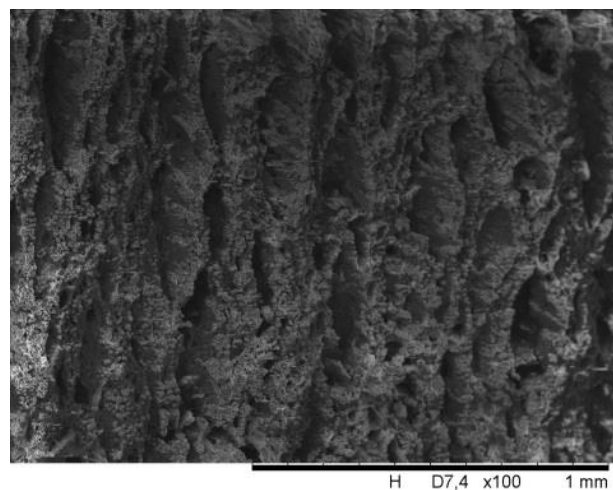
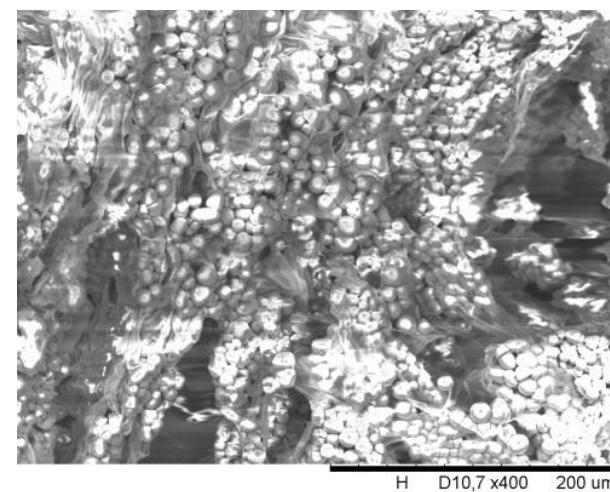
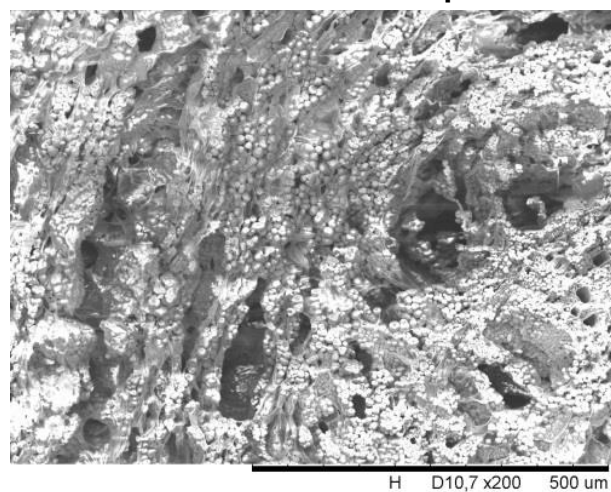
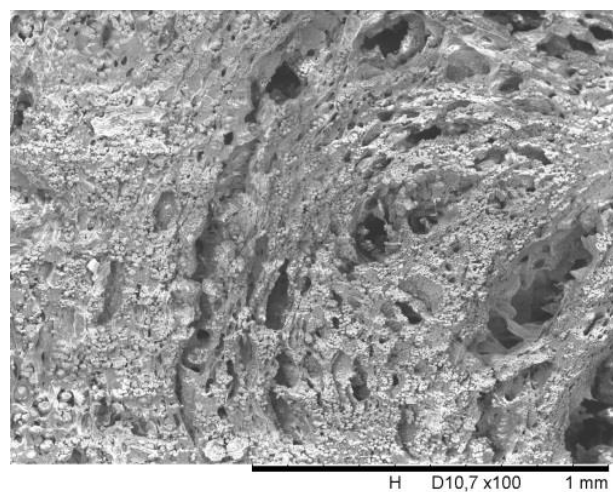
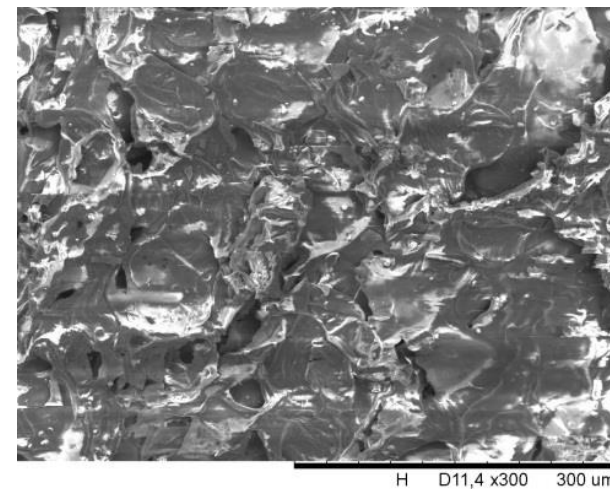
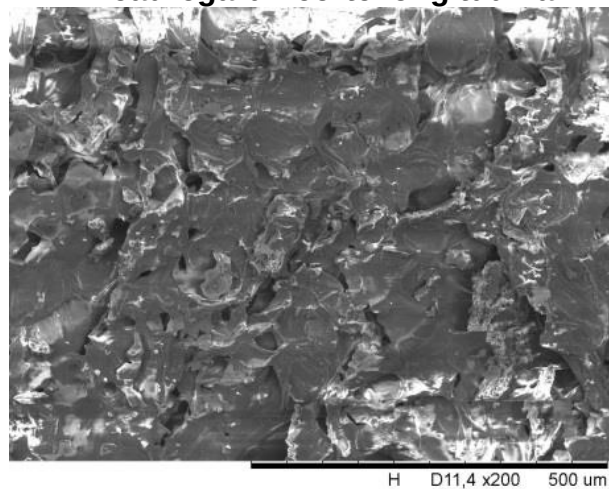
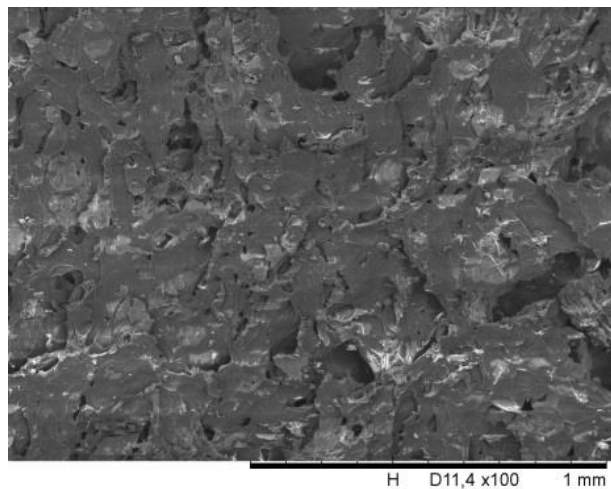
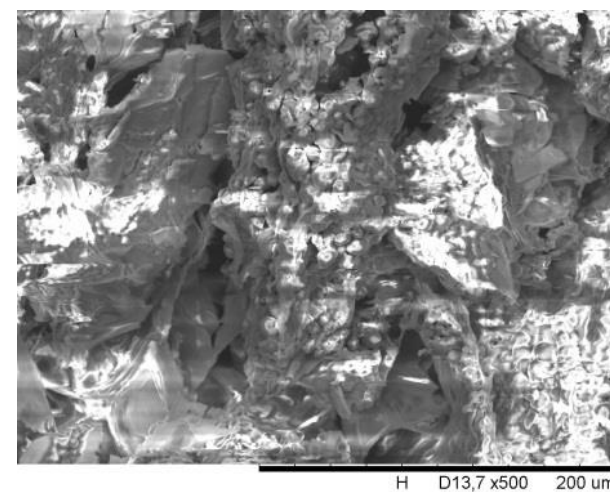
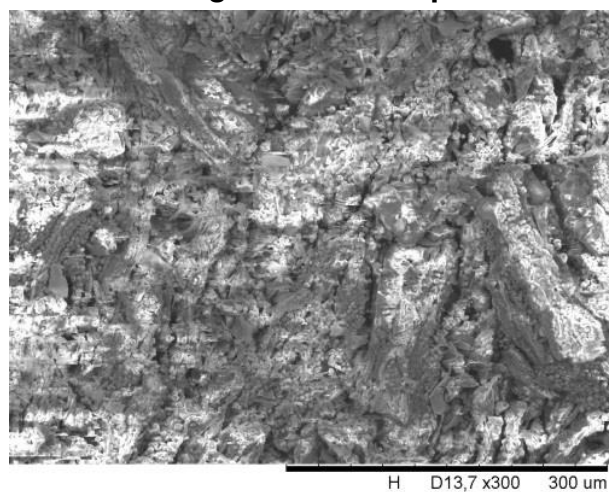
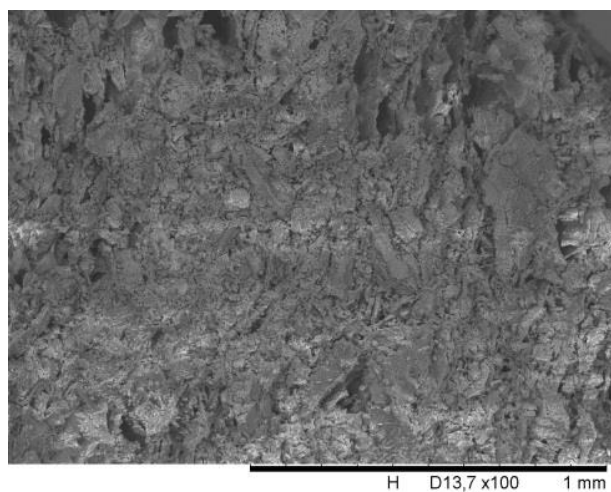
SCS372 Marina - corte longitudinal**SCS372 Marina - corte superficial**

Figura 38 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS372 Marina LT1: corte longitudinal e superficial

Beauregard - corte longitudinal**Beauregard - corte superficial****Figura 39 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. Beauregard LT1: corte longitudinal e superficial**

As micrografias laterais da amostra SCS371 Katiy revelaram o alto grau de compactação desta cultivar, cujas estruturas são mais fechadas e menos porosas, compostas por grânulos pequenos de maioria poligonal observados nas imagens superficiais. Esse alto grau de organização lamelar pode estar envolvido com maior presença de cadeias lineares na amilopectina, responsável pela cristalinidade e organização do amido (DENARDIN; SILVA, 2009). Este esquema estrutural também é observado nas micrografias da amostra cv. Beaugregard a qual aparenta ainda maior nível de organização, com grandes bolsões na lateral e pouca presença de grânulos na constituição aparente da fécula. Porém, nas imagens superficiais é possível observar a presença de grânulos grandes.

As lamelas observadas demonstraram uma organização com estruturas esféricas denominadas bloquetes, os quais podem variar em diâmetro e extensão dependendo do tipo de formação do amido (fécula) (GALLANT; BOUCHET; BALDWIN, 1992). Para melhor compreensão, o LT2 das amostras também foi micrografado. As porções avaliadas são exibidas na Figura 40.

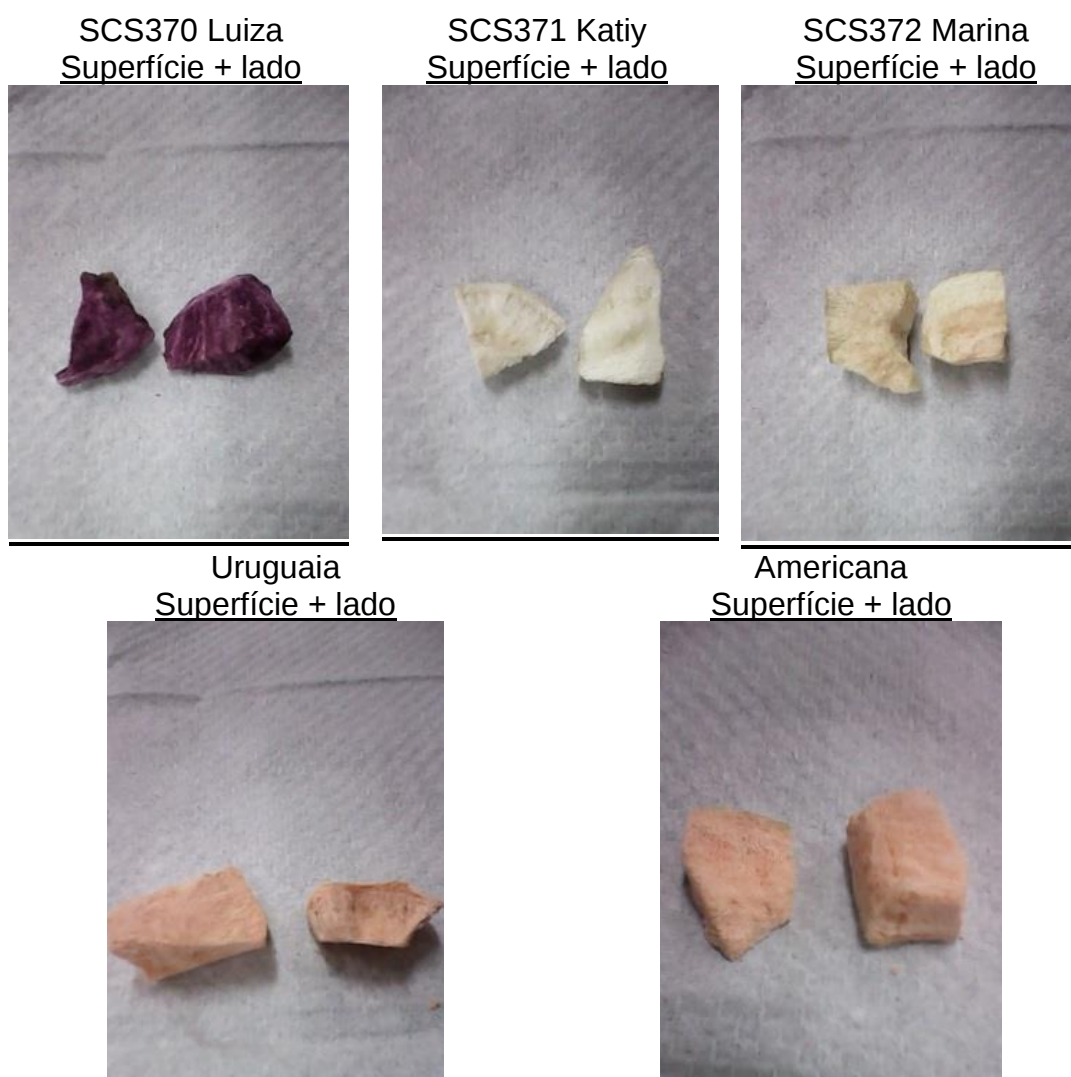
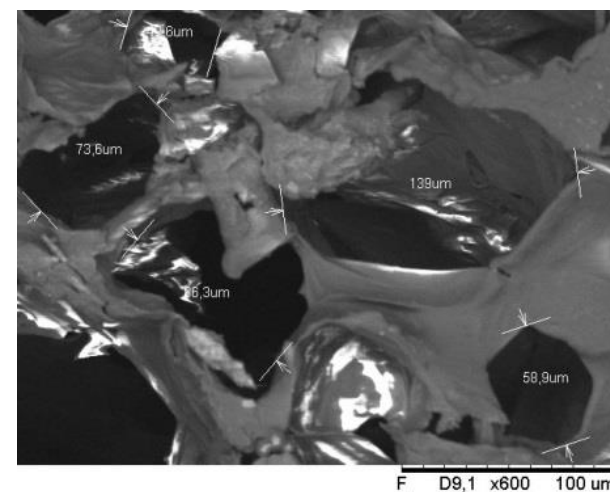
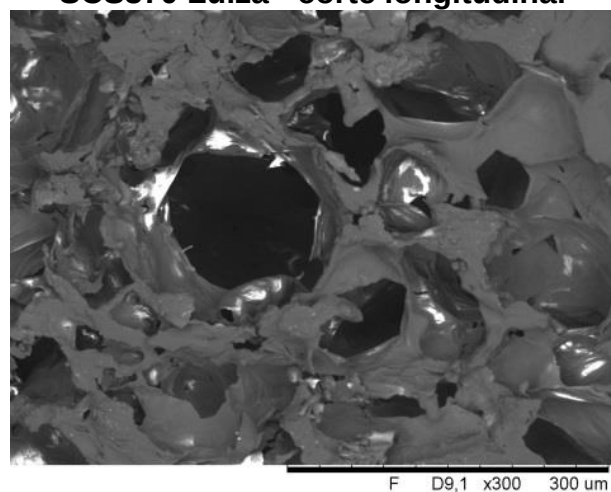
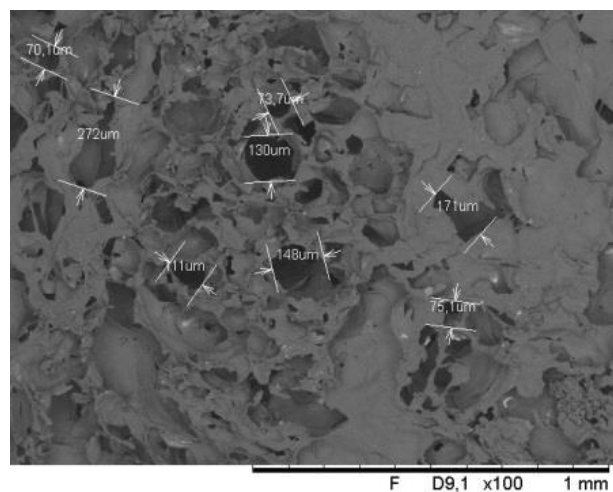


Figura 40 – Porções liofilizadas das amostras submetidas a análise no MEV (LT2)

SCS370 Luiza - corte longitudinal



SCS370 Luiza - corte superficial

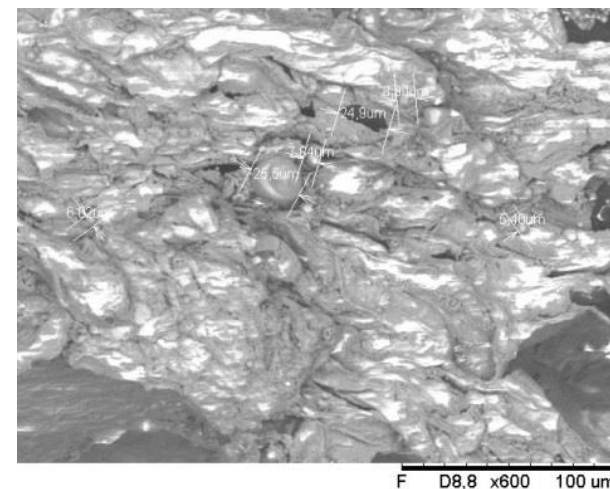
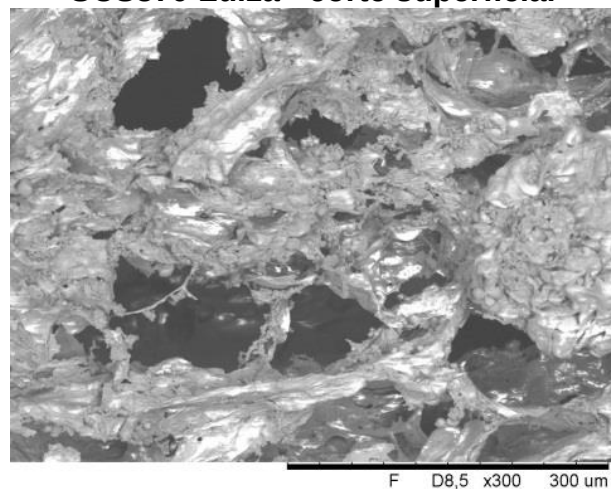
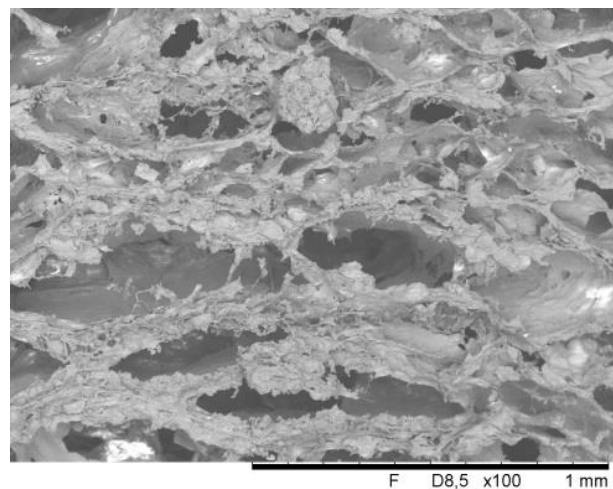
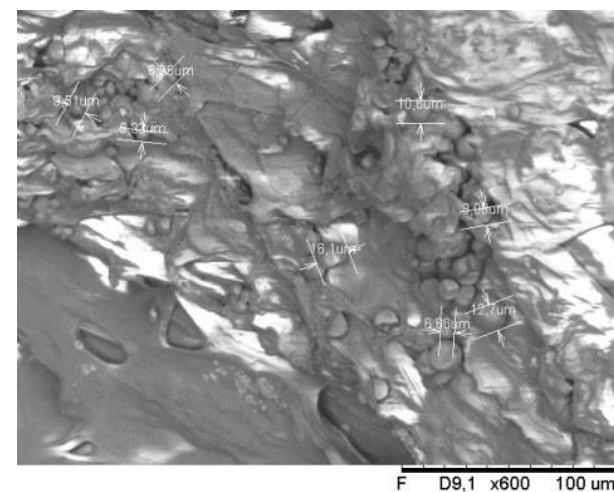
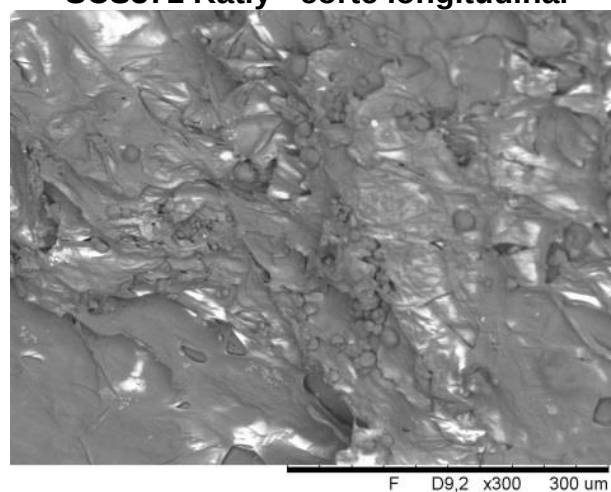
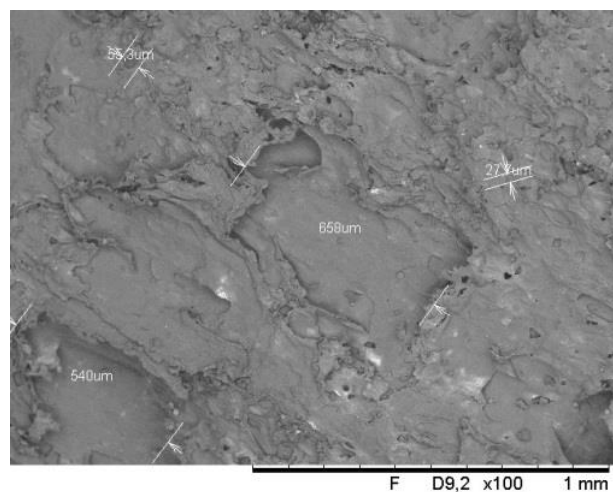


Figura 41 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS370 Luiza LT2: corte longitudinal e superficial

SCS371 Katiy - corte longitudinal



SCS371 Katiy - corte superficial

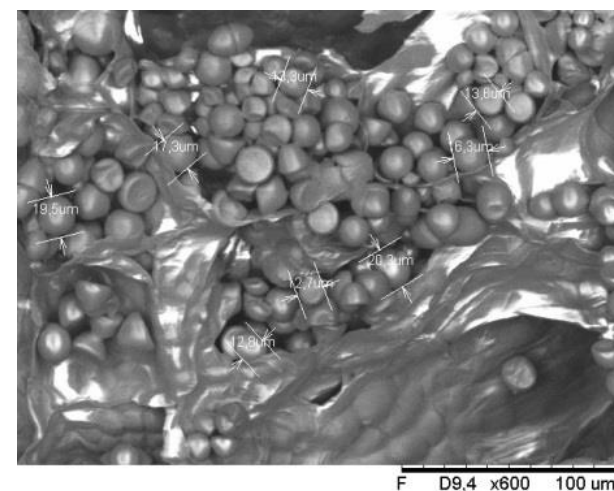
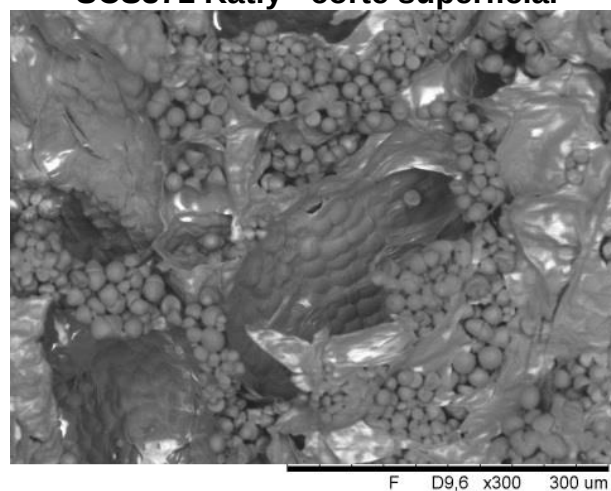
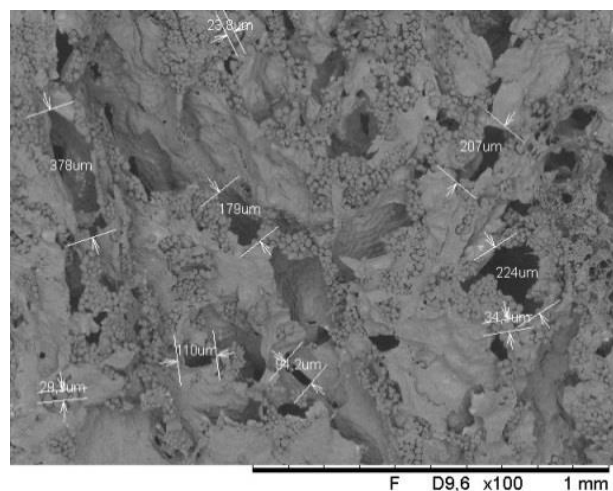
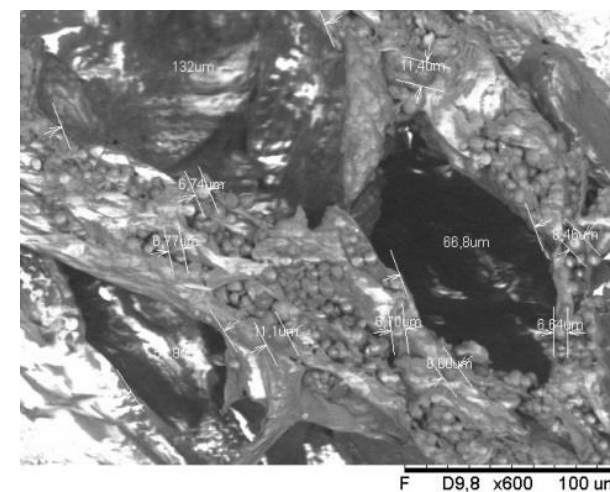
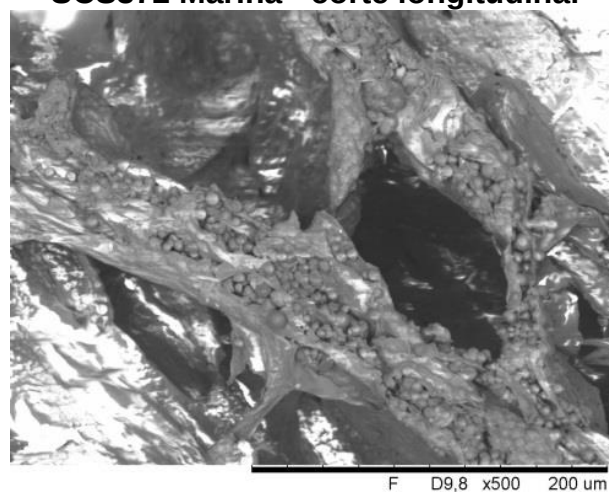
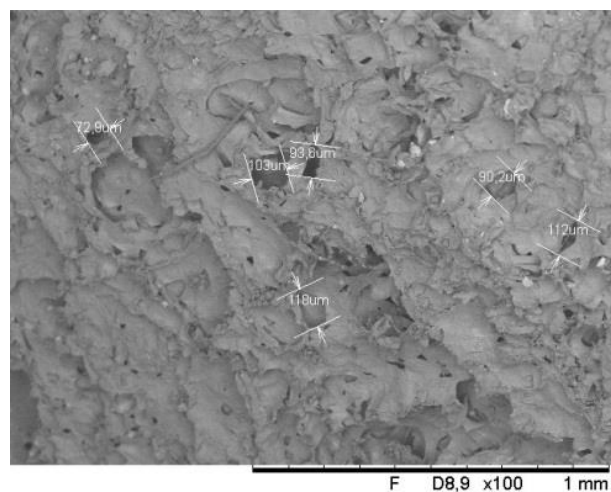


Figura 42 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS371 LT2: corte longitudinal e superficial

SCS372 Marina - corte longitudinal



SCS372 Marina - corte superficial

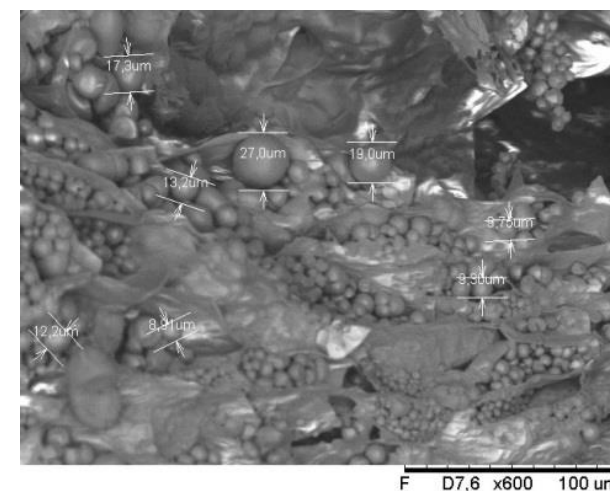
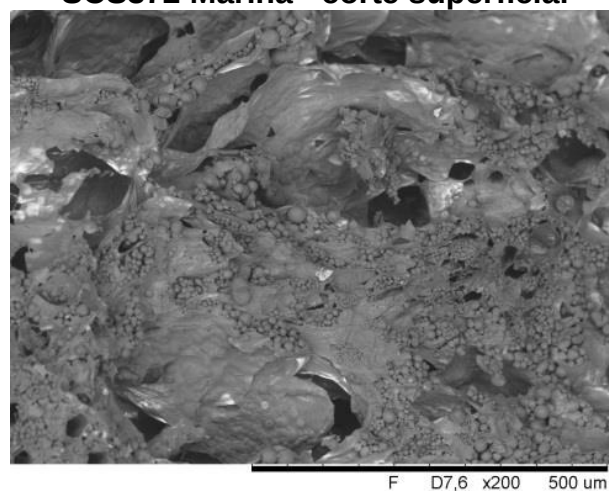
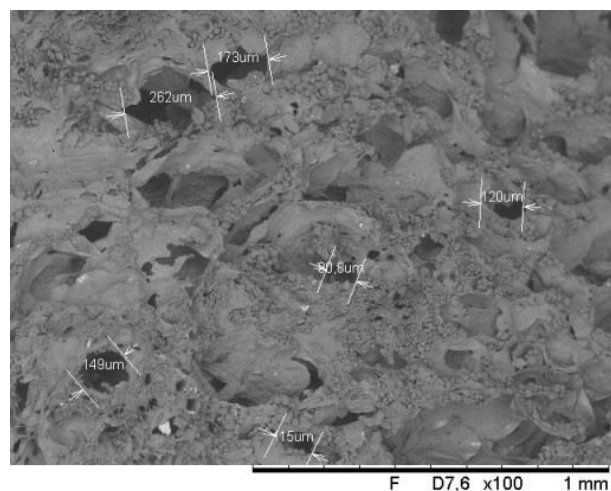
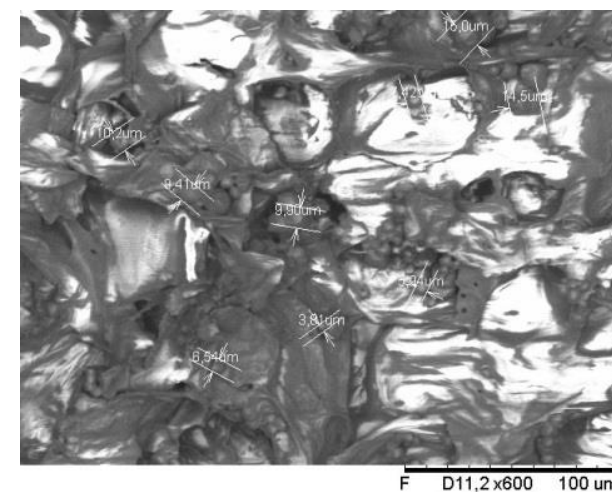
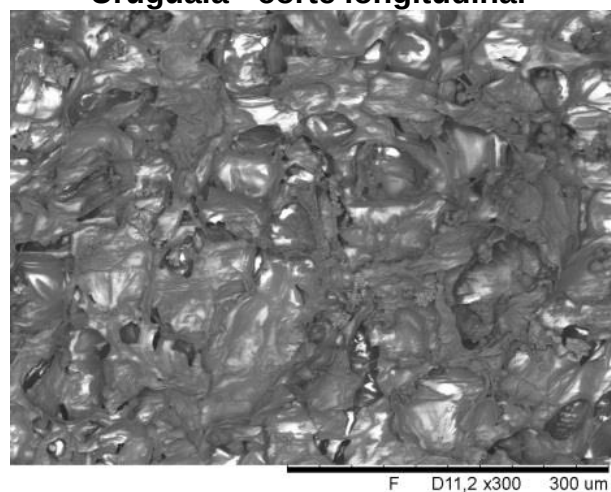
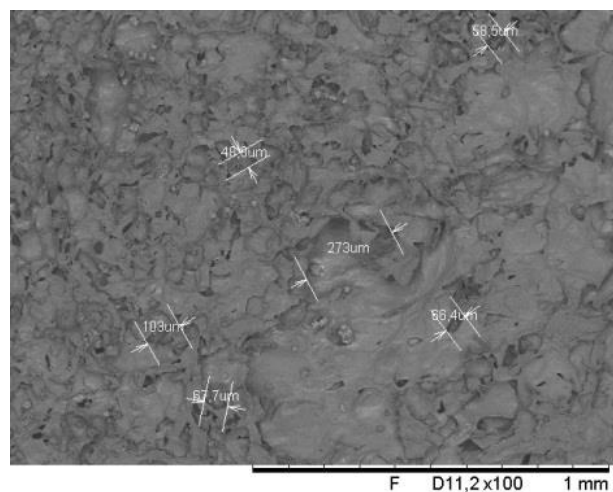


Figura 43 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. SCS372 Marina LT2: corte longitudinal e superficial

Uruguaia - corte longitudinal



Uruguaia - corte superficial

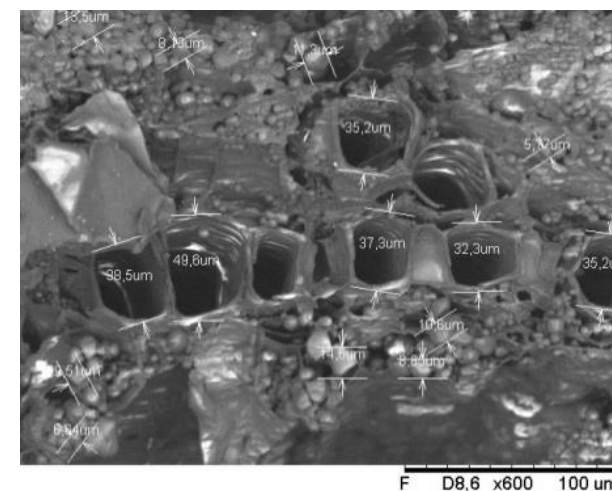
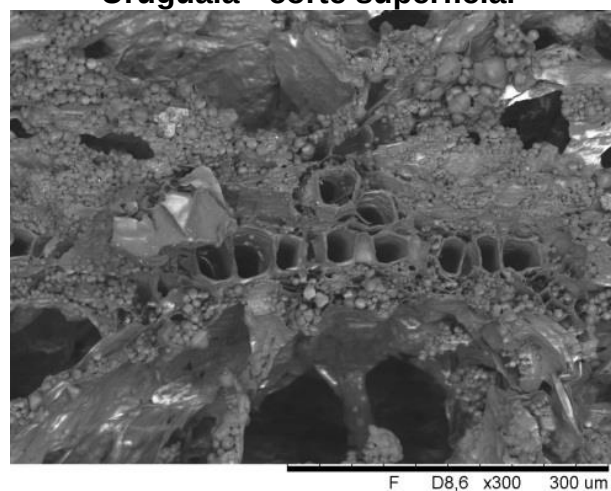
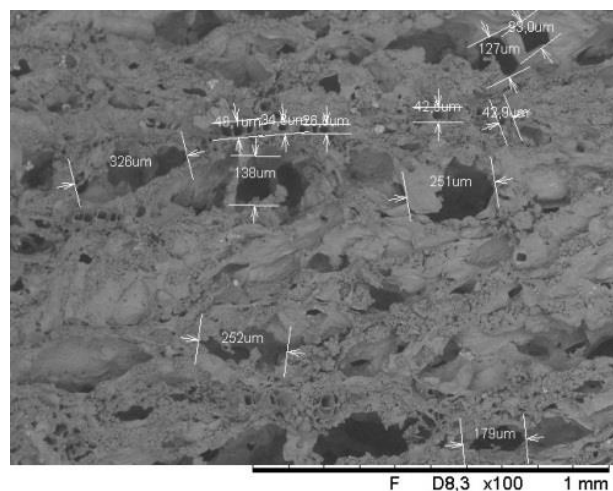
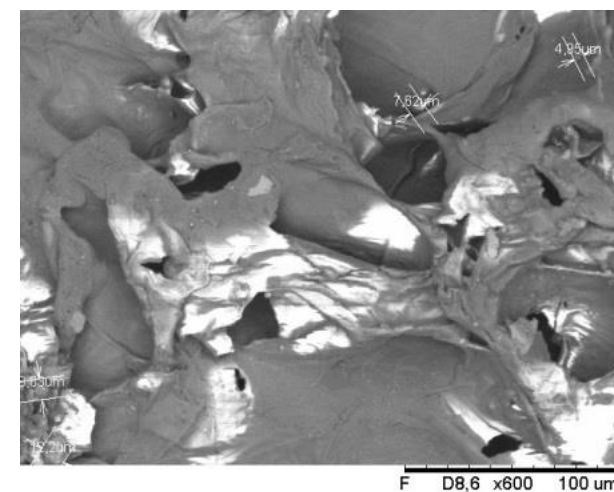
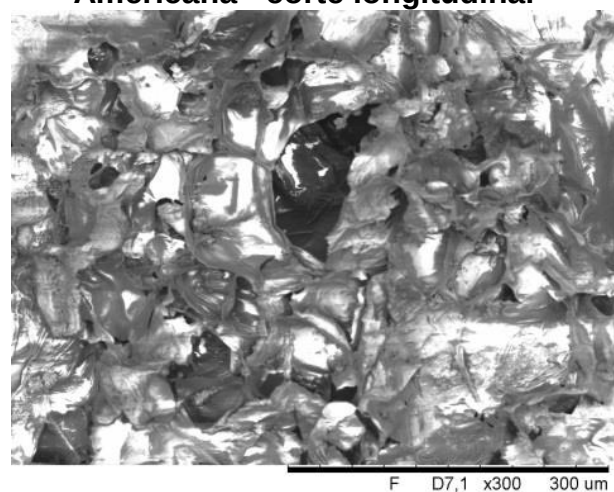
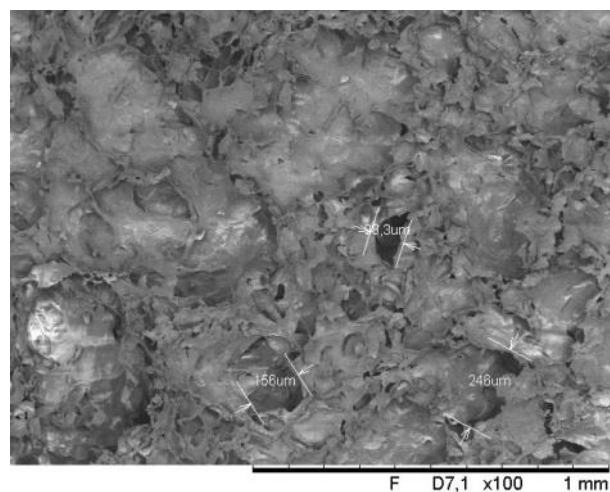


Figura 44 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. Uruguaia LT2: corte longitudinal e superficial

Americana - corte longitudinal



Americana - corte superficial

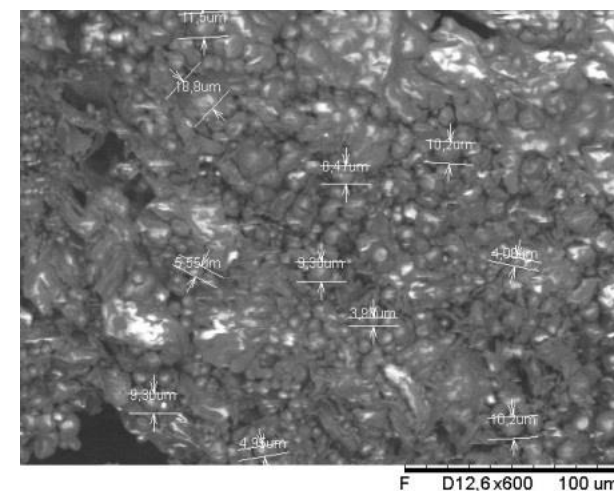
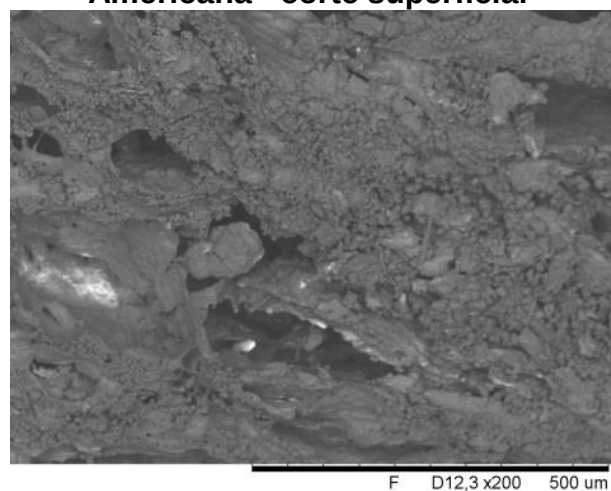
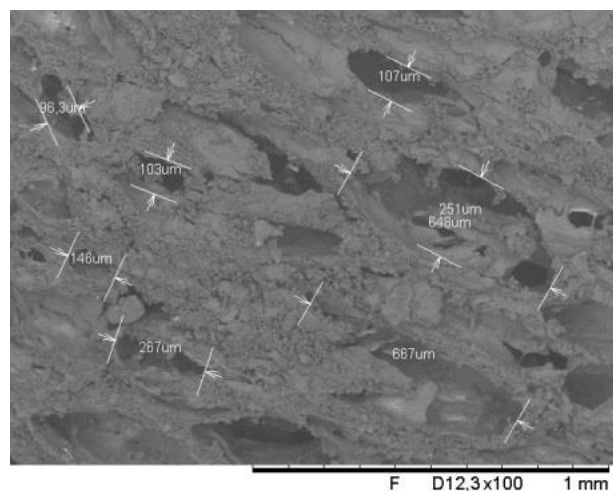


Figura 45 – Imagens por microscopia eletrônica de varredura da amostra liofilizada cv. Americana LT2: corte longitudinal e superficial

Os poros laterais observados nas micrografias da amostra cv. SCS370 Luiza LT2 são maiores e mais espaçosos dos que os observados em LT1, porém, a superfície estrutural parece apresentar maior união e menor formação de sulcos comparativamente ao LT1.

Zheng et al. (2016) analisaram amostras de batata-doce de polpa roxa (como é o caso da cv. SCS370 Luiza) com micrografias de amido nativo ampliado 500 vezes e demonstraram a presença de grânulos esféricos, em formato de sino, altamente organizados. Este arranjo pode coincidir com as imagens superficiais observadas a 600 vezes do LT2 da cv. SCS370 Luiza.

Nesta sequência, a amostra cv. SCS372 Marina exibiu estrutura mais compactada em comparação ao LT1, com aspecto de camadas, em que é possível perceber as estruturas granulares, de maioria esférica, empacotadas por um arranjo linear. Em sua superfície é possível observar os grânulos esféricos com média de tamanho de 14,58 μm .

Novamente a amostra cv. SCS371 Katiy exibe uma estrutura altamente compactada nas micrografias longitudinais (semelhante à amostra cv. Uruguaia), com poucos poros e um exterior aparentemente mais espesso. Nas imagens superficiais fica nítida a presença de pequenos poros com tamanho variando entre 94,2 μm a 378 μm , e grânulos altamente organizados, compactados e revestidos por uma armação linear. Neste caso, os grânulos aparentam o formato de sinos, empacotados e homogêneos, com tamanho médio de 15,72 μm , variando entre 12,70 μm e 20,30 μm .

Este tamanho médio observado está de acordo com Zheng e colaboradores (2015), os quais avaliaram a micrografia de farinha de batatas-doces secas sob vácuo a 80 °C e observaram grânulos esféricos e elipsoides, de tamanho variando entre 5 e 20 μm .

A amostra cv. Uruguaia também demonstrou uma aparente compactação lateral verificado pelas imagens, onde se percebeu a formação dos bloquetes. Nas imagens superficiais foi verificada a presença dos grânulos de formatos distintos e de maioria poligonal, com a nítida formação de arestas.

Esta mesma amostra destacou-se pela organização singular, expressa pela presença de algumas estruturas de aparência quadrilátera, semelhantes a poros profundos. A imagem com ampliação de 600 vezes em uma dessas regiões exibiu

aberturas homogêneas e regulares, apresentando aberturas de tamanho entre 32,30 μm e 49,60 μm .

Já a amostra cv. Americana, em suas micrografias laterais, exibiu estruturas lamelares semelhantes às amostras cv. SCS372 Marina e Uruguiaia, porém, de menor organização estrutural. A ampliação em 600 vezes revelou uma superfície lamelar lisa com poucos grânulos.

As micrografias superficiais revelaram uma alta quantidade de grânulos, relativamente pequenos, com medidas entre 3,98 μm a 18,80 μm , sendo a maioria de formato poliédrico e esférico, com poros variando entre 96,30 μm e 667 μm , sendo estes maiores em relação às outras amostras de batatas-doces avaliadas.

5.8 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS NOVAS CULTIVARES DE BATATAS-DOCES

O controle da qualidade e a segurança dos alimentos que produzimos e consumimos são parâmetros de fundamental importância. Neste contexto, é de grande interesse estudos que busquem caracterizar a composição dos alimentos disponíveis no Brasil (UNICAMP, 2011).

A determinação de componentes químicos e físicos dos alimentos permite avaliar, sob a ótica nutricional, o que estamos consumindo, orientando também os processos envolvidos para obtenção, transformação e distribuição dos alimentos (WOJSLAW, 2012).

Deste modo, as amostras de batatas-doces nas condições *in natura* e liofilizadas, LT1 e LT2, foram utilizadas para a análise e avaliação de seus parâmetros físico-químicos de composição.

Os valores médios seguidos dos desvios calculados a partir das triplicatas analíticas, bem como as diferenças específicas apontadas por teste de Tukey, são apresentados na Tabela 18.

Cabe ressaltar que, todos os dados referentes à composição das amostras de batatas-doces foram corroborados e avaliados com o auxílio de técnicas de análise estatística de natureza paramétrica, as quais contribuíram para sua interpretação.

Tabela 18 – Caracterização físico-química das diferentes cultivares de batatas-doces

(continua)

Amostra	Porção*	Umidade %m/m $\bar{x} \pm \sigma$		Análises Aw* $\bar{x} \pm \sigma$		Cz* %m/m $\bar{x} \pm \sigma$	
		LT1*	LT2*	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	<i>In natura</i>	63,85±0,09 ^d	76,83±1,44 ^{abc}	0,94±0,00 ^d	0,98±0,00 ^a	1,19±0,04 ^a	0,05±0,01 ^c
	LF	2,69±0,18 ^{bc}	2,39±0,09 ^{cd}	0,06±0,01 ^c	0,06±0,02 ^c	3,11±0,20 ^{bc}	3,28±0,40 ^{bc}
SCS371 Katiy	<i>In natura</i>	65,03±0,39 ^d	74,62±4,92 ^{bc}	0,95±0,01 ^{cd}	0,97±0,00 ^a	1,11±0,05 ^a	0,03±0,00 ^c
	LF	2,11±0,08 ^d	2,21±0,17 ^d	0,07±0,02 ^c	0,08±0,02 ^{bc}	1,68±0,08 ^c	2,98±1,33 ^{bc}
SCS372 Marina	<i>In natura</i>	68,62±7,08 ^{cd}	80,79±2,51 ^{ab}	0,96±0,01 ^{bc}	0,97±0,00 ^a	0,91±0,04 ^b	0,04±0,00 ^c
	LF	2,92±0,16 ^{ab}	2,21±0,16 ^d	0,11±0,01 ^{ab}	0,09±0,01 ^{abc}	1,99±0,17 ^{bc}	3,79±1,51 ^{ab}
Beauregard	<i>In natura</i>	83,20±1,40 ^{ab}	N.O. **	0,97±0,01 ^{ab}	N.O.	0,83±0,04 ^b	N.O.
	LF	0,31±0,04 ^e	N.O.	0,12±0,01 ^a	N.O.	3,87±0,11 ^{ab}	N.O.
Uruguia	<i>In natura</i>	N.O.	83,93±0,04 ^a	N.O.	0,97±0,00 ^a	N.O.	0,05±0,01 ^c
	LF	N.O.	2,85±0,17 ^b	N.O.	0,08±0,01 ^{bc}	N.O.	5,78±0,53 ^a
Americana	<i>In natura</i>	N.O.	80,64±0,69 ^{ab}	N.O.	0,97±0,00 ^a	N.O.	0,04±0,00 ^c
	LF	N.O.	3,27±0,15 ^a	N.O.	0,08±0,01 ^{abc}	N.O.	3,78±0,04 ^{ab}

Tabela 18 – Caracterização físico-química das diferentes amostras de batatas-doces

(continuação)

Amostra	Porção	A.T.* %v/m $\bar{x} \pm \sigma$		Análises Aç.T.* g/100g $\bar{x} \pm \sigma$		Aç.R.* g/100g $\bar{x} \pm \sigma$	
		LT1	LT2	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	<i>In natura</i>	2,11±0,06 ^{cd}	1,88±0,16 ^{cd}	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
	LF	0,82±0,16 ^{de}	0,97±0,19 ^{ef}	20,65±1,55 ^{dc}	21,44±0,65 ^c	11,80±1,65 ^{ab}	11,47±2,34 ^{ab}
SCS371 Katiy	<i>In natura</i>	1,81±0,09 ^{de}	1,51±0,07 ^e	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
	LF	0,52±0,07 ^f	0,79±0,14 ^{ef}	16,99±0,44 ^e	17,87±0,07 ^{de}	13,10±2,33 ^a	13,95±1,85 ^a
SCS372 Marina	<i>In natura</i>	2,53±0,11 ^{ab}	2,12±0,23 ^{cd}	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
	LF	1,11±0,14 ^{cde}	1,38±0,05 ^{bc}	30,54±1,10 ^a	32,85±0,79 ^a	12,73±2,91 ^a	13,72±3,56 ^a
Beauregard	<i>In natura</i>	2,77±0,08 ^a	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
	LF	1,33±0,14 ^{bcd}	N.O.	27,43±1,35 ^b		12,15±3,32 ^{ab}	N.O.
Uruguaia	<i>In natura</i>	N.O.	2,21±0,08 ^{bc}	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
	LF	N.O.	1,48±0,09 ^b	N.O.	26,04±0,39 ^b	N.O.	12,19±3,54 ^{ab}
Americana	<i>In natura</i>	N.O.	2,48±0,09 ^{ab}	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
	LF	N.O.	1,86±0,09 ^a	N.O.	24,94±1,43 ^b	N.O.	5,15±0,17 ^b

Tabela 18 – Caracterização físico-química das diferentes amostras de batatas-doces

(conclusão)							
Amostra	Porção	Ptn.* mg.100g ⁻¹ $\bar{x} \pm \sigma$		Análises Lp.* mg.100g ⁻¹ $\bar{x} \pm \sigma$		Vt.C.* mg.100g ⁻¹ $\bar{x} \pm \sigma$	
		LT1	LT2	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	<i>In natura</i>	1,80±0,45 ^{ab}	1,55±0,69 ^{bc}	1,30±0,45 ^a	1,32±0,35 ^a	53,06±1,08 ^a	57,17±4,32 ^a
	LF	3,14±0,57 ^c	5,73± 1,10 ^b	0,77±0,42 ^a	0,80±0,36 ^a	66,93±3,23 ^a	69,78±2,20 ^a
SCS371 Katiy	<i>In natura</i>	0,49±0,21 ^c	0,62±0,69 ^{bc}	1,12±0,21 ^a	1,13±0,14 ^a	27,34±5,46 ^{bc}	31,27±3,32 ^b
	LF	3,92±0,38 ^c	3,58±0,53 ^c	0,63±0,19 ^a	0,53±0,32 ^a	34,90±5,60 ^c	32,20±2,51 ^c
SCS372 Marina	<i>In natura</i>	1,14±0,35 ^{bc}	0,66±0,42 ^{bc}	1,14±0,46 ^a	0,70±0,20 ^a	17,00±1,00 ^c	29,83±4,64 ^{bc}
	LF	3,74±0,30 ^c	3,37±0,64 ^c	0,44±0,08 ^a	0,94±0,50 ^a	31,18±3,11 ^c	29,85±2,58 ^c
Beauregard	<i>In natura</i>	1,67±0,26 ^{abc}	N.O.	1,18±0,03 ^a	N.O.	17,02±1,02 ^c	N.O.
	LF	3,95±0,09 ^c	N.O.	1,01±0,05 ^a	N.O.	27,11±3,33 ^c	N.O.
Uruguaia	<i>In natura</i>	N.O.	1,42±0,25 ^{bc}	N.O.	0,71±0,10 ^a	N.O.	50,39±9,23 ^a
	LF	N.O.	3,66±0,84 ^c	N.O.	0,49±0,08 ^a	N.O.	45,30±1,25 ^b
Americana	<i>In natura</i>	N.O.	2,80±0,18 ^a	N.O.	0,68±0,19 ^a	N.O.	57,08±5,36 ^a
	LF	N.O.	8,20±0,09 ^a	N.O.	0,54±0,21 ^a	N.O.	48,83±2,54 ^b

(*) Porção LF: liofilizada; LT1: lote1; LT2: lote 2; Aw: atividade de água; Cz: cinzas; A.T.: acidez titulável; Aç.T.: açúcares totais; Aç.R.: açúcares redutores; Ptn.: proteínas; LP.: lipídeos; Vt.C.: vitamina C; (**) amostra não obtida; letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre os lotes, e letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as cultivares, de acordo com o teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %.

Os dados de umidade das amostras de batatas-doces na condição *in natura* mostraram que a cv. Uruguaia apresentou o maior valor observado ($83,93 \pm 0,04$ %), não diferindo estatisticamente para com as amostras cv. Americana, Beauregard, SCS370 Marina LT2 e SCS370 Luiza LT2. O menor valor foi observado para a amostra SCS370 Luiza LT1 ($63,85 \pm 0,09$ %), não diferindo da cv. SCS371 Katiy LT1 e cv. SCS372 Marina LT1.

Das amostras liofilizadas a cv. Americana resultou com o maior valor para umidade ($3,27 \pm 0,15$ %), sendo estatisticamente semelhante à SCS372 Marina LT1, enquanto o menor valor ficou para cv. Beauregard ($0,31 \pm 0,04$ %), sendo que esta diferiu estatisticamente das demais amostras.

É possível observar que a atividade de água presente nas amostras de batatas-doces *in natura* é alta e próxima ao valor máximo 1,00 (WOJSLAW, 2012). O maior valor para atividade de água das amostras *in natura* foi atribuída à cv. SCS370 Luiza LT2 ($0,98 \pm 0,00$), a qual é estatisticamente semelhante a todas as amostras do LT2 e cv. Beauregard LT1. O menor valor é atribuído à cv. SCS371 Katiy LT1 ($0,95 \pm 0,01$).

Ao avaliar as amostras liofilizadas, foi possível perceber que o processo de liofilização reduziu drasticamente a atividade de água. O maior valor foi observado para a cv. Beauregard ($0,012 \pm 0,01$) seguido de cv. SCS372 Marina LT1 e LT2 ($0,11 \pm 0,01$ e $0,09 \pm 0,01$, respectivamente), e, cv. Americana ($0,08 \pm 0,01$), sendo todas semelhantes estatisticamente. A amostra cv. SCS370 Luiza LT1 ($0,06 \pm 0,01$) e LT2 ($0,06 \pm 0,02$) apresentaram os menores valores.

Os valores da análise de cinzas para as amostras *in natura* indicaram que a cv. SCS370 Luiza LT1 ($1,19 \pm 0,04$ %) apresentou o maior conteúdo, a qual é estatisticamente semelhante à cv. SCS371 Katiy LT1 ($1,11 \pm 0,05$ %). Os valores de cinzas das amostras cv. SCS372 Marina LT2 ($0,91 \pm 0,04$ %) e cv. Beauregard ($0,83 \pm 0,04$ %) são estatisticamente semelhantes entre si, sendo que o menor valor foi atribuído para cv. SCS371 Katiy ($0,03 \pm 0,00$ %) e não diferiu estatisticamente das cv. SCS370 Luiza LT2, Uruguaia, Americana e SCS372 Marina LT2.

No caso das amostras liofilizadas, a amostra cv. Uruguaia ($5,78 \pm 0,53$ %) apresentou o maior valor para cinzas, seguida de cv. Beauregard ($3,87 \pm 0,11$ %), SCS372 Marina LT2 ($3,79 \pm 1,51$ %) e Americana ($3,78 \pm 0,04$ %), sendo todas estatisticamente semelhantes entre si.

O menor resultado para cinzas entre amostras liofilizadas foi observado para cv. SCS371 Katiy LT1 ($1,68 \pm 0,08$ %), esta que não difere estatisticamente das amostras SCS372 Marina LT2 ($1,99 \pm 0,17$ %), SCS372 Katiy LT2 ($2,98 \pm 1,33$ %), SCS370 Luiza LT1 ($3,11 \pm 0,20$ %) e LT2 ($3,28 \pm 0,40$ %).

A avaliação dos valores de acidez titulável das amostras *in natura* indicou que a amostra de maior acidez foi cv. Beauregard ($2,77 \pm 0,08$ %), semelhante à cv. SCS370 Marina LT1 ($2,53 \pm 0,11$ %) e Americana ($2,48 \pm 0,09$ %), sendo que os menores teores de acidez são atribuídos a cv. SCS371 Katiy LT1 ($1,81 \pm 0,09$ %) e LT2 ($1,51 \pm 0,07$ %).

Já para as amostras liofilizadas, a cv. Americana ($1,86 \pm 0,09$) destacou-se com o maior teor de acidez, diferindo estatisticamente de todas as outras amostras. O processo de liofilização também impactou na variável acidez titulável, sendo que as batatas-doces *in natura* são mais ácidas do que as mesmas na condição de liofilizadas.

No caso das análises de açúcares totais e açúcares redutores há apenas valores para as amostras liofilizadas, pois, para estas análises, foi empregado o extrato (previamente descrito pelo item 4.4.1), preparado a partir das batatas-doces na condição de liofilizadas. A equação da reta e o coeficiente de correlação linear (R^2) utilizado para os cálculos de concentração foram: $y = 0,0018x + 0,0793$ ($R^2 = 0,9939$) para açúcares totais, e $y = 0,0007x - 0,0465$ ($R^2 = 0,9828$) para açúcares redutores.

Assim, a batata-doce cv. SCS372 Marina LT2 ($32,85 \pm 0,79$ %) e LT1 ($30,54 \pm 1,10$ %) apresentaram o maior teor para açúcares totais, diferindo estatisticamente das demais. As amostras cv. Beauregard ($26,04 \pm 0,39$ %), cv. Americana ($24,94 \pm 1,43$ %) e cv. Uruguaia ($26,04 \pm 0,39$ %) são estatisticamente semelhantes entre si, caracterizadas pela sua polpa de cor laranja (Tabela 4). O menor valor é atribuído à amostra cv. SCS371 Katiy LT1 ($16,99 \pm 0,44$ %).

Por outro lado, para os açúcares redutores, a amostra cv. SCS371 Katiy LT2 apresenta o maior valor ($13,95 \pm 1,85$ %), não diferindo estatisticamente para com o LT1 das cv. SCS370 Luiza, SCS372 Marina, Beauregard e Uruguaia. A amostra cv. Americana ($5,15 \pm 0,17$ %) apresentou o menor valor, diferindo estatisticamente das demais cultivares.

A avaliação dos dados de açúcares totais e redutores permitiu vislumbrar as diferenças individuais de cada amostra de batata-doce com relação à sua

organização estrutural amilácea (polímeros de glicose), previamente micrografados por MEV.

Já a análise dos valores de proteínas totais das batatas-doces *in natura* revelou que a amostra cv. Americana ($2,80 \pm 0,18$ %) dispõe do maior conteúdo, seguido da cv. SCS370 Luiza LT1 ($1,80 \pm 0,45$ %) e cv. Beauregard ($1,67 \pm 0,26$ %). Os menores valores observados para cv. Uruguaia ($1,42 \pm 0,25$ %), SCS370 Luiza LT2 ($1,80 \pm 0,45$ %), SCS371 Katiy LT2 ($0,62 \pm 0,69$ %) e SCS372 Marina LT1 ($1,14 \pm 0,35$ %) não diferem estatisticamente entre si. Os dados das amostras na condição liofilizadas confirmam novamente os maiores valores para as batatas-doces cv. Americana ($8,20 \pm 0,09$) e cv. SCS370 Luiza LT2 ($5,73 \pm 1,10$), em que as demais não apresentam diferenças estatísticas.

O baixo teor lipídico, próprio para raízes tuberosas, é equivalente para todas as amostras de batatas-doces avaliadas de acordo com ANOVA (Tabelas 19 e 20) e teste de Tukey (Tabela 18), seja na condição *in natura*, seja na condição liofilizada.

A batata-doce cv. SCS70 Luiza LT2 ($1,32 \pm 0,35$ %) e LT1 ($1,30 \pm 0,45$ %) apresentaram os maiores valores de lipídeos totais para as amostras *in natura*, assim como a amostra cv. Beauregard ($1,01 \pm 0,05$ %) resultou com o maior teor na avaliação das liofilizadas.

Considerando o conteúdo de vitamina C das amostras *in natura*, a batata-doce cv. SCS370 Luiza LT2 ($57,17 \pm 4,32$ mg.100g⁻¹) e LT1 ($53,06 \pm 1,08$ mg.100g⁻¹) apresentaram altos valores, assim como a cv. Americana ($57,08 \pm 5,36$ mg.100g⁻¹) e Uruguaia ($50,39 \pm 9,23$ mg.100g⁻¹), todas estatisticamente semelhantes. O mesmo ocorreu para estas amostras na condição liofilizada, com destaque para cv. SCS370 Luiza LT2 ($69,78 \pm 2,20$ mg.100g⁻¹).

A amostra cv. SCS371 Katiy *in natura* LT2 ($31,27 \pm 3,32$ mg.100g⁻¹) possui também bom teor para vitamina C, seguido da cv. SCS372 Marina LT2 ($29,83 \pm 4,64$ mg.100g⁻¹), as quais não diferiram estatisticamente para com seus lotes.

O conteúdo de vitamina C das amostras liofilizadas das batatas-doces cv. Americana ($48,83 \pm 2,54$ mg.100g⁻¹) e cv. Uruguaia ($45,30 \pm 1,25$ mg.100g⁻¹) são semelhantes entre si, assim como cv. SCS371 Katiy LT2 ($34,90 \pm 5,60$ mg.100g⁻¹), cv. SCS272 Marina LT1 ($31,18 \pm 3,11$ mg.100g⁻¹) e cv. Beauregard LT1 ($27,11 \pm 3,33$ mg.100g⁻¹).

Os dados da caracterização físico-química das amostras de batatas-doces na condição *in natura* e liofilizadas foram avaliados de acordo com métodos

estatísticos paramétricos. Os dados obtidos com o teste ANOVA paramétrico para as análises com as amostras *in natura* são exibidos na Tabela 19.

De acordo com a Tabela 19, apenas a variável de análise lipídeos totais não apresentou diferença significativa entre as cultivares do grupo *in natura*. Todas as demais variáveis dependentes apresentam diferenças significativas entre as cultivares.

Tabela 19 – Estatística univariada (ANOVA): análises físico-químicas das amostras de batatas-doces *in natura*

Variável Dependente	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F-calculado	p-valor
<u>Aw*</u>	8	0,0037	0,0005	26,0000	0,0000
Resíduo	18	0,0003	0,0000		
Total	26	0,0040			
<u>Acidez</u>	8	3,7219	0,4652	32,6730	0,0000
Resíduo	18	0,2563	0,0142		
Total	26	3,9782			
<u>Cinzas</u>	8	5,522275	0,081528	989,276	0,0000
Resíduo	18	0,014834	0,000824		
Total	26	6,537109			
<u>Umidade</u>	8	1438,4000	179,8000	18,9800	0,0000
Resíduo	18	170,5000	9,5000		
Total	26	1609,0000			
<u>Proteínas</u>	8	10,9834	1,3729	7,4598	0,0002
Resíduo	18	3,3128	0,1840		
Total	26	14,2962			
<u>Lipídeos</u>	8	1,6237	0,2030	2,6431	0,0514
Resíduo	18	1,3822	0,0768		
Total	26	3,0059			
<u>Vitamina C</u>	8	6655,6400	831,9600	37,7760	0,0000
Resíduo	18	396,4200	22,0200		
Total	26	7052,0600			

(*) Aw: atividade de água; valores de $p < 0,05$ indicam diferença significativa entre as análises pelo teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %.

O teste MANOVA avaliou as diferença existente para os grupos de análise, identificando o peso de cada grupo no conjunto de dados observados.

Os resultados do teste MANOVA para o conjunto de dados *in natura* foi previamente apresentado (Tabela 8). O teste indicou que os grupos avaliados apresentaram diferenças estatisticamente significativas ao intervalo de confiança de 95 %.

Os dados obtidos com o teste paramétrico de ANOVA, empregado para avaliação dos resultados das análises físico-químicas das amostras de batatas-doces na condição liofilizada, são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Estatística univariada (ANOVA): análises físico-químicas das amostras de batatas-doces liofilizadas

Variável Dependente	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F-calculado	p-valor
<u>Aw*</u>	8	0,0111	0,0014	6,9159	0,0003
Resíduo	18	0,0036	0,0002		
Total	26	0,0147			
<u>Acidez</u>	8	4,0674	0,5084	32,0029	0,0000
Resíduo	18	0,2860	0,0159		
Total	26	4,3534			
<u>Cinzas</u>	8	34,0839	4,2605	8,3712	0,0001
Resíduo	18	9,1610	0,5089		
Total	26	43,2450			
<u>Umidade</u>	8	17,4751	2,1844	109,7928	0,0000
Resíduo	18	0,3581	0,0199		
Total	26	17,8332			
<u>Proteínas</u>	8	62,8179	7,8522	22,2122	0,0000
Resíduo	18	6,3632	0,3535		
Total	26	69,1811			
<u>Lipídeos</u>	8	1,0236	0,1280	1,5331	0,2143
Resíduo	18	1,5023	0,0835		
Total	26	2,5260			
<u>Vitamina C</u>	8	6229,6930	778,7116	79,3222	0,0000
Resíduo	18	176,7072	9,8171		
Total	26	6406,4003			
<u>Açúcares totais</u>	8	1252,3358	156,5420	158,5511	0,0000
Resíduo	18	17,7719	0,9873		
Total	26	1270,1077			
<u>Açúcares redutores</u>	8	191,6803	23,9600	3,4917	0,0131
Resíduo	18	123,5175	6,8621		
Total	26	315,1978			

(*) Aw: atividade de água; valores de $p < 0,05$ indicam diferença significativa entre as análises pelo teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %.

Inicialmente, todos os resultados foram verificados quanto à normalidade por testes de K-S, Lilliefors e Shapiro-Wilk. A distribuição das variâncias foi examinada por teste F-máximo, C de Cochran e Qui-quadrado.

Os dados para atividade de água, acidez titulável, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos totais, vitamina C, açúcares totais, açúcares redutores, cor (polpa liofilizada L^* , a^* , b^* , C^* , h° , X, Y Z), ABTS⁺ e FRAP, atenderam os requisitos necessários para avaliações de natureza paramétrica.

A Tabela 20 demonstra que, novamente, a variável de lipídeos totais não apresentou diferenças significativas entre os resultados de cada cultivar das batatas-doces avaliadas.

O teste de Tukey identificou as diferenças individuais entre as amostras de batatas-doces (*in natura* e liofilizadas), em função das análises físico-químicas (Tabela 18).

Os resultados do teste MANOVA para o conjunto de dados com as amostras liofilizadas foram anteriormente apresentados (Tabela 9).

Observou-se que o teor de lipídeos totais não apresentou diferenças significativas entre as amostras (Tabela 18), porém, as observações do grupo como um todo demonstraram possuir peso estatístico divergente dos demais grupos (Tabela 9).

Conforme os dados de composição centesimal disponíveis na Tabela TACO (UNICAMP, 2011), destacando-se os valores para batata-doce crua (Tabela 2), os valores obtidos em nosso estudo encontraram-se em conformidade, sendo alguns até superiores aos reportados por esta literatura.

Melo et al (2014) avaliaram a composição centesimal de batata-doce biofortificada nas condições *in natura* e cozidas, e comunicaram o aumento no valor de proteínas para as biofortificadas com $2,2 \text{ g.100g}^{-1}$ em comparação com amostra convencional ($1,0 \text{ g.100g}^{-1}$). Destaca-se o fato de que, na condição *in natura*, apenas a amostra cv. Americana apresentou valor superior para o conteúdo proteico com $2,8 \text{ g.100g}^{-1}$.

Júnior e colaboradores (2005) avaliaram a composição centesimal das raízes tuberosas de 8 tipos de cultivares de batatas-doces, cultivadas na cidade de Mossoró/RN e colhidas aos 120 dias do ciclo produtivo, os quais destacaram o alto teor encontrado para proteína bruta variando de 2,15 a 4,43 %.

Em comparação, apenas a amostra cv. Americana aqui estudada exibiu teor proteico na faixa relatada, enquanto as demais amostras foram cerca de 50 % inferiores.

Júnior et al. (2012) estudaram os aspectos qualitativos e as características produtivas de 10 clones de batatas-doces do banco de germoplasma da UFVJM sendo 2 cultivares comerciais, produzidas em Diamantina/MG e colhidas após 180 dias, os quais destacaram os altos teores encontrados para proteína bruta entre 3,9 – 4,2 %. Os resultados obtidos neste estudo para teor de proteínas totais são inferiores ao referido artigo, porém valores observados para teores de matéria seca e açúcares totais encontram-se de acordo.

Em geral, os valores observados para a composição centesimal das amostras de batatas-doces analisadas encontraram-se de acordo com outros trabalhos reportados em literatura.

Cabe destacar que as condições de cultivo, os insumos utilizados, bem como o clima, tipo de solo, o manejo empregado, o tempo de colheita e outros parâmetros atrelados à produção agrícola podem influenciar diretamente sobre os componentes físico-químicos da batata-doce.

5.8.1 Conteúdo mineral

Os minerais são elementos inorgânicos e estão presentes na maioria dos alimentos que consumimos, seja de origem vegetal ou animal, os quais desempenham importantes funções biológicas no organismo de seu consumidor (LASZTITY, 2009).

Estes elementos não são sintetizados pelo corpo, por isso sua ingestão diária é recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para a manutenção da saúde e o bom funcionamento do organismo.

Neste sentido, são necessárias pesquisas que busquem quantificar e analisar os minerais presentes nos alimentos de modo a contribuir para o estudo da nutrição humana, também no desenvolvimento de programas de combate a deficiência nutricional (WHO, 2004).

A Tabela 21 ilustra os valores obtidos para a análise dos minerais presentes nas amostras liofilizadas de batatas-doces.

Tabela 21 – Composição mineral resultante das novas cultivares de batatas-doces

Mineral	Amostras				IDR (mg/dia)
	SCS370 Luiza LT1* (mg.100g ⁻¹)	SCS371 Katiy LT1 (mg.100g ⁻¹)	SCS372 Marina LT1 (mg.100g ⁻¹)	Beauregard LT1 (mg.100g ⁻¹)	
Na	65,92	58,17	116,41	290,73	NE
K	1078,76	989,42	1037,25	1087,83	NE
Ca	164,12	144,53	18,71	277,56	1000
Mg	56,90	119,05	9,46	189,00	260
P	13,12	18,10	57,35	5,82	760
Cu	0,56	0,61	0,58	0,89	0,90
Fe	0,78	1,00	9,29	1,24	14
Zn	0,77	0,82	1,00	1,30	7
Mn	0,39	0,27	0,22	2,74	2,3
Co	<LD* (0,003)	<LD (0,003)	<LD (0,003)	<LD (0,003)	-
Cd	<LD (0,005)	<LD (0,005)	<LD (0,005)	<LD (0,005)	-
Cr	<LD (0,005)	<LD (0,005)	<LD (0,005)	<LD (0,005)	-
Pb	<LD (0,005)	<LD (0,005)	<LD (0,005)	<LD (0,005)	-

(*) LT1: Lote 1; IDR: ingestão diária recomendada; LD: limite de detecção; NE: não estabelecido pela RDC 269/2005.

De acordo com a Tabela 21, tratando-se primeiramente do conteúdo para os macrominerais Sódio (Na), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Fósforo (P), dos quais recomenda-se a ingestão diária superior a 100 mg (WHO, 2004), a batata-doce cv. Beauregard apresentou os maiores valores, sendo esta amostra superior para Na, K, Ca e Mg, seguindo a cv. SCS370 Luiza (polpa roxa) também com elevados teores de minerais.

No caso do P a amostra cv. SCS372 Marina possui o maior valor, a qual também se destacou em função do conteúdo de Na e K.

Para a avaliação do conteúdo dos microminerais Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cobalto (Co), destacou-se novamente a batata-doce cv. Beauregard, pois esta apresentou os maiores teores para Cu, Zn e Mn. Os menores teores para os microminerais foram observados para as amostras cv. SCS371 Katiy e cv. SCS370 Luiza.

Já a amostra cv. SCS372 Marina apresentou o maior conteúdo de Fe entre as amostras de batatas-doces avaliadas, demonstrando também bons teores para Zn e Cu.

Os menores teores para microminerais foram observados para as amostras cv. SCS371 Katiy e cv. SCS370 Luiza.

Em relação aos minerais Cádmio (Cd), Cromo (Cr) e Chumbo (Pb), os quais apresentam alta toxicidade para o organismo humano, sua identificação para todas as amostras de batatas-doces ficaram abaixo do limite de detecção do método realizado por espectrometria de absorção atômica.

Os resultados observados para a composição mineral das amostras de batatas-doces avaliadas foram superiores ao reportando pela Tabela TACO (UNICAMP, 2011).

Vizzotto et al. (2015) avaliaram a composição mineral 11 genótipos de batatas-doces de polpa colorida, os quais reportaram valores máximos para os macrominerais Ca ($44,78 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), Mg ($46,48 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), K ($830,02 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), P ($118,95 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), e também para os microminerais Cu ($0,75 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), Fe ($3,04 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), Zn ($1,00 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e Mn ($1,90 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$). O componente P foi superior aos resultados aqui obtidos, porém para os outros macrominerais, as amostras de batatas-doces analisadas apresentaram conteúdo maior, exceto para cv. SCS372 Marina nos minerais Ca e Mg.

Ukom, Ojimelukwe e Okpara (2009) determinaram a composição nutricional de 4 variedades de batatas-doces cultivadas na Nigéria, tratadas com diferentes níveis de aplicação de fertilizante nitrogenado, e publicaram resultados para os minerais P, K, Na, Ca, Mg. A maioria destes resultados ficaram abaixo dos valores obtidos em nosso trabalho, exceto para P, do qual apenas cv. SCS372 Marina apresentou valor superior.

Kim e Ryu (1995) estudaram os componentes nutricionais de dois tipos de batatas-doces, uma de polpa roxa e outra de polpa amarelo-claro, os quais comunicaram resultados para os minerais Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Cd, Co, e Al. Destes, tanto os macrominerais Na, K, Ca, e Mg como os microminerais Fe, Zn, Mn e Cu apresentam valores condizentes com os obtidos. Porém os minerais tóxicos avaliados Cd e Cr ficaram abaixo dos valores reportados por estes mesmos autores.

O manejo empregado no cultivo das plantas da batata-doce pode influenciar na qualidade nutricional e no conteúdo mineral das raízes tuberosas. A absorção e consequente conteúdo de minerais nas batatas-doces dependem das características da planta, das condições ambientais e do solo utilizado para sua produção (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; UKOM; OJIMELUKWE; OKPARA, 2009; RÓS; NARITA; HIRATA, 2014).

5.9 AVALIAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Alimentos que apresentam em sua composição substâncias bioativas possuem importante papel na proteção da saúde de seus consumidores. A ingestão de substâncias bioativas pode contribuir benéficamente para a manutenção de processos bioquímicos relativos ao organismo humano (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009; GUPTA; PRAKASH; GUPTA, 2013).

Algumas cultivares de batatas-doces possuem em sua composição compostos bioativos, principalmente as cultivares de polpa colorida as quais podem ser um ótimo alimento para seu consumidor (MANRIQUE; ROCA, 2007; DONADO-PESTANA, 2011; JAISWAL, 2016). A Tabela 22 destaca a quantificação resultante de fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas totais e carotenoides totais presentes nos extratos das amostras de batatas-doces liofilizadas.

Tabela 22 – Teores resultantes de fenólicos totais e flavonoides das amostras de batatas-doces

Amostras	Fenólicos totais (mgEAG.100g ⁻¹)		Flavonoides totais (mgCE.100g ⁻¹)	
	$\bar{x} \pm \sigma$		$\bar{x} \pm \sigma$	
	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	308,56±6,09 ^b	3311,10±57,17 ^a	50,68±0,33 ^{ab}	148,45±1,31 ^a
SCS371 Katiy	250,35±7,65 ^b	145,66±16,78 ^b	46,40±1,95 ^{bc}	2,54±0,04 ^{abc}
SCS372 Marina	160,17±0,88 ^b	580,14±12,37 ^b	13,74±0,13 ^{abc}	29,85±0,58 ^{abc}
Beauregard	177,40±4,95 ^b	N.O.*	7,61±1,43 ^{abc}	N.O.
Uruguaia	N.O.	555,05±25,39 ^b	N.O.	32,96±0,31 ^{abc}
Americana	N.O.	102,62±1,22 ^b	N.O.	2,18±0,10 ^{bc}

Letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre os lotes, e letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as cultivares, sendo que: letras destacadas em negrito estão de acordo com teste de Kruskal-Wallis e letras destacadas em itálico estão de acordo com teste Modelo Linear Generalizado (MLG); (*) amostra não obtida.

A curva padrão utilizada para quantificar a porção de fenólicos e flavonoides totais gerou uma equação linear de correlação, a qual associa o conteúdo da substância alvo (X) com sua absorbância espectral (Y). O coeficiente de linearidade (R²) avalia a intensidade da relação linear entre os valores obtidos.

Deste modo, as equações obtidas foram as seguintes: Fenólicos totais LT1 $y = 0,0261x - 0,0345$ (R² = 0,9920) e Fenólicos totais LT2 $y = 0,0245x + 0,0053$ (R² = 0,9911); e para Flavonoides totais LT1 $y = 115,55x + 0,0047$ (R² = 0,9996) e Flavonoides totais LT2 $y = 194,48x - 0,1235$ (R² = 0,9570).

A Tabela 23 ilustra os dados para a composição de antocianinas totais e carotenoides totais das amostras de batatas-doces.

Tabela 23 – Teores resultantes de antocianinas e carotenoides das amostras de batatas-doces

Amostras	Antocianinas Totais (mg.100g ⁻¹)		Carotenoides Totais (mg.100g ⁻¹)	
	$\bar{x} \pm \sigma$		$\bar{x} \pm \sigma$	
	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	20,17±2,32 ^b	155,30±6,48 ^a	1,37±0,08 ^b	1,29±0,22 ^b
SCS371 Katiy	6,17±0,00 ^b	2,95±0,44 ^b	0,88±0,21 ^b	0,63±0,06 ^b
SCS372 Marina	3,73±1,90 ^b	1,28±1,24 ^b	5,34±1,27 ^b	7,47±0,31 ^b
Beauregard	11,69±1,56 ^b	N.O.*	24,48±3,29 ^b	N.O.
Uruguaia	N.O.	4,11±1,11 ^b	N.O.	34,04±0,66 ^a
Americana	N.O.	2,57±1,18 ^b	N.O.	32,54±3,20 ^a

Letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre os lotes, e letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as cultivares, sendo que: letras destacadas em itálico estão de acordo com teste Modelo Linear Generalizado (MLG); (*) amostra não obtida.

A quantificação total dos compostos bioativos como antocianinas e carotenoides, presentes nos extratos, foram feitas de acordo com as equações previamente descritas nos itens 4.5.4 e 4.5.5, respectivamente.

Com relação aos teores de fenólicos totais, a amostra de polpa roxa cv. SCS370 Luiza LT2 e LT1 apresentaram os valores médios mais altos (3311,10 mg.100g⁻¹ e 308,56 mg.100g⁻¹, respectivamente) seguidos das amostras cv. SCS370 Marina LT2 (580,14 mg.100g⁻¹) e cv. Uruguaia (555,05 mg.100g⁻¹). A amostra cv. SCS371 Katiy, de polpa branca, também apresentou teores elevados para ambos os lotes.

Para flavonoides totais, novamente as amostras cv. SCS370 Luiza LT1 e LT2 (148,45 mg.100g⁻¹ e 50,68 mg.100g⁻¹, respectivamente), cv. SCS371 Katiy lote dois (46,40 mg.100g⁻¹) e cv. Uruguaia (32,96 mg.100g⁻¹) apresentam os maiores valores.

Na avaliação das antocianinas totais, os lotes da amostra SCS370 Luiza apresentam os maiores valores (155,30 mg.100g⁻¹ e 20,17 mg.100g⁻¹), confirmando a previsão devida sua polpa possuir cor roxa. A amostra cv. Beauregard também apresentou conteúdo para antocianinas totais (11,69 mg.100g⁻¹).

Su et al. (2016) caracterizaram as antocianinas presentes em amostras de batatas-doces, e também observaram conteúdo de antocianinas presente nas amostra Beauregard (polpa laranja) igual a 334 mg/Kg de matéria seca.

Considerando o conteúdo total de carotenoides, a amostra cv. Uruguaia exibiu o valor mais alto (34,04 mg.100g⁻¹), seguido da cv. Americana (32,54 mg.100g⁻¹) e cv. Beauregard (24,48 mg.100g⁻¹). Todas estas amostras são semelhantes quanto à cor da polpa (laranja).

A amostra cv. SCS372 Marina LT1 e LT2 também apresentou resultados satisfatórios quanto ao conteúdo de carotenoides totais (7,47 mg.100g⁻¹ e 5,34 mg.100g⁻¹), em que sua polpa exibiu coloração amarelo-alaranjado (Tabela 4)

Os valores discrepantes para o conteúdo de compostos bioativos observados entre os diferentes lotes de uma mesma cultivar de batata-doce podem estar relacionados com as diferenças de solo e do manejo de cultivo, bem como as circunstâncias ambientais de produção. Vale dizer que as condições de pós-colheita também podem influenciar na preservação e consequente conteúdo de compostos nas raízes das batatas-doces.

A avaliação estatística dos dados obtidos para as análises de compostos bioativos das amostras de batatas-doces do LT1 e LT2 identificaram que estas variáveis não apresentaram condições de normalidade (de acordo com K-S, Lilliefors e Shapiro-Wilk) ou homocedasticidade (conforme teste F-máximo, C de Cochran e Qui-quadrado) necessários para aplicação de testes de natureza paramétrica.

Assim, o teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para avaliar as observações independentes da variável flavonoides totais, no intuito de identificar se a mediana das amostras eram iguais ou se duas ou mais amostras apresentavam diferenças significativas entre si.

O teste de ANOVA por Kruskal-Wallis exibiu o valor de H= 25,7143, com 8 graus de liberdade e 27 observações para todas as 9 amostras de batatas-doces do LT1 e LT2, apresentando valor de p= 0,0012. A Tabela de ANOVA por Kruskal-Wallis para flavonoides totais, junto com os códigos de ranqueamento das amostras e suas observações é ilustrada no Apêndice L.

O valor total da mediana observado para as amostras foi de 30,10. Utilizou-se então o teste de Qui-quadrado para analisar a distribuição probabilística das medianas observadas, obtendo valor de 24,3297 com valor de p= 0,0020. Os dados do teste de mediana total são apresentados no Apêndice M. Uma vez que o valor de H= 25,7143 (teste de Kruskal-Wallis) foi superior a 24,3297 (teste de Qui-quadrado), foi adotada a hipótese de que as amostras apresentam algum tipo de diferença estatística.

A comparação múltipla das amostras gerou valores de z' , os quais indicaram as diferenças estatísticas intrínsecas entre as amostras observadas para os resultados obtidos na variável dependente flavonoides totais. Os valores de z' são apresentados no Apêndice N.

Para validar as diferenças indicadas pelos valores de z' , a Tabela 24 apresenta os resultados para o p-valor, corroborando as comparações múltiplas avaliadas. O teste apresentou p-valor= 0,0012, indicando que há diferenças significativas entre as amostras de batatas-doces para a variável dependente flavonoides totais.

Tabela 24 – Análise estatística Kruskal-Wallis resultante para flavonoides totais: p-valor

V.D. ^a	LL1*	KL1	ML1	BL1	LL2*	KL2	ML2	UL2	AL2
FLAV.	r:23,00	r:20,00	r:11,00	r:8,00	r:26,00	r:5,00	r:14,00	r:17,00	r:2,00
LL1									
KL1	1,000								
ML1	1,000	1,000							
BL1	0,743	1,000	1,000						
LL2	1,000	1,000	0,743	0,197					
KL2*	0,197	0,743	1,000	1,000	0,043*				
ML2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			
UL2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
AL2*	0,043*	0,197	1,000	1,000	0,008*	1,000	1,000	0,743	

(^a) V.D.: variável dependente; FLAV: flavonoides totais; * diferença significativa ao intervalo de confiança de 95 %.

De acordo com a Tabela 24, as amostras do LT1 e LT2 da batata-doce cv. SCS370 Luiza possuem diferença significativa para com a batata-doce cv. Americana, quanto ao conteúdo de flavonoides totais. Do mesmo modo, a amostra cv. SCS370 Luiza LT2 diferiu significativamente da cv. SCS371 Katiy LT2.

Entre as batatas-doces avaliadas estatisticamente, a cv. SCS370 Luiza revelou o conteúdo mais alto para flavonoides totais (Tabela 22).

Os dados das análises de fenólicos totais, antocianinas totais e carotenoides totais foram avaliados por teste de Kruskal-Wallis, porém seus resultados não foram satisfatórios. Por isso, para avaliação dos resultados destas variáveis, foi aplicado o teste estatístico MLG.

O teste de normalidade por Shapiro-Wilk, para a variável fenólicos totais, apresentou valor $W = 0,51$, com p-valor= 0,001, identificando a distribuição assimétrica das observações inerentes desta variável dependente.

Assim o modelo de distribuição Gama foi empregado para a modelagem probabilística da variável dependente fenólicos totais.

Os dados obtidos relacionados ao desvio residual do modelo utilizado são ilustrados na Tabela 25.

Tabela 25 – Desvio residual do ajuste Gama para MLG resultante da variável fenólicos totais

Desvio residual				
Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-0,1379	-0,0150	0,0000	0,0175	0,0804

Os valores observados na Tabela 25 indicam a disparidade contida no modelo Gama de dispersão, empregado no teste MLG para fenólicos totais. Esta disparidade observada se enquadra para o valor de dispersão do modelo Gama, que para a variável fenólicos totais é de 0,0020.

Este valor de ajuste permitiu afirmar que o modelo estatístico se enquadra nos limites da disparidade.

Desse modo, os resultados de fenólicos totais da amostra cv. SCS370 Luiza LT2 (Tabela 22) foram utilizados como padrão comparativo para com as demais amostras, sendo que as diferenças estatísticas significativas foram identificadas de acordo com o MLG aplicado.

A Tabela 26 apresenta os coeficientes amostrais, bem como suas estimativas, em conformidade com o MLG utilizado.

Tabela 26 – Modelo linear generalizado resultante para fenólicos totais

Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	t-valor	Pr(> t)
Intercept	8,10504	0,02610	310,50	<2e-16 ***
SCS370 Luiza L1	-2,37311	0,03692	-64,28	<2e-16 ***
SCS371 Katiy L1	-2,58216	0,03692	-69,95	<2e-16 ***
SCS372 Marina L1	-3,02881	0,03692	-82,05	<2e-16 ***
Beauregard L1	-2,92662	0,03692	-79,28	<2e-16 ***
SCS371 Katiy L2	-3,12375	0,03692	-84,62	<2e-16 ***
SCS372 Marina L2	-1,74177	0,03692	-47,18	<2e-16 ***
Uruguaia L2	-1,78598	0,03692	-48,38	<2e-16 ***
Americana L2	-3,47398	0,03692	-94,11	<2e-16 ***

Níveis de diferença significativa: 0,001***, 0,01**, 0,05*.

A significância das diferenças observadas para cada coeficiente em comparação com a amostra padrão são indicadas pelos valores parciais obtidos para o teste t ($\Pr(>|t|)$) (TURNER, 2008).

Foi avaliado que todas as amostras de batatas-doces apresentaram diferença significativa para seu conteúdo de fenólicos totais em comparação com os resultados obtidos pela amostra padrão (cv. SCS370 Luiza LT2) ao nível de confiabilidade de 99,99 %.

A Tabela 22 demonstrou que o conteúdo de fenólicos totais da amostra cv. SCS370 Luiza LT2 é demasiadamente superior em relação as outras cultivares de batatas-doces avaliadas.

Cabe ressaltar que, a respeito de sua polpa de cor roxa, esta mesma cultivar apresentou também o maior teor para flavonoides totais e antocianinas totais, corroborando assim o alto valor observado para a variável em questão (fenólicos totais).

O parâmetro de ajuste para o modelo estatístico utilizado foi de 0,0380, com 18 graus de liberdade ($n=27$).

Deste modo, o algoritmo escore de Fisher foi obtido de modo a estimar a máxima verossimilhança para este teste.

As interações de Fisher conceberam escore de nota 3, o que indicou boa estimativa para a avaliação dos dados amostrais em função da análise de fenólicos totais.

Foi elaborado o gráfico envelope com a banda de confiança, delimitando a dispersão dos valores residuais da distribuição utilizada (Gama), conforme o ajuste do teste MLG aplicado.

A Figura 46 apresenta o gráfico com envelope e a banda de confiança resultante da avaliação do ajuste dos dados de fenólicos totais das amostras de batatas-doces, o qual foi construído para avaliar o ajuste do modelo estatístico empregado em função das observações amostrais ($N=27$) inerentes à variável dependente.

Os critérios AIC e BIC foram empregados na estimativa da qualidade do modelo utilizado. O valor obtido para AIC foi de 230,80, e o valor para BIC foi de 243,76.

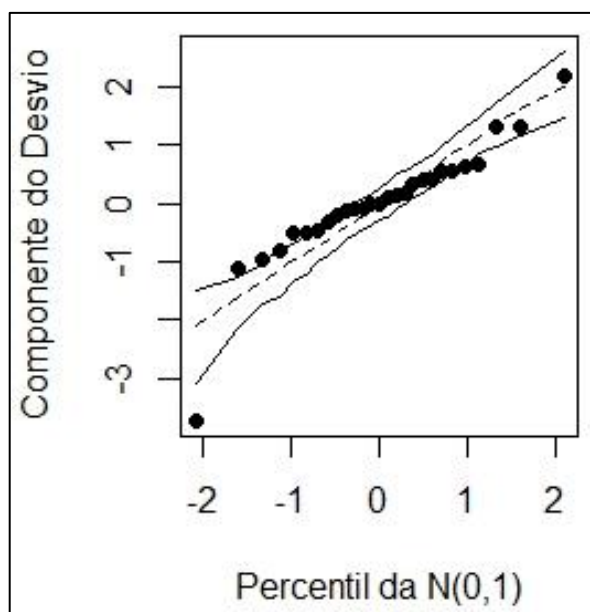


Figura 46 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: fenólicos totais
Fonte: O autor (2017).

Considera-se que os pontos relativos às medianas das amostras encontram-se em sua maioria dentro do envelope, porém alguns pontos representaram observações atípicas, as quais influenciaram para o valor 3 do escore de Fisher.

Os dados obtidos para a análise de antocianinas totais foram também ponderados de acordo com o teste MLG.

O teste de Shapiro-Wilk para esta variável dependente apresentou valor de $W = 0,47$, com $p\text{-valor} = 4 \times 10^{-9}$, demonstrando assim a ausência de normalidade para esta variável.

Assim, o modelo de distribuição Gama foi novamente utilizado para a modelagem probabilística dos dados.

A Tabela 27 apresenta os resultados obtidos para o desvio residual, do modelo aplicado aos dados de antocianinas totais.

Tabela 27 – Desvio residual do ajuste Gama para MLG da variável antocianinas totais

Desvio residual				
Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-1,0039	-0,1383	0,0000	0,1105	0,8462

A discrepância observada nos desvios residuais, pertinente ao modelo Gama de dispersão utilizado no MLG para antocianinas totais, são condizentes com o valor de dispersão, igual a 0,1699.

Considerou-se, portanto, que há o ajuste do modelo em função do desvio residual observado na Tabela 27.

As comparações dos dados da variável dependente antocianinas totais, avaliadas estatisticamente pelo modelo MLG (com distribuição Gama), utilizaram como padrão os resultados observados para a amostra cv. SCS370 Luiza LT2 (Tabela 23). Os coeficientes amostrais e suas estimativas são ilustrados na Tabela 28.

Tabela 28 – Modelo linear generalizado: antocianinas totais

Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	t-valor	Pr(> t)
Intercept	5,0454	0,2380	21,201	3,51e-14 ***
SCS370 Luiza L1	-2,0413	0,3365	-6,065	9,86e-06 ***
SCS371 Katiy L1	-3,2264	0,3365	-9,587	1,70e-08 ***
SCS372 Marina L1	-3,7303	0,3365	-11,084	1,79e-09 ***
Beauregard L1	-2,5867	0,3365	-7,686	4,31e-07 ***
SCS371 Katiy L2	-3,9621	0,3365	-11,773	6,86e-10 ***
SCS372 Marina L2	-4,7950	0,3365	-14,247	3,04e-11 ***
Uruguaia L2	-3,6318	0,3365	-10,791	2,73e-09 ***
Americana L2	-4,1018	0,3365	-12,188	3,93e-10 ***

Níveis de diferença significativa: 0,001***, 0,01**, 0,05*.

De acordo com as estimativas obtidas pelo teste t ($\text{Pr}(>|t|)$), todas as amostras avaliadas apresentaram diferenças estatísticas significativas ao nível de 99,99 % de confiança, relativas ao padrão comparativo para a análise de antocianinas totais.

Cabe ressaltar que todas as amostras foram comparadas aos resultados de cv. SCS370 Luiza LT2, a qual, de acordo com a Tabela 23, dispõe do maior conteúdo para antocianinas totais.

O valor de ajuste para o modelo apresentou, para este teste, o valor 3,353, com 18 graus de liberdade e 27 observações.

A estimativa de máxima verossimilhança para este teste foi avaliada em função do algoritmo escore de Fisher. Neste caso, o teste de escore gerou resultado 5, o que permite afirmar que houve excelente ajustamento da dispersão dos dados em função do teste MLG aplicado.

Com o intuito de observar a dispersão dos dados para a variável antocianinas totais, foi concebido o gráfico envelope com banda de confiança (Figura 47).

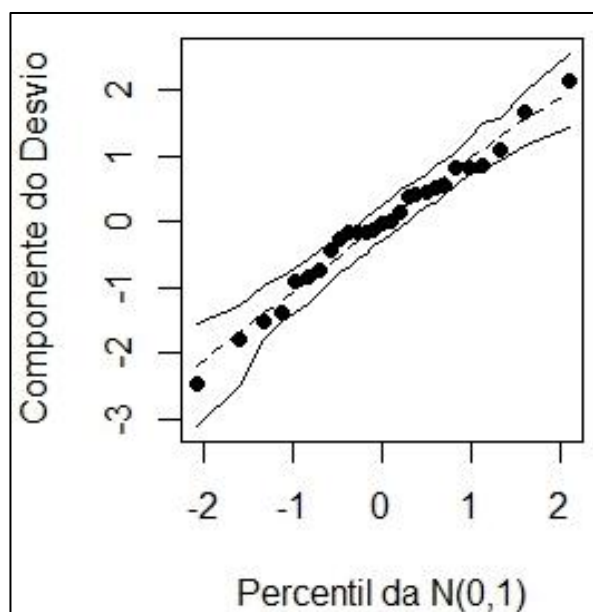


Figura 47 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: antocianinas totais
Fonte: O autor (2017).

A Figura 47 confirma o alto valor obtido pelo escore de Fisher, anteriormente avaliado. É possível verificar o excelente ajuste dos pontos (observações), os quais encontraram-se dentro do envelope (bandas de confiança), agrupados sob o alinhamento pontilhado.

É válido destacar que, para esta análise estatística, não há observações atípicas, considerando o modelo bem ajustado aos resultados obtidos para de antocianinas totais. Os valores para os critérios avaliativos AIC e BIC foram 141,50 e 154,46, respectivamente.

O teste MLG também foi aplicado para o estudo dos resultados da análise de carotenoides totais das amostras de batatas-doces.

O teste de normalidade (Shapiro-Wilk) aplicado para esta variável apresentou valor de $W = 0,75$, sendo o p-valor igual a 0,0123.

Assim, a variável dependente ponderada (carotenoides totais) apresentou falta de normalidade, demonstrando distribuição assimétrica das observações avaliadas.

Novamente, o modelo de distribuição Gama foi utilizado para a modelagem probabilística da variável dependente carotenoides totais.

A Tabela 29 apresenta os valores do desvio residual pertencente ao modelo estatístico utilizado.

Tabela 29 – Desvio residual do ajuste Gama para MLG resultante para carotenoides totais

Desvio residual				
Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-0,2864	-0,0673	-0,0040	0,0626	0,2499

A Tabela 29 dispõe os dados da discrepância contida no modelo Gama de dispersão para a variável dependente carotenoides totais. O parâmetro de dispersão, do modelo Gama, para esta variável, foi de 0,0205.

É possível, então, afirmar que o resultado do ajuste se integra aos limites da discrepância.

As diferenças significativas entre as amostras foram calculadas conforme o teste estatístico MLG. Neste caso, utilizou-se como padrão de comparação os dados de carotenoides totais da amostra cv. Uruguiaia, previamente apresentados na Tabela 23.

A Tabela 30 ilustra os coeficientes amostrais e as estimativas calculadas de acordo com o MLG aplicado.

Tabela 30 – Modelo linear generalizado resultante para carotenoides totais

Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	t-valor	Pr(> t)
Intercept	3,52764	0,08261	42,705	< 2e-16 ***
SCS370 Luiza L1	-3,20991	0,11682	-27,477	3,77e-16 ***
SCS371 Katiy L1	-3,65509	0,11682	-31,288	< 2e-16 ***
SCS372 Marina L1	-1,85241	0,11682	-15,857	5,07e-12 ***
Beauregard L1	-0,32971	0,11682	-2,822	0,0113 *
SCS371 Katiy L2	-3,98967	0,11682	-34,152	< 2e-16 ***
SCS372 Marina L2	-1,51703	0,11682	-12,986	1,40e-10 ***
Uruguiaia L2	-3,27328	0,11682	-28,019	2,67e-16 ***
Americana L2	-0,04514	0,11682	-0,386	0,7037

Níveis de diferença significativa: 0,001***, 0,01**, 0,05*.

De acordo com a Tabela 30, os valores parciais para o teste t ($\Pr(>|t|)$) demonstraram que nem todas as amostras possuem diferença significativa para carotenoides totais, em comparação com a amostra padrão (cv. Uruguaia).

A amostra cv. Americana não apresentou diferença estatística para o conteúdo de carotenoides totais em relação a cv. Uruguaia. Já amostra cv. Beauregard apresentou diferença ao nível de significância de 95 %.

Estas três amostras de batatas-doces possuem similaridade quanto a polpa de cor laranja (Tabela 4). As demais amostras, quando comparadas com Uruguaia, apresentaram diferença significativa para o conteúdo de carotenoides totais ao nível de significância de 99,99 %.

O valor de ajuste para o modelo estatístico foi igual a 0,3772, com 18 graus de liberdade ($N=27$). A máxima verossimilhança para este teste foi corroborada de acordo com o valor do teste escore de Fisher. Para este caso, foi obtido o escore 4, admitindo um ótimo ajuste para a avaliação dos dados estatísticos obtidos pelo MLG, ilustrados na Tabela 30.

Assim, foi gerado o gráfico de envelope com a banda de confiança, da dispersão dos valores para distribuição Gama.

A Figura 48 apresenta o gráfico com envelope de ajuste do modelo para os dados de carotenoides totais das amostras.

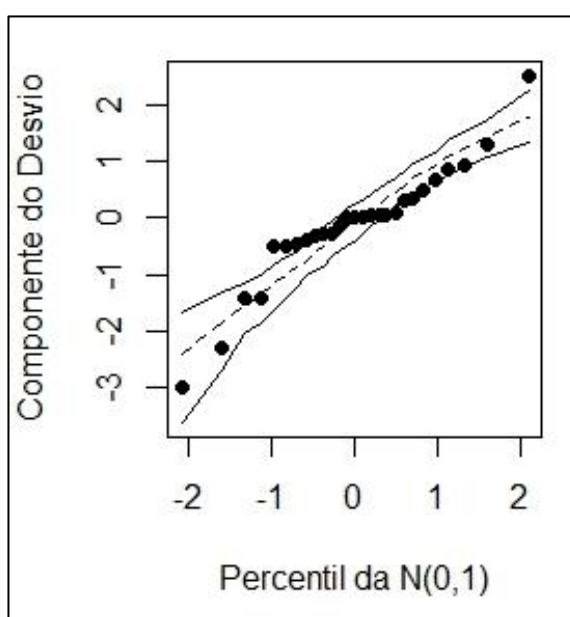


Figura 48 – Gráfico com envelope de ajuste do modelo linear generalizado: carotenoides totais
 Fonte: O autor (2017).

Foi possível avaliar, de acordo com o gráfico de envelope, o ajuste das observações (N=27) da análise de carotenoides totais em função do teste MLG aplicado. É possível observar que há poucos pontos discrepantes em relação aos demais (escore de Fisher 4), porém, a maioria destes encontram-se próximos ao limiar de confiança. É possível considerar que o modelo possui ótimo ajuste aos dados avaliados. O modelo apresentou resultados para os critérios avaliativos AIC igual a 64,25 e BIC igual a 77,21.

De acordo com os resultados obtidos para a avaliação de compostos bioativos, foi possível afirmar que, dentre as batatas-doces avaliadas, a que apresentou os maiores teores foi a cv. SCS370 Luiza, cuja principal característica é sua polpa de cor roxa.

Teow et al. (2007) avaliaram a atividade antioxidante, o conteúdo de polifenóis e β -caroteno de 19 cultivares de batatas-doces de diferentes polpas coloridas, e alegaram que, dentre estas, quatro batatas-doces de polpa roxa apresentaram os maiores conteúdos para polifenóis e antocianinas, e quatro de polpa laranja os maiores conteúdos para β -caroteno.

Ojong et al. (2008) caracterizaram e quantificaram 5 tipos de flavonoides (quercetina, luteolina, apigenina, miricetina e kaempferol) em folhas e raízes de 10 acessos de batatas-doces cultivadas no sul dos Estados Unidos, e publicaram resultados para a concentração de flavonoides nos extratos das raízes variando entre 0,27 a 1,69 %. g^{-1} . Os autores destacaram que o flavonoide de maior ocorrência foi a quercetina e que a concentração de flavonoides totais foi superior nas folhas do que nas raízes.

Jung e colaboradores (2011) analisaram o conteúdo de fenólicos e a atividade antioxidante em diversas porções da planta da batata-doce, como também nas raízes de 8 variedades coreanas, os quais reportaram os maiores valores de fenólicos totais para as raízes de polpa laranja (715,9 mg.100g $^{-1}$) seguida de polpa roxa (653,7 mg.100g $^{-1}$). Os mesmos autores identificaram seis compostos fenólicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC, *High Performance Liquid Chromatography*) e reportaram que, para as raízes avaliadas, o fenólico mais abundante foi o Ácido Clorogênico, com destaque para as variáveis ácido-5-cafeolquínico (5-CQA) e ácido-3,5-dicafeolquínico (3,5-diCQA).

Koala et al. (2013) avaliaram 8 cultivares de batatas-doces de polpa laranja quanto a atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenoides totais,

os quais publicaram os valores para fenólicos totais variando entre 1,062 a 2,432 mg.g⁻¹ (106,2 a 243,2 mg.100g⁻¹) e carotenoides totais entre 0,016 a 0,180 mg.g⁻¹ (1,6 a 18 mg.100g⁻¹). Estes valores foram condizentes para com a amostra cv. SCS372 Marina, porém as amostras de polpa laranja cv. Uruguia, Americana e Beauregard apresentaram valores superiores para carotenoides totais.

Tang, Cai e Xu (2015) estudaram o perfil de fenólicos, antocianinas e carotenoides totais, em conjunto com a atividade antioxidante de 5 cultivares chinesas de batatas-doces de polpas branca, amarela, roxa-claro e roxa-escuro, das quais a batata-doce de polpa roxa-escuro apresentou o maior valor para fenólicos (1679 mg.100g⁻¹) e antocianinas (1,568 mg.100g⁻¹), a batata-doce de polpa laranja o maior conteúdo para carotenoides (15,79 mg.100g⁻¹). Estes valores estão de acordo com os resultados obtidos no atual estudo.

Os autores também avaliaram os mesmos parâmetros para as batatas-doces cozidas em água, cozidas a vapor e assadas, demonstrando que os processos térmicos diminuíram o conteúdo de compostos bioativos para todas as amostras em relação às mesmas amostras cruas.

Hong e Koh (2015) analisaram o conteúdo de antocianinas e fenólicos totais em duas cultivares de batatas-doces de polpa roxa desenvolvidas na Coreia do Sul, as quais apresentaram conteúdo para fenólicos na ordem de 2.799 mg.100g⁻¹ e 1.858 mg.100g⁻¹, e antocianinas totais com 159,1 mg.100g⁻¹ e 153,9 mg.100g⁻¹. Os autores também avaliaram o conteúdo dos bioativos para as mesmas cultivares submetidas a diferentes processos térmicos e reportaram que houve decréscimo nos resultados, principalmente para o conteúdo de antocianinas.

Nolêto e colaboradores (2015) compararam os teores de carotenoides, em especial o β -caroteno, em amostras de batatas-doces comuns e biofortificadas adquiridas em Teresina-Piauí, e comunicaram valores iguais a 0,1068 mg/10g para a batata-doce comum e 3,336 mg/10g para a batata-doce biofortificada. Os autores ressaltaram a importância da ingestão de alimentos ricos em compostos bioativos, de modo a contribuir com a manutenção do organismo.

Diversos outros trabalhos disponíveis em literatura corroboram o potencial nutritivo da batata-doce em função do conteúdo de compostos bioativos, principalmente para as cultivares que apresentam polpa colorida.

Os resultados avaliados para as análises de compostos bioativos (Tabela 22 e 23) das amostras de batatas-doces avaliadas estão de acordo com diversos estudos disponíveis em literatura.

Neste caso, cabe salientar que as condições de cultivo e sazonalidade das plantas de batatas-doces, bem como as circunstâncias de pós-colheita e armazenamento, podem influenciar no conteúdo total destes compostos avaliados para diferentes cultivares de batatas-doces, corroborando assim variabilidade dos dados observados.

5.9.1 Capacidade antioxidante por métodos ABTS⁺ e FRAP

A grande maioria dos compostos com propriedades bioativas apresentam como principal característica a atividade antioxidante, a qual evidencia a capacidade de sequestro de radicais livres gerados por reações metabólicas. Estes compostos desempenham um importante papel na manutenção da saúde, principalmente quanto à prevenção de DCNT, incluindo o câncer, a hipertensão e doenças cardíacas (PRAKASH; MILLER, 2001).

Diversos métodos de análise *in vivo* e *in vitro* são empregados por pesquisadores para avaliar a atividade antioxidante presente em alimentos e compostos de interesse (ALAM; BRISTI; RAFIQUZZAMAN, 2012).

No presente estudo, as batatas-doces foram avaliadas quanto sua atividade antioxidante, segundo os métodos de captura do radical livre ABTS⁺ (utilizando Trolox como padrão) e método de redução do ferro FRAP (utilizando como padrão o Sulfato Ferroso). Para estas análises foi utilizado o extrato em metanol 80 % (item 4.4.1).

A quantificação da atividade antioxidante foi calculada com auxílio de curva padrão, representada pela equação de correlação gerada para análise antioxidante por ABTS⁺ sendo $y = -0,1095x + 0,8029$ ($R^2 = 0,9692$) para as amostras do LT1, e $y = -0,0821x + 0,7819$ ($R^2 = 0,9184$) para as amostras do LT2. Considerando a análise FRAP, para as amostras do LT1 a equação é $y = 0,2698x - 0,0266$ ($R^2 = 0,9959$), e para as amostras do LT2 é $y = 0,3026x - 0,0372$ ($R^2 = 0,9924$).

A Tabela 31 destaca a quantificação do potencial antioxidante para as amostras de batatas-doces.

Tabela 31 – Potencial antioxidante resultante para amostras de batatas-doces

Cultivares	ABTS ⁺ (mM Trolox.100g ⁻¹)		FRAP (mM FeSO ₄ .100g ⁻¹)	
	$\bar{x} \pm \sigma$		$\bar{x} \pm \sigma$	
	LT1	LT2	LT1	LT2
SCS370 Luiza	206,35±17,35 ^c	466,85±1,96 ^a	23,51±0,81 ^{ef}	734,19±63,09 ^a
SCS371 Katiy	171,80±6,84 ^d	194,62±2,88 ^c	95,25±8,06 ^d	90,94±4,30 ^d
SCS372 Marina	128,26±4,40 ^e	468,07±1,96 ^a	49,79±3,97 ^{def}	369,87±21,21 ^b
Beauregard	144,09±7,38 ^e	N.O.*	18,42±1,28 ^f	N.O.
Uruguaia	N.O.	452,23±5,76 ^a	N.O.	291,33±11,46 ^c
Americana	N.O.	228,52±3,35 ^b	N.O.	84,70±1,15 ^{de}

Letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre os lotes, e letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as cultivares, de acordo com teste de Tukey ao intervalo de confiança de 95 %; (*) amostra não obtida.

Estes dados apresentaram normalidade e homocedasticidade satisfatórios, os quais foram avaliados por métodos de natureza paramétrica. A Tabela 32 apresenta os valores para a análise ANOVA das variáveis dependentes ABTS⁺ e FRAP, empregadas na estimativa da capacidade antioxidante das amostras de batatas-doces.

Tabela 32 – Estatística univariada (ANOVA) resultante: análise antioxidante amostra liofilizada

Variável Dependente	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F-calculado	p-valor
ABTS ⁺	8	504369,5619	63046,1952	1177,5637	0,0000
Resíduo	18	963,7113	53,5395		
Total	26	505333,2732			
FRAP	8	1335612,6741	166951,5843	322,1555	0,0000
Resíduo	18	9328,1926	518,2329		
Total	26	1344940,8668			

Valores de p<0,05 indicam diferença significativa entre as análises ao intervalo de confiança de 95 %.

De acordo com a Tabela 31 foi possível avaliar que a amostra cv. SCS372 Marina LT2 apresentou a maior atividade antioxidante (468,07 mM Trolox.100g⁻¹) pelo método ABTS⁺, seguida das amostras cv. SCS370 Luiza LT2 (466,85 mM Trolox.100g⁻¹) e Uruguaia (452,23 mM Trolox.100g⁻¹).

Vale dizer que os resultados observados para estas três cultivares de batatas-doces não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, de acordo com o teste de Tukey. A amostra cv. Americana ($228,52 \text{ mM Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}$) foi estatisticamente diferente das demais.

Já a cv. SCS370 Luiza LT1 ($206,35 \text{ mM Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e cv. SCS371 Katiy LT2 ($194,62 \text{ mM Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}$) apresentaram semelhanças estatísticas entre si, com valores superiores à SCS371 Katiy LT1 ($171,80 \text{ mM Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

As amostras cv. Beauregard ($144,09 \text{ mM Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e cv. SCS372 Marina LT1 ($128,26 \text{ mM Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}$) também apresentaram semelhanças estatísticas, porém estas exibiram os valores mais baixos para esta análise.

Considerando os dados da análise FRAP, a amostra cv. SCS370 Luiza LT2 apresentou a maior atividade antioxidante ($734,19 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$), seguida de cv. SCS372 Marina LT2 ($369,87 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$), as quais foram estatisticamente diferentes entre si. Apesar de apresentarem diferenças, novamente estas as amostras exibiram os maiores resultados para atividade antioxidante. A amostra cv. Uruguaia ($291,33 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$), diferiu estatisticamente das demais.

A amostra cv. SCS371 Katiy do LT1 e LT2 ($95,25$ e $90,94 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente), apresentaram semelhanças estatísticas para com cv. Americana ($84,70 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$) e com cv. SCS372 Marina LT1 ($49,79 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$) e esta, por sua vez, é semelhante estatisticamente com cv. SCS370 Luiza LT1 ($23,51 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$).

A cultivar Beauregard é a amostra que, novamente, apresentou a menor atividade antioxidante pelo método de análise FRAP ($18,42 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 100\text{g}^{-1}$), porém possui semelhança estatística (teste de Tukey) para com a cv. SCS372 Marina LT1 e SCS370 Luiza LT1.

De acordo com a avaliação da atividade antioxidante das amostras de batatas-doces, os resultados obtidos são concordantes com outros trabalhos disponíveis em literatura (TEOW et al., 2007; RUMBAOA; CORNAGO; GERONIMO, 2008; KOALA et al, 2013; EVERETTE et al., 2012; TANG; CAI; XU, 2015).

Destaca-se que as variações observadas em literatura para os resultados de atividade antioxidante de batatas-doces podem estar correlacionados com a presença de diversos tipos de compostos bioativos, os quais podem divergir quanto ao perfil substancial e quantitativo para diferentes cultivares de batatas-doces analisadas.

Khurnpoon e Rungnoi (2012) estudaram a correlação entre o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante de 36 cultivares de batatas-doces cultivadas na Tailândia, e comunicaram valores para fenólicos totais variando entre 75,47 a 1283,37 $\mu\text{g EAG.g}^{-1}$, e atividade antioxidante entre 72,10 a 84,56 %, sendo que a mesma amostra de polpa roxa apresentou o maior conteúdo e a maior porcentagem de atividade antioxidante. Os autores destacaram que houve correlação estatística significativa entre o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante para as amostras.

Ji et al. (2015) analisaram a composição nutricional e a atividade antioxidante de 4 batatas-doces chinesas, diferentes quanto a coloração da polpa, as quais foram cultivadas nas mesmas condições, e comunicaram valores para a atividade antioxidante entre 43,3 e 81,2 mg Trolox. g^{-1} , para amostra de polpa amarela e roxa, respectivamente.

Kim, Kim e In (2015) avaliaram a atividade antioxidante de extratos etanólicos obtidos de 3 cultivares de batatas-doces de polpa colorida, os quais indicaram que a atividade antioxidante da batata-doce de polpa roxa foi 6,7 e 11,9 vezes maior do que as amostras de polpa branca e laranja, respectivamente.

Vizzotto e colaboradores (2017) avaliaram as características físico-químicas, os compostos bioativos e a atividade antioxidante de doze genótipos de batatas-doces de polpa colorida nas condições *in natura* e assadas, os quais publicaram valores para a atividade antioxidante das amostras *in natura* variando entre 210,29 a 7870,57 $\mu\text{g Trolox.g}^{-1}$, sendo que o valor máximo foi observado para uma amostra de polpa roxa. Os autores também relataram que a atividade antioxidante foi maior para as batatas-doces assadas em relação às amostras *in natura*.

Cabe ressaltar que, no presente trabalho, a amostra de batata-doce cv. SCS370 Luiza, de polpa roxa, apresentou os maiores índices para compostos bioativos, bem como para a atividade antioxidante, porém, todas as amostras avaliadas obtiveram respostas positivas para estas variáveis.

A ingestão regular de alimentos que apresentem em sua constituição substâncias bioativas, como é o caso da batata-doce, é de grande valia ao consumidor que busca uma dieta nutritiva, capaz de contribuir beneficamente para a manutenção da saúde (WHO, 2004; GUPTA; PRAKASH; GUPTA, 2013; SOARES et al, 2015).

5.10 ANÁLISE DE FATOR E COMPONENTES PRINCIPAIS: AMOSTRAS LIOFILIZADAS

Todas as análises utilizadas para a descrição das amostras de batatas-doces na condição liofilizadas foram avaliadas e interpretadas com auxílio de métodos estatísticos de análise.

Dentre os dados ponderados, uma parte foi analisada a partir de métodos estatísticos de natureza paramétrica, porém, os resultados que não atenderam os parâmetros necessários de normalidade ou homocedasticidade foram submetidos a avaliações estatísticas não paramétricas.

Com o propósito de avaliar o conjunto global dos dados obtidos para as amostras liofilizadas, as variáveis de análise atividade de água, acidez titulável, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, vitamina c, cor (coordenadas L*, a*, b*, C*, h°, X, Y Z para liofilizadas), açúcares totais, açúcares redutores, fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas totais e carotenoides totais, foram submetidas a testes de FA e PCA.

Inicialmente, os dados foram padronizados por *software* estatístico, obtendo assim variâncias semelhantes e dados com pesos similares, de modo a evitar a sobreposição de diferentes amplitudes.

Os valores padronizados foram submetidos ao método rotação dos dados *Varimax raw*, obtendo padrões colineares confiáveis entre os eixos fatoriais 1 e 2 (FORINA et al., 1988).

Foram avaliadas inicialmente 23 variáveis dependentes, correspondentes às análises empregadas para as amostras de batatas-doces liofilizadas.

Os dados padronizados e rotacionados foram então submetidos à FA, da qual foram retidos 14 variáveis que apresentaram maior carga fatorial, ou seja, valores de comunalidade adequados, com limiar de exclusão maior do que 0,7, de acordo com o critério KMO (CRUZ; TOPA, 2009).

Os valores de comunalidade atribuídas às variáveis permitiram perceber o quanto da variabilidade total de nossos dados pode ser explicado pelo conjunto de variáveis selecionadas (UNESP, 2017).

As 14 variáveis de maior peso, selecionadas de acordo com FA, foram submetidos ao teste PCA, que por meio de correlações lineares entre as 14 variáveis, buscam interpretar e deduzir a maior parte da variância intrínseca.

O teste PCA revelou que, dentre as 14 variáveis avaliadas, o componente principal um detêm 50,56 % da variância dos dados, enquanto que o componente principal dois apresenta 35,52 %. Quando avaliados em conjunto, os dois componentes principais selecionados podem esclarecer 86,08 % da variabilidade dos dados relativos as 14 variáveis avaliadas.

O autovalor apresentou os valores correspondentes à variância total, atribuídas as 14 variáveis de análise. O autovalor do componente principal 1 é 7,0785 e do componente principal 2 é 4,9726. Sua consideração indicou a parcela explicativa de cada variável em relação ao modelo construído. Quanto mais alto o valor de autovalor para a variável, maior é sua taxa explicativa em relação ao modelo (VICINI, 2005). A Figura 49 ilustra a matriz de correlação das 14 variáveis com seus percentuais cumulativos referentes ao autovalor nas ordenadas, em função das variáveis avaliadas nas abscissas.

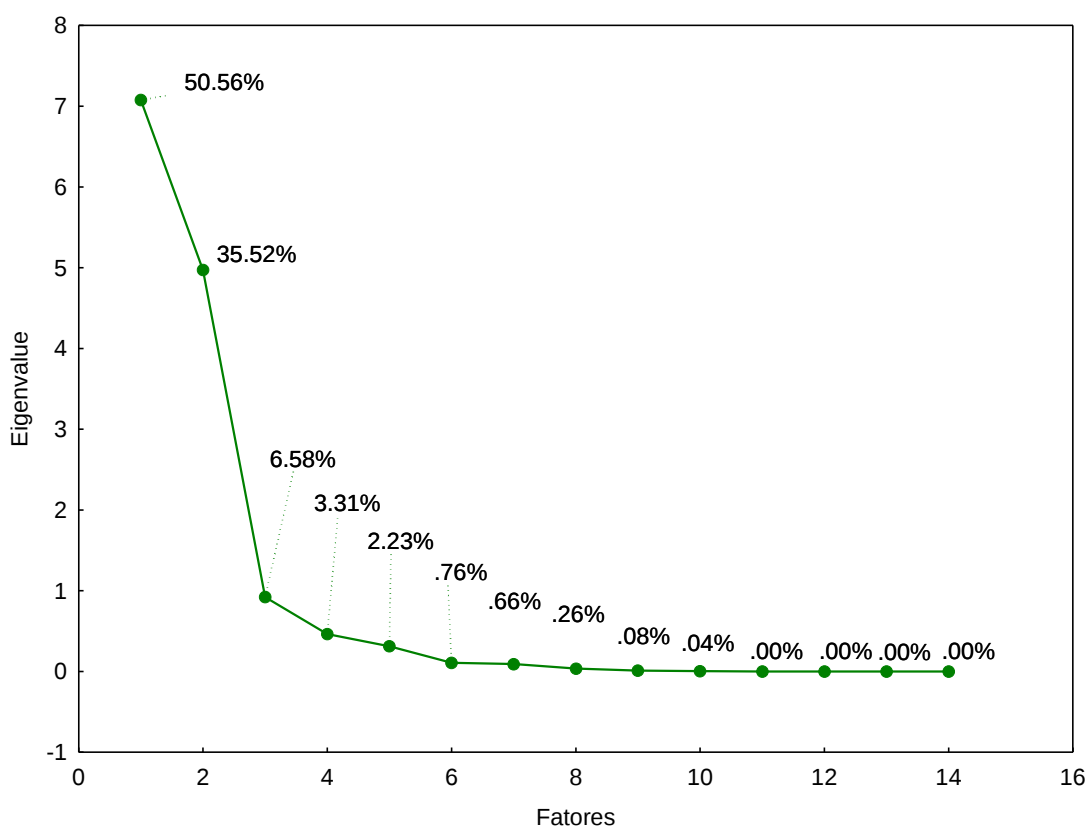


Figura 49 – Porcentagem cumulativa de autovalor dos fatores submetidos à análise de componentes principais: amostras liofilizadas
Fonte: O autor (2017).

De acordo com a Figura 49 foi possível observar as porcentagens cumulativas em ordem decrescente das 14 variáveis retidas pela FA. A disposição das variáveis cumulativas é feita em ordem decrescente e, a partir da terceira variável, a curva exibe uma inflexão. Vale dizer que o primeiro componente possui maior peso explicativo em relação ao segundo, e assim progressivamente entre as 14 variáveis.

As 14 variáveis de maior peso foram então correlacionadas e agrupadas nos componentes principais selecionados 1 e 2, os quais juntos são capazes de explicar 86,08 % das variâncias observadas nos dados padronizados, oriundos das variáveis dependentes. O gráfico de dispersão foi construído para localizar o formato distributivo das 14 variáveis, agrupadas no plano de fator, em função dos componentes principais 1 e 2, previamente identificados e ilustrados na Figura 50.

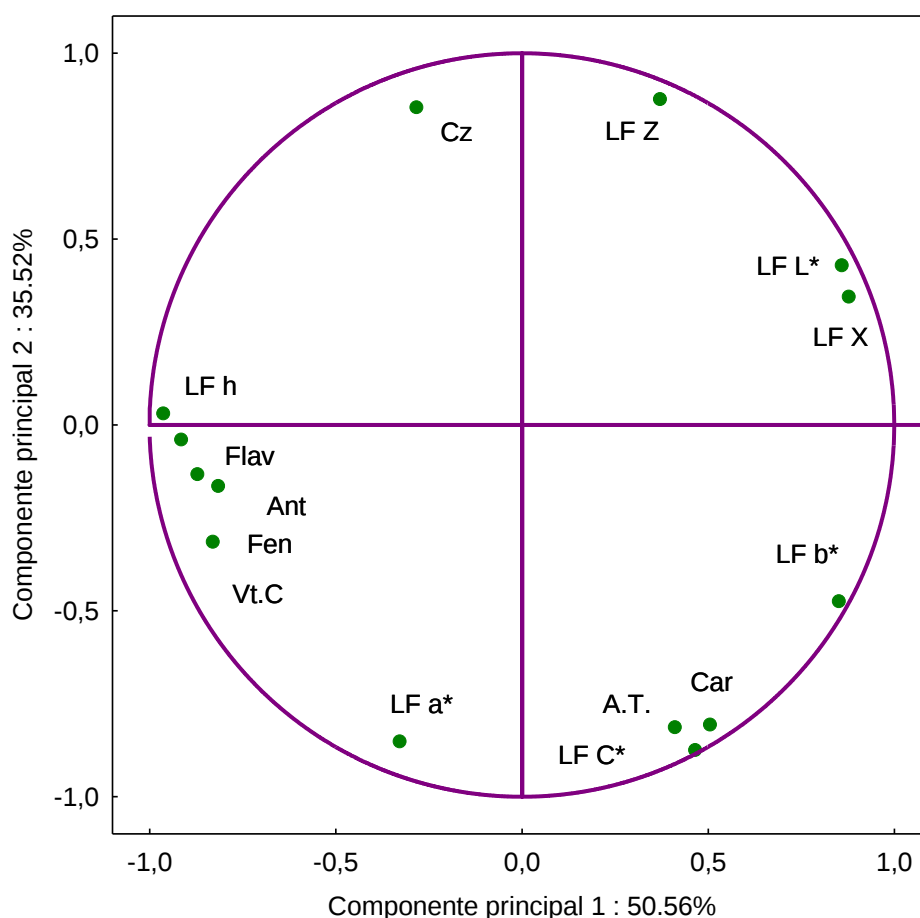


Figura 50 – Análise de fator em componentes principais 1x2: amostras liofilizadas; Ant: antocianinas; Car: carotenoides; A.T.: acidez titulável; Vt.C.: vitamina C; Flav: flavonoides; Fen: fenólicos; Cz: cinzas; LF L*: liofilizada cor L*; LF a*: liofilizada cor a*; LF b*: liofilizada cor b*; LF C*: liofilizada cor C*; LF h°: liofilizada cor h°; LF X: liofilizada cor X; LF Z: liofilizada cor Z

Fonte: O autor (2017).

Considerando a figura 50 verificou-se que a maioria as variáveis de análise encontraram-se afastadas em relação ao eixo das ordenadas, apresentando grande compatibilidade com os componentes.

No quadrante um (superior direito), a análise PCA agrupou as variáveis relativas à análise de cor das amostras liofilizadas com as coordenadas de cor L^* , X e Z , apresentando alta associação com os componentes principais 1 e 2. As coordenadas L^* e X tendem mais para o componente 1, enquanto a coordenada Z está disposta ao componente 2.

As variáveis de cinzas e cor h° encontraram-se no quadrante dois. Enquanto a variável cinzas está próxima ao círculo e correlaciona-se ao componente 2, a coordenada de cor h° situou-se perto do eixo cartesiano, apresentando baixa relação com os componentes 1 e 2.

As variáveis flavonoides totais, fenólicos totais, antocianinas totais e vitamina C formaram uma associação por estarem próximas umas das outras, no terceiro quadrante.

A variáveis de cor chroma a^* também encontrou-se no terceiro quadrante, porém mais afastada do círculo, indicando menor representatividade em relação às outras variáveis deste quadrante.

No quarto quadrante foi possível observar que as variáveis de cor chroma C^* , acidez titulável e carotenoides totais formam um *cluster* pois se encontram bem próximas, porém, estas situam-se relativamente distantes da coordenada de cor chroma b^* .

Vale destacar que grande parte das variáveis de análise estão situadas mais próximas em relação ao círculo unitário, e afastadas em relação à origem das coordenadas.

Isto demonstrou que as 14 variáveis selecionadas possuem grande fardo explicativo para a variabilidade dos dados amostrais, em relação aos principais componentes 1 e 2.

A Figura 51 ilustra o gráfico de dispersão do conjunto de amostras em função dos componentes principais 1 e 2.

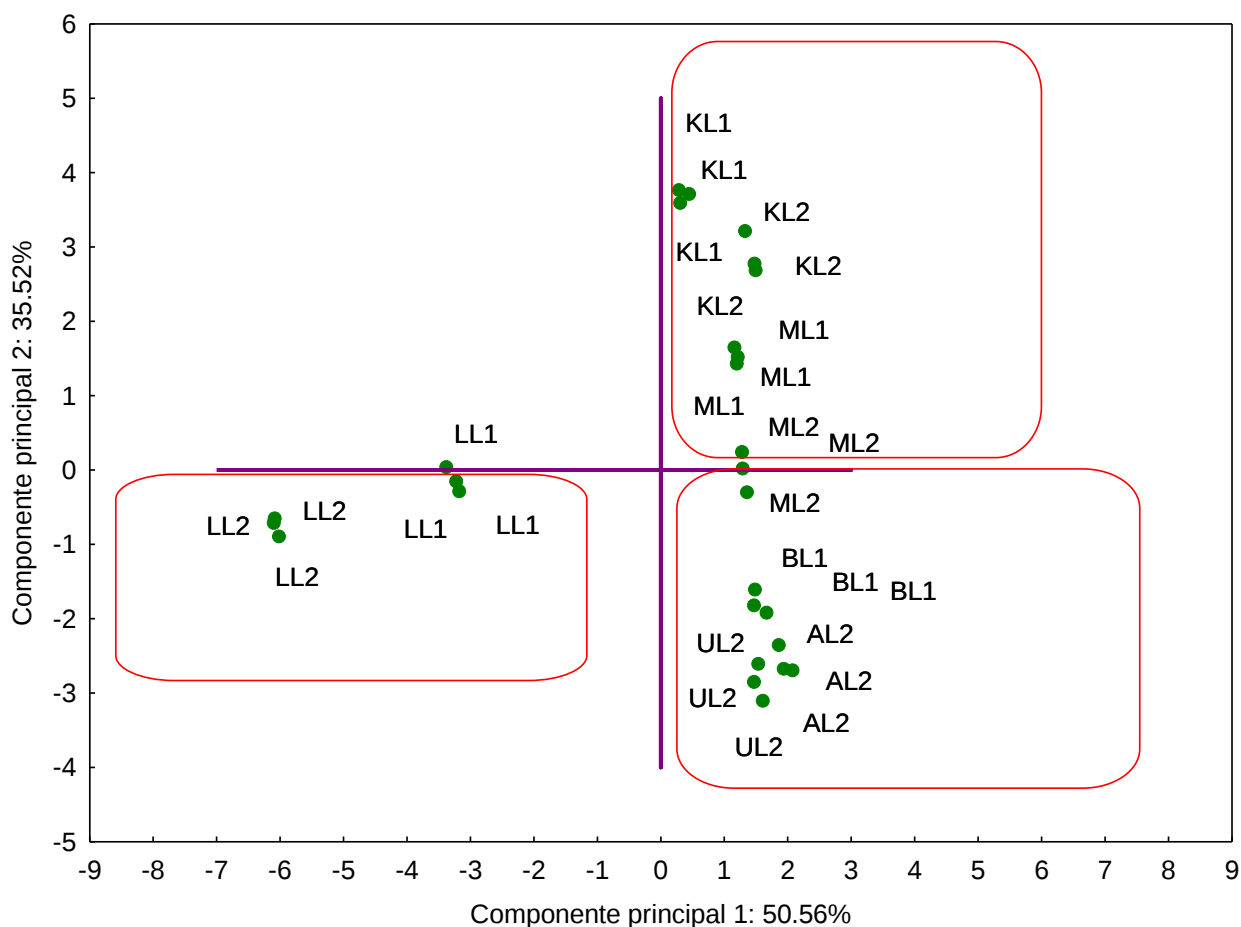


Figura 51 – Variáveis agregadas aos componentes principais 1x2: amostras liofilizadas; LL1/2: SCS370 Luiza LT1 e LT2; KL1/2: SCS371 Katiy LT1 e LT2; ML1/2: SCS372 Marina LT1 e LT2; BL1: Beauregard LT1; UL2: Uruguia LT2; AL2: Americana LT2
Fonte: O autor (2017).

No primeiro quadrante encontram-se as amostras cv. SCS371 Katiy e cv. SCS372 Marina LT1, ambas agrupadas e associadas com os componentes principais um e dois. Estas amostras apresentaram correlação com variáveis de cor L^* , X e Z , dispostas também no primeiro quadrante (Figura 50). Os valores obtidos para estas coordenadas de cor apresentaram diferença estatística significativa entre as amostras cv. SC371 Katiy e cv. SCS372 Marina (Tabela 5).

Porém, o LT2 da cv. SCS371 Katiy situa-se no quadrante dois com a amostra cv. SCS372 Marina (LT1 e LT2), e estas estão correlacionadas ao componente principal 2.

Cabe destacar que a posição da amostra cv. SCS371 Katiy LT1 no quadrante um indica que esta apresentou proximidade com a variável cinzas, a qual se encontra no quadrante dois com alta correlação para o componente 2. Esta

amostra apresentou o maior conteúdo para a análise de cinzas, diferindo estatisticamente das demais (Tabela 18).

A amostra cv. SCS370 Luiza encontra-se agrupada no terceiro quadrante, correlacionada com as análises de flavonoides totais, fenólicos totais, antocianinas totais, vitamina C e coordenada de cor chroma a^* . Para todas estas variáveis de análise, a amostra em questão apresentou os maiores valores.

A coordenada de cor h° situou-se no segundo quadrante, porém bem próxima ao grupo de cv. SCS370 Luiza LT2. Esta amostra apresentou o maior valor para esta variável, diferindo estatisticamente das demais (Tabela 5).

Foi possível observar que um ponto referente à amostra cv. SCS370 Luiza LT1 está dispersa do grupo e tende ao quadrante dois. Neste caso, seus valores para fenólicos totais são inferiores a cv. SCS372 Marina LT2 e cv. Beauregard LT1, o que poderia explicar o motivo da dispersão.

Já no quadrante quatro é possível perceber o agrupamento das amostras cv. Beauregard, cv. Uruguia e cv. Americana, todas predispostas ao componente principal 1. Estas amostras possuem correlação para com as variáveis de acidez titulável, carotenoides totais e coordenadas de cor chroma b^* e chroma C^* .

A amostra cv. Americana apresentou o maior teor de acidez a qual diferiu das demais, seguida por cv. Uruguia, esta que se assemelha com a amostra cv. Beauregard (Tabela 18). Estas amostras apresentaram os maiores teores de carotenoides totais (Tabela 23), com destaque para cv. Uruguia, a qual foi utilizada como padrão de referência para avaliação estatística do modelo estatístico MLG, exibindo semelhança para com a amostra cv. Americana, mas, diferença significativa para com a amostra cv. Beauregard (Tabela 30).

Considerando as coordenadas de cor, as amostras cv. Uruguia e cv. Americana possuem os maiores valores para b^* e não diferem estatisticamente entre si, porém apresentam diferença para a cv. Beauregard. Isto também ocorreu para o valor de chroma C^* , porém para esta coordenada, estas amostras diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5).

Estes resultados de cor confirmaram a aproximação destas amostras pelo teste PCA (Figura 51) em relação à cor laranja de suas polpas, as quais demonstraram maior semelhança na condição de liofilizadas.

Foi possível observar que a amostra cv. SCS372 Marina LT2 apresentou pontos dispersos, os quais se dividem entre os quadrantes quatro e um. Neste caso

as variáveis de cor chroma b^* e X, do quadrante quatro e um, respectivamente, apresentam proximidade para com a cultivar.

A amostra cv. SCS372 Marina possui o segundo maior valor para a coordenada de cor chroma b^* , diferindo estatisticamente das demais. Porém, para a coordenada X, esta apresentou semelhança com cv. SCS371 Katiy e cv. SCS372 Marina LT1 (Tabela 5). Isso pode explicar a tendência de cv. SCS372 Marina para com as amostras situadas no quadrante um e quatro.

Norman et al. (2014) caracterizaram os fenótipos de 17 variedades de batatas-doces na intenção de avaliar a diversidade morfológica das plantas e raízes, sendo 11 plantas locais de Serra Leoa e 6 plantas com potencial para cultivo no país. Os autores avaliaram as batatas-doces por meio de 28 descritores morfológicos, utilizando os métodos estatísticos de análise de fator e análise de agrupamento hierárquicos, em que a análise de fator indicou 5 variáveis com 72,79 % de explicabilidade da variação fenotípica, auxiliando na formação de 8 grupos que apresentaram relação fenotípica e correlacionaram as 17 variedades estudadas.

Ochieng et al (2015) caracterizaram o germoplasma de 68 acessos de batatas-doces coletados aleatoriamente em varias regiões do lesta da África, mas precisamente entre o Quênia e Uganda, utilizando 12 marcadores de microssatélites de DNA para comparar a relação genética entre as cultivares, por meio de diversos métodos estatísticos, sendo que a Análise de Componentes Principais (PCA) agrupou as amostras em 4 grupos distintos, porém, em 3 grupos houve a organização de 67 acessos. Os autores salientaram que o PCA foi de grande ajuda na organização dos acessos de batatas-doces em função de sua relação genética.

Placide et al. (2015) avaliaram 54 genótipos de batatas-doces quanto a avaliação fenotípica no intuito de selecionar os melhores acessos para cultivo e reprodução, utilizando a análise PCA, a qual identificou 7 componentes principais, os quais juntos explicam 77,83 % da variação dos genótipos estudados, correlacionados com 19 marcadores fenotípicos utilizados na caracterização das cultivares.

Cabe destacar que os métodos estatísticos FA e PCA foram fundamentais para o estudo das variáveis de análises, tanto para os dados provenientes das amostras *in natura* como liofilizadas. No caso das amostras liofilizadas, os fatores selecionados, bem como o agrupamento por componentes principais foram capazes de explicar 86,08 % da variabilidade dos dados avaliados.

6 CONCLUSÃO

As avaliações quanto à biometria e as características morfológicas permitiram identificar as características físicas médias das diferentes raízes para as cultivares de batatas-doces avaliadas.

Os resultados da avaliação colorimétrica nas porções cascas, polpa *in natura* e polpa liofilizada apresentaram alta variabilidade, o que pode ter sido motivada pelas condições de cultivo e consequente composição de cada cultivar de batata-doce, porém, é possível deduzir que estes resultados foram uniformes para as características das cultivares.

O sistema de *software* desenvolvido para este trabalho (o qual gerou uma patente) utilizado para a análise das imagens digitais das amostras liofilizadas de batata-doce foi satisfatório nas avaliações dos diferentes canais de cor das imagens digitais (RGB, XYZ, HSV, LUV). A classificação das imagens digitais feita pela Análise de Redes Neurais Artificiais indicou ser possível estabelecer uma correlação de 100 % entre as imagens digitais das cultivares avaliadas e os canais de cores previamente selecionados, contribuindo para o controle de qualidade das batatas-doces.

A caracterização físico-química identificou os diferentes atributos intrínsecos, bem como ponderar as diferenças existentes entre as cultivares de batatas-doces SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Beauregard, Uruguaia e Americana.

De acordo com as técnicas instrumentais aplicadas como a Análise de Espectroscopia de Absorção na região do Infravermelho (FTIR), Difração de Raios X, Análise Termogravimétrica, Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectroscopia de Absorção Atômica, foi possível obter uma associação de informações para as diferentes cultivares de batata-doce analisadas, tanto do lote um como do lote dois, permitindo constatar que todas estas cultivares possuem elevado teor nutricional.

Dentre as batatas-doces avaliadas destaca-se a cv. SCS370 Luiza, de polpa roxa, a qual detém o maior conteúdo de compostos bioativos, bem como o maior potencial antioxidante.

Os testes estatísticos de Análise de Variância (ANOVA), Análise de Variância Multivariada (MANOVA), Teste de Tukey, Teste de Kruskal-Wallis e Modelo Linear Generalizado (MLG), bem como os testes de Kolmogorov-Smirnov,

Lilliefors, Shapiro-Wilk, F-máximo, C de Cochran e Qui-quadrado, foram fundamentais para o estudo e interpretação das variáveis. Do mesmo modo, a Análise de Fator e a Análise de Componentes Principais contribuíram para a determinação do padrão característico para as análises realizadas nas amostras de batatas-doces na condição *in natura* e liofilizadas. Assim, foi possível explicar uma parcela de 92,24 % dos dados de análises com amostras *in natura* e 86,08 % dos dados das amostras liofilizadas.

Assim, em função dos resultados obtidos, é possível considerar que as cultivares de batatas-doces apresentaram bom potencial nutricional, relevante teor de compostos bioativos e atividade antioxidante. As características avaliadas contribuem para a área de alimentos no sentido de favorecer maior interesse na utilização destas cultivares de batatas-doces, seja como matéria prima industrial, seja como alimento disponível ao consumidor, tornando-se uma alternativa de cultivo para os pequenos agricultores.

7 TRABALHOS FUTUROS

Como proposta para trabalhos futuros, é possível apontar uma ampla abordagem no sentido de:

- Estudar as condições ótimas de solo, o manejo produtivo e os níveis de insumos para cultivo das novas cultivares de batatas-doces;
- Avaliar os custos de produção e tecnologias necessárias para aumento da produtividade;
- Estudar os níveis de produtividade das novas cultivares de batatas-doces;
- Analisar a porção aérea das plantas das novas cultivares de batatas-doces a fim de obter informações nutricionais;
- Extrair e caracterizar a fécula presente nas novas cultivares de batatas-doces e pesquisar as condições para sua utilização
- Extrair, caracterizar e quantificar individualmente os compostos bioativos presentes nas novas cultivares de batatas-doces;
- Otimizar as condições de obtenção de uma farinha de batata-doce e avaliar sua utilização como matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

REFERÊNCIAS

- ABEGUNDE, O. K.; UM, T. H.; CHEN, J. W.; DENG, F. M.: Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids**, n. 33, p. 169-177, 2013.
- ABDISSA, T.; DECHASSA, N.; ALEMAYEHU, Y.: Sweet potato growth parameters as affected by farmyard manure and phosphorous application at Adami Tulu, Central Rift Valley of Ethiopia. **Agricultural Science Research Journal**, v. 2(1), p. 1-12, 2012.
- AMARO, G. B.; CARMONA, P. A. O.; FERNANDES, F. R.; PEIXOTO, J. R.; NÓBREGA, D. S.: Desempenho de cultivares de batata-doce no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, 2014.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC: **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N.: Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66(1), p. 1-9, 2007.
- ANVISA – AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA: O regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas e minerais. **Resolução RDC nº 269, de 22 de Setembro de 2005**. Disponível em: <http://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjlxNQ%2C%2C>.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS- A.O.A.C.: **Official methods of analysis of AOAC**. Metals in Plants and Pet Foods, Atomic Absorption Spectrophotometric Method 975.03, Gaithersburg, 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS- A.O.A.C.: **Official methods of analysis of AOAC**. 16 ed. Gaithersburg, p. 1141 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS- A.O.A.C.: **Official methods of analysis of AOAC**. Nutrients (Minor) in Fertilizers, Atomic Absorption Spectrophotometric Method 965.09, Gaithersburg, 1998.
- ALAM, MD. N.; BRISTI, N. J.; RAFIQUZZAMAN, MD.: Review on *in vivo* and *in vitro* methods evaluation of antioxidant activity. **Saudi Pharmaceutical Journal**, 2012.
- AZEVEDO, A. M.; JUNIOR, V. C. A.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M.: Desempenho agrônômico e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 84-90, 2015.
- AZEVEDO, C.: Obtenção de estimativa de máxima verossimilhança via algoritmo Escore de Fisher. **Professor Caio Azevedo (Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica)**, 2011.
- BARRERA, P.: Batata-doce: Uma das doze mais importantes culturas do mundo. **Coleção Brasil Agrícola**, ÍconeEditoraLtda, 91 p., 1989.
- BATISTUTI, J. P.; VALIM, M. F. C. F. A.; CÂMARA, F. L. A.: Amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam): II - caracterização morfológica e estudo de algumas propriedades funcional. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, V. 5, n. 1, 1993.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G.: Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia Metabólica**, v. 53(5), 2009.

BENDECH, M. A., BAKEWR, S. K.: "VitA Burkina": Improving vitamin A intakes of women and children through production and consumption of orange-fleshed sweet potatoes in Burkina Faso. **Helen Keller International** – Regional Office for Africa, Burkina Faso, 2004.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C.: Use of free radical method evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRAVO, L.: Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. **Nutrition Reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BROADBENT, A. D.: Calculation from the original experimental data of the CIE 1931 RGB standard observer spectral chromaticity co-ordinates and color matching function. **Munsell Color Science Laboratory**, 45 p., 2008.

BURRI, B. J.: Evaluating sweet potato as an intervention food to prevent vitamin A deficiency. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 118-130, 2011.

CAIVANO, J. L.; BUEIRA, M. P.: **Color in food technological and psychophysical aspects**. United States of America: CRC Press, 2012.

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V.; PELUZIO, M. C. G.: Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas**, vol. 40 (1), p. 116-138, 2011.

CHAMPAGNE, A.; BERNILLON, S.; MOING, A.; ROLIN, D.; LEGENDRE, L.; LEBOT, V.: Carotenoid profiling of tropical root crop chemotypes from Vanuatu, South Pacific. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 23, p. 763-771, 2010.

CHANET, A.; MILENKOVIC, D.; CLAUDE, S.; MAIER, J. A. M.; KHAN, M. K.; RAKOTOMANOMANA, N.; SHINKARUK, S.; BERARD, A. M.; BENNETAU-PELISSERO, C.; MAZUR, A.; MORAND, C.: Flavanone metabolites decrease monocyte adhesion to TNF- α -activated endothelial cells by modulating expression of atherosclerosis-related genes. **British Journal of Nutrition**, v. 110, p. 587-598, 2013.

CHANDRA, R. A. I.; SRIWIDODO; HASANAH, A. N.; AGUSTINA, R.: Optimization of starch from Indonesian local corn with concentration variation of sodium metabisulphite drying time. **International Journal of Chemical Engineering and Application**, v. 7, n. 2, 2016.

CHEN, H. Y.; CUI, Z. W.: A microwave-sensitive solid catalyst prepared from sweet potato via a simple method. **Catalysts**, v. 6, n. 12, p.211, 2016.

CHITRA, H. S. H.; SUGUNA, S.; SUJATHA, S. N.: A survey on image analysis technique in agricultural product. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 19(12), 13 p., 2016.

CIE – COMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE: Technical Report Colorimetry: 3rd Edition. **International Commission on Illumination**, 15:2004, 72 p., 2004. Disponível em: <file:///D:/Downloads/3-publikace-cie15-2004.pdf>

CIPRIANO, P. A.; EKICI, L.; BARNES, R. C.; GOMES, C.; TALCOTT S. T.: Pre-heating and polyphenol oxidase inhibition impact on extraction of purple sweet potato anthocyanins. **Food Chemistry**, n. 180, p. 227-234, 2015.

COATES, J.: Interpretation of infrared spectra, a practical approach. **Encyclopedia of Analytical Chemistry**, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2000.

COELHO, M. I. S.; NASCIMENTO, C. R. P.; COELHO, M. C. S. C.; GOMES, E. C. S.; LIMA, M. S.: Avaliação sensorial de doces de batatas-doces biofortificadas. **Sistema de Gerenciamento de Conferências (OCS)**, V CONNEPI, 2010.

CODEAGRO - COORDENADORIA DE DESENVOLVIMENTO DOS AGRONEGÓCIOS: Batata-doce: Normas de classificação. **Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura**, v. 12, n. 14., 2014. Disponível em: http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/batata_doce.pdf. Acesso: 26/08/2016.

CRUSE, P.: Introduction to color spaces: Cia Lab & CIE Lch. **Graphic Quality Consultance**, 2016. Disponível em: http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.shtml. Acesso: 29/01/2017.

CRUZ, I. C.; TOPA, M. A.: **Análise multivariada como ferramenta de gerenciamento de fornecedores visando um relacionamento com vantagem competitiva**. Monografia, 75f., Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, 2009.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G.: **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. EDIPUCRS, Porto Alegre, 60p., 2007.

DEMÉTRIO, C. G. B.: **Modelos Lineares Generalizados em experimentação agrônômica**. ESALQ/USP, Piracicaba/SP, 2002.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P.: Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.3, p. 945-954, 2009.

DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, E. T. G.: **Princípios e aplicações de análise térmica**. Instituto de Química de São Carlos – IQSC, 40 p., 2012.

DERRICK, M. R.; STULIK, D.; LANDRY, J. M.: Infrared spectroscopy in conservation science: scientific tools. **The Getty Conservation Institute**, Los Angeles, 252p., 1999.

DOLMATOVA, L.; RUCKEBUSH, C.; DUPUY, N.; HUVENNE, J-P.; LEGRAND, P.: Identification of modified starches using infrared spectroscopy and artificial neural network processing. **Applied Spectroscopy**, v. 52 (3), pg. 329-338, 1998.

DONADO-PESTANA, C. M.: **Efeitos do processamento sobre a disponibilidade de carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante em quatro cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) biofortificadas**. Dissertação. 86 f., Universidade de São Paulo-USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F.: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, 28 (3), pg 350-356, 1956.

DUDGEON, J. V.; TROMP, M.: Diet, geography and drinking water in Polynesia: microfossil research from archeological human dental calculus, Rapa Nui (Easter Island). **International Journal of Osteoarcheology**, nº 24, p. 634-648, 2014.

EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G. R.: Sweet potatoes: production processing marketing Wesport. **The Air Publishing Company**, 58p., 1971.

ELIASSEN, A. C.: **Starch in Food: structure, function and applications**. Woodhead Publishing Limited, Cambridge/England, 597 p., 2004.

EVERETTE, J. D.; ZELEME, A.; WALKER, R. B.; ISLAM, S.: Antioxidant activity and phenolic content of orange-fleshed sweet potatoes. **Arkansas Environmental, Agricultural and Consumer Sciences Journal**, 34-38 p., 2012.

FALCÃO, L. D.; BARROS, D. M.; GAUCHE, C.; LUIZ, M. T. B.: Copigmentação intra e intermolecular de antocianinas: uma revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa Processamento de Alimentos – CEPPA**, v. 21, n. 2, p. 351-366, 2003.

FAN, G.; HAN, Y.; GU, Z.; GU, F.: Composition and colour stability of anthocyanins extracted from fermented purple sweet potato culture. **LWT-Food Science and Technology**, v. 41, n.8, p. 1412-1416, 2007.

FERREIRA, R. C.: O fenômeno da luz e da cor. Pegasus Portal, Percepção Visual, 5 pg., 2008. Disponível em: <http://pegasus.portal.nom.br/percepcao-visual/#>

FILHO, P. L. P.: **Reconhecimento de espécies florestais através de imagens macroscópicas**. Tese (Doutorado), 118 f., Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Informática, 2012.

FILHO, H. D. F.; LOPES, G. A. C.: Avanços em caracterização de amostras sólidas cristalinas através de Difractometria de Raios-X. **Estação Científica (UNIFAP)**, Macapá, v.3, n. 1 p. 31-45, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO.: **FaoStats**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/>. Acesso 28/05/2016.

FORARO, L. A.; FILHO, R. B.; OSIRO, D.; BICUDO, T. C.; COLNAGO, L. A.: A espectroscopia na região do infravermelho e algumas aplicações. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Carlos 14 p., 2010.

FORINA, M.; ARMANINO, C.; LANTERI, S.; LEARDI, R.: Methods of varimax rotation in fator analysis with application in clinical and food chemistry. **Journal of Chemometrics**, v. 3, pg. 115-125, 1988.

FRANCIS, F. J.: Food colorants: anthocyanins. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, v. 28(4), p. 273-314, 1989.

FURLANETO, F. P. B.; FIRETTI, R.; MONTES, S. M. N. M.: Comercialização, custos e indicadores de rentabilidade da batata-doce. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2012.

GARCIA, E. L.: **Caracterização de amidos de diferentes cultivares de batata**. Dissertação, 93 f., Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu/SP, 2013.

GARCIA, L. G. C.; ALMEIDA, P. P.: Avaliação da cor de chips de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) biofortificada desidratados obtidos via secagem natural e por micro-ondas. **Journal of Fruits and Vegetables**, v. 1, n.1, p. 93-97, 2015.

GEORGÉ, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J.: Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 13-70-1373, 2005.

GICHUKI, S. T.; BERENYI, M.; ZHANG, D.; HERMANN, M.; SCHMIDT, J.; GLÖSSL, J.; BURG, K.: Genetic diversity in sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] in relationship to geographic sources ass assessed with RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, pg. 429-437, 2003.

GINTING, E.: Carotenoid extraction of Orange-fleshed sweet potato and its application as natural food colorant. **Journal Teknologi dan Industri Pangan**, v. 24, n. 1, 2013.

GINTING, E.; YULIFIANTI, R.: Characteristics of noodle prepared from Orange-fleshed sweet potato and domestic wheat flour. **Procedia Food Science**, n. 3, p. 289-302, 2015.

GOBBO-NETO, L.; LOPES N. P.: Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GONÇALVES, M. F. V.; SARMENTO, S. B. S.; DIAS, C. T. S.; MARQUEZINI, N.: Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em micro-ondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29(2), p. 270-276, 2009.

GONÇALVES, D.: **Teoria da cor aplicada aos sistemas digitais**. 2011. Disponível em: <http://sidigicor.blogspot.com.br/2011/02/modelo-hsv.html>.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.: **Digital image processing**. Pearson Education International, 3rd Edition, 976 p., 2007.

GOULD, K.; DAVIES, K.; WINEFIELD, C.: Anthocyanins: biosynthesis, functions, and applications. **Springer Science+Business Media**, DOI: 10.1007/978-0-387-77335-3, 2009.

GUPTA, C.; PRAKASH, D.; GUPTA, S.: Relationships between bioactive food components and their health benefits. **Introduction to Functional Food Science Textbook (First Edition)**, June, 2013.

HABEKOST, M.: Which color differencing equation should be used?. **International Circular of Graphic Education and Research**, n. 6, 2013.

HAN, S. H.; SOUNG, Y. S.; LEE, H. U.; AHN, S. H.; YANG, J. W.; LEE, J. S.; CHUNG, N. M.; SUH, S. J.; PARK, K. H.: Difference of starch characteristics of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) by cultivates region. **Korean Journal Food Science Technology**, v. 45, n. 6, pg. 682-692, 2013.

HELLEN KELLER INTERNATIONAL: Orange-fleshed sweet potato production, consumption, promotion and policy in Burkina Faso: Landscape analysis. **Hellen Keller International-Burkina Faso**, 2014.

HERNÁNDEZ-MEDINA, M.; TORRUCO-UCO, J. G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D.: Caracterización físicoquímica de almidones de tubérculos cultivados em Yucatán, México. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28(3), p. 718-726, 2008.

HIRSCHELER, R.: Eletronic colour communication in the textile and apparel industry. **Redige**, v. 1, n. 1, pg. 43-61, 2010

HOLDER, B. H.: **Characterization of starch by vibrational spectroscopy**. Dissertations & Theses in Food Science and Technology, University of Nebraska, 94 p., 2012.

HOLDSCHIP, R.; MARAR, J. F.: **Importância do gerenciamento de cores para o design gráfico**. Graphica, Curitiba/Paraná-Brasil, 2007.

HONG, K. H.; KOH, E.: Effects of cooking methods on anthocyanins and total phenolic in purple-fleshed sweet potato. **Journal of Food Processing and Preservation**, 10 p., 2015.

HUAMÁN, Z.: **Descriptors for sweet potato**. International Board for Plant Genetic Resources-IBPGR, Centro Internacional de la Papa-CIP, Asian Vegetable Research and Development Center-AVRDC, 134 p., 1991.

HUAMAN, Z.: **Systematic botanic and morphology of the sweetpotatos plant: Technical Information Bulletin 25**. International Potato Center, Lima, Peru, 22 p., 1992.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.: Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.

HUSSEIN, S. M.; JASWIR, I.; JAMAL, P.; OTHMAN, R.: Carotenoid stability and quantity of different sweet potato flesh colour over postharvest storage time. **Advances in Enviromental Biology**, p. 667, 2014.

IANNARIO, M.; MANISERA, M.; PICCOLO, D.; ZUCCOLOTTO, P.: Sensory analysis in the Food industry as tool for marketing decisions. **Advances in Data Analysis and Classification**, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ: Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. **Instituto Adolfo Lutz-IAL**, 3. ed. São Paulo, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE: **Produção Agrícola Municipal 2014**. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2014_v41_br.pdf; Rio de Janeiro, v. 41, 95 p., 2016.

IONASHIRO, M.: Giolito: **Fundamentos da Termogravimetria, Análise Térmica Diferencial e Calorimetria Exploratória Diferencial**. Giz Editorial, São Paulo, 82 p., 2004.

JABBS, A.: Determination of secondary structure in protein by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). **Jena Library of Biological Macromolecules**, 2015. Disponível em: http://jenalib.leibniz-fli.de/ImgLibDoc/ftir/IMAGE_FTIR.html. Acesso: 16/01/2017.

JAARVELD, P. J.; FABER, M.; TANUMIHARDJO, S. A.; NESTEL, P. LOMBARD, C. J.; BENADÉ, A. J.: Beta-carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81(5), 2005.

JAISWAL, A. K.: **Food Processing Technologies: Impact Product Attributes**. CRC Press, 759 p., 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=UDeLDQAAQBAJ&pg=PT621&lpg=PT621&dq=sweet+potato+bioactive+compounds+source&source=bl&ots=wlpREuOPtt&sig=N4CIZJAAAQJmiMV3EvuMnAC-b5E&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwis8-Og7rjSAhUMIJAKHYhWDKMQ6AEITTAG#v=onepage&q=sweet%20potato%20bioactive%20compounds%20source&f=false>

JEDDOU, K. B.; MAKTOUF, S.; NOURI-ELLOUZ, O.; HELBERT, C. B.; GHORBEL, R. E.: Structural, functional, and antioxidant properties of water-soluble polysaccharides from potatoes peels. **Food Chemistry**, v. 205, p. 97-105, 2016.

JI, H.; ZHANG, H.; LI, H.; LI, Y.: Analysis on the nutrition composition and antioxidant activity of different types of sweet potato cultivars. **Food and Nutrition Sciences**, China, vol. 6, p. 161-167, 2015.

JIE, L.; XIAO-DING, L.; YUN, Z.; ZHENG-DONG, Z.; ZHI-YA, Q.; MENG, L.; SHAO-HUA, Z.; SHUO, L.; MENG, W.; LU, Q.: Identification and thermal stability of purple-fleshed sweet potato anthocyanins in aqueous solution with various pH values and fruit juices. **Food Chemistry**, n. 136, p. 1429-1434, 2012.

JÚNIOR, A. J. L. S.; PRAÇA, E. F.; GRANGEIRO, L. C.; BRAGA, A. P.; MENEZES, M. A.; SILVA, A. R.; SANTOS, M. A.: Composição centesimal de de cultivares de batata-doce colhidas aos quatro meses. **Anais do 45^a Congresso Brasileiro de Oleicultura – CBO**, 2005.

JÚNIOR, V. C. A.; VIANA, D., J. S.; FERNANDES, J. S. C.; FIGUEIREDO, J. A.; NUNES, U. R.; NEIVA, I. P.: Selection of sweet potato clones for the region of Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, 2009.

JÚNIOR, V. C. A.; VIANA, D., J. S.; PINTO, N. A. V. D.; RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, R. C.; NEIVA, I. P.; AZEVEDO, A. M.; ANDRADE, P. C. R.: Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 30, 584-589, 2012.

JUNG, J. K.; LEE, S.; KOZUKUE, N.; LEVIN, C. E.; FRIEDMAN, M.: Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) plants and in home processed roots. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 24, p. 29-37, 2011.

KING's COLLEGE LONDON: **1861: James Clerk Maxwell's greatest year**. 2011. Disponível em: <https://www.kcl.ac.uk/newsevents/news/newsrecords/2011/04Apr/JamesClerkMaxwell.aspx>. Acesso: 28/01/2017.

KIM, S. Y.; RYU, C. H.: Studies on the nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Korean Journal of Food and Science Technology**, v. 27, n. 5, p. 819-825, 1995.

KIM, D. C.; KIM, C.; IN, M. J.: Antioxidant activities of extracts prepared from sweet potatoes with different flesh colors. **Journal of Applied Biological Chemistry**, v. 58(1), p. 21-24, 2015.

KIM, H. J.; PARK, W. S.; BAE, J. Y.; KANG, S. Y.; YANG, M. H.; LEE, S.; LEE, H. S.; KWAK, S. S.; AHN, M. J.: Variation in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, nº 41, p. 188-193, 2015.

KOALA, M.; HEMA, A.; SOME, K.; PALE, E.; SEREME, A.; BELEM, J.; NACRO, M.: Evaluation of eight orange fleshed sweetpotato (OFSP) varieties for their total antioxidant, total carotenoid and polyphenolic contents. **Journal of Natural Sciences Research**, Burkina Faso, vol. 3, n. 4, p. 67-72, 2013.

KONICA MINOLTA.: **Controle de cor na indústria alimentícia: a cor da qualidade**. Konica Minolta Sensing Americas, Inc., 2017a. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/learning-center/case-studies/FoodIndustryApps.pdf>. Acesso em 27/01/2017.

KONICA MINOLTA.: **Entendendo o espaço de cor L*a*b***. Konica Minolta Sensing Americas, Inc., 2017b. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>. Acesso em 04/01/2017.

KONICA MINOLTA.: **Compreendendo o espaço de cor CIE L*C*h**. Konica Minolta Sensing Americas, Inc., 2017c. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2015/08/compreendendo-o-espaco-de-cor-cie-lch/>. Acesso em: 05/01/2017.

KRESS-ROGERS, E.; BRIMELOW, C. J. B.: **Instrumentation and sensors for the food industry: 2nd edition**. Woodhead Publishing, 872 p., 2001.

KHURNPOON, L. AND RUNGNOI, O.: The correlation between total phenol and antioxidant capacity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) with varying flesh color. **Acta Horticulturae**, 945, p. 413-419, 2012.

LAURIE, S. M.; CALITZ, F. J.; ADEBOLA, P. O.; LEZAR, A.: Characterization and evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) land races. **South African Journal of Botany**, nº 85, p. 10-16- 2013.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H.: **Sensory evaluation of food: Principle and practices 2nd edition**. Springer Publishing Company, Food Science Text Series, 596 p., 2010.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E.: Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 5, p. 1-10, 2005.

LEITE, J. G.: **Aplicação das técnicas de espectroscopia FTIR e de Micro Espectroscopia Confocal de Raman à preservação do património**. Faculdade de Engenharia da universidade do Porto, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58443/2/Texto%20integral.pdf>.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M. A.; FILHO, J. D.: Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu/SP, v. 1, p. 49-68, outubro/2005.

LEONEL, M.: Análise da forma e tamanho de grânulos de amido de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27(3), p. 579-588, 2007.

LIMA, B. N. B.; CABRAL, T. B.; NETO, R. P. C.; TAVARES, M. I. B.: Estudo do amido de farinhas comerciais comestíveis. **Polímeros**, v. 22, n. 5, p. 486-490, 2012.

LASZTITY, R.: Food Quality and Standards: Minerals and other microcomponents. **Food Quality and Standards vol. III**, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), 2009. Disponível em: <http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/e5-08-07-06.pdf>.

LINDBLOOM, B. J.: **Delta E CIE94**. brucelindbloom.com, 2011. Disponível em: http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_DeltaE_CIE94.html. Acesso 02/01/2017.

LOPACIUK, A.; LOBODA, M.: Global beauty industry trends in the 21st century. **Management, Knowledge and Learning International Conference**, Polônia, pg. 1079-1087, 2013.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. V.; QUADRI, M. B.: Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 3. p. 291-297, 2007.

LÓPEZ, O.P; DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.: Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40(3), p. 173-289, 2000.

LOW, J.; SINDI, K.: Use of orange fleshed sweetpotato (OFSP) to combat vitamin A deficiency in Sub-saharan Africa through innovative delivery systems. **Sweetpotato for Profit and Health Initiative-SPHI**, FAO Working Session on Prevention of Micronutrient Deficiencies and Malnutrition, PROFAV Africa Regional Workshop, 2011.

MALACRIDA, C. R.; DA MOTTA, S.: Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa Processamento de Alimentos – CEPPA**, v. 24, n11, 0. 59-82, 2006.

MALAVOLTA, E.: **Manual de nutrição mineral de plantas**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 631 p., ISBN 8531800471, 2006.

MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A.; MOULIN, B. S. F.: Protocolo para determinação de açúcares redutores pelo método de Somogyi-Nelson. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA**, Comunicado Técnico nº 86, 2013.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L.: Polyphenol: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 727-747, 2004.

MANIQUE, I.; ROCA, W.: Potential of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) biodiversity as a functional food in the tropics. **Workshop “Functional Foods and Medicinal Products Developments from Amazonian Crops**, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.bioeurolatina.com/bioeuro/archivos/William%20Roca-Brazil.pdf>.

MATTHIESSEN, T. B.; STEINBERG, F. M.; KAISER, L. L.: Convergent validity of a digital image-based food record to assess food group intake in youth. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 111, p. 756-761, 2011.

MCCLEMENTS, D. J.: **Understanding and controlling the microstructure of complex foods**. Woodhead Publishing, 1st Edition, 792 pg., 2007.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J.: Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 54, n. 2, 2004.

MELO, W. F.; GOMES, L. M.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B.; BESSA, F. P.; DUSI, A. N.: Biofortificação no Brasil (BioFort): Avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno. **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, p. 2675-2680, 2011.

MELO, P. S. L.; WARTHA, E. R. S. A.; MARINS, M. L. C. L.; LIMA, P. B. N.; SILVA, D. G.; CARVALHO, J. L. V.: Caracterização química de batata-doce biofortificada (*Ipomoea batatas* L.) *in natura* e cozida. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – CBCTA**, pg. 17, 2014.

MICHAELIS: **Dicionário brasileiro da língua portuguesa**. Versão online. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br>. Acesso em: 14/11/2016.

MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; SILVA, J. B.: A cultura da batata-doce. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPq, Brasília, 1º ed., 2º impressão, 89 p., 2006. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11965/2/00013620.pdf>

MONTES, S. M. N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSIANO, M. A. A.: Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea Batatas* Lam.) na região oeste do estado de São Paulo: um estudo de caso. **Revista Informações Econômicas**, SP, v. 36, n. 4, pg. 15-23, 2006.

MORO, T. M. A.; SILVA, C. C. O.; SICILIANO, I.; MOURA, L. S. M.; CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R.; FREITAS, D. G. C.: Perfil sensorial e aceitação pelo consumidor de massa alimentícia à base de farinha de batata-doce de polpa alaranjada. **IV Reunião de Biofortificação**, Teresina/PI, 2011.

MOULIN, M. M.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; SUDRÉ, C. P.; SANTOS, M. H.; SILVA, J. R. P.: Collection and morphological characterization of sweet potato landraces in north of Rio de Janeiro state. **Horticultura Brasileira**, n. 30, p. 286-292, 2012.

MUMMERT, C. N.: **The development of a machine vision system to measure the shape of a sweetpotato root**. Tese, North Carolina State University, 77 p., 2004. Disponível em: <https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.16/1393/etd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION.: X-rays. **Science Mission Directorate**, 2010. Disponível em: http://missionscience.nasa.gov/ems/11_xrays.html. Acesso:09/01/2017.

NASCIMENTO, M. G.; PRATO, T. S.: Influência da cor e do odor na discriminação do sabor de um produto. **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos - CBCTA**, Gramado/RS, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/117.pdf>

NUNES, I., L.; MERCADANTE, A., Z.: Obtenção de cristais de licopeno a partir de descarte de tomate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 24(3), p. 440-447, 2004.

NUNES, M. U. C.; JESUS, A. F.; SANTOS, L. S.; LIMA, I. S.: Produtividade de genótipos de batata-doce com potencial para biofortificação em sistemas de produção orgânico em Sergipe. **Anais da IV Reunião de Biofortificação**, Teresina/PI, 2011.

NUNES, M. U. C.; SANTOS, J. R.; SOUSA, E. F.: Produtividade de clones de cultivares de batata-doce com diferentes colorações de polpa em sistema de produção orgânico em Sergipe. **Embrapa Tabuleiros Costeiros – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 52, 2009.

NOLÊTO, D. C. S.; SILVA, C. R. P.; COSTA, C. L. S.; UCHÔA, V. T.: Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) comum e biofortificada. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 13, n. 1, p. 59-68, 2015.

NORMAN, P. E.; BEAH, A. A.; SAMBA, J. A.; TUCKER, M. J.; BENYA, M. T.; FOMBA, S. N.: Agro-phenotypic characterization of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes using factor and cluster analysis. **Agricultural Science Research Journal**, v.4(2), p. 30-38, 2014.

OCHIENG, L. A.; GITHIRI, S. M.; NYENDE, B. A.; MURUNGI, L. K.; KIMANI, N. C.; MACHARIA, G. K.; KARANJA, L.: Analysis of the genetic diversity of selected East African sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) accession using microsatellite markers. **African Journal of Biotechnology**, v. 14(34), p. 2583-2591, 2015.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N.: Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P_2O_5 . **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 747-751, 2005.

OLIVEIRA, C. D.; SOUZA, A. F.; DUDA, P. R. O.; SOUZA, A. A. D. F.: Produtividade de cultivares de batata-doce, plantadas com ramas de safra anterior, conservadas durante o inverno em diferentes ambientes. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v., n.5, 2015.

OLIVEIRA, D. M.; BASTOS, D. H. M.: Biodisponibilidade de ácidos fenólicos. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1051-1056, 2011.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, A. C.; SILVA, J. A.: Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 178, n. 8, p. 830-834, 2013.

OLIVEIRA, S.: **Inferência e análise de resíduos e de diagnóstico em modelos lineares generalizados**. Monografia, 68 f. Universidade Federal de Juiz de Fora/MG, Instituto de Ciências Exatas, 2013.

OJONG, P. B.; NJITI, V.; GUO, Z.; GAO, M.; BESONG, S.; BARNES, S. L.: Variation of flavonoid content among sweetpotato accessions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, n. 133(6), p.819-824, 2008.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R.: **Análise de Imagens Digitais Princípios, Algoritmos e Aplicações**. São Paulo: Thomson Learning, 508 p., 2008.

PRESTES, E.: **Teoria dos grafos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2011. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/~prestes/Courses/Graph%20Theory/GrafosA1.pdf>. Acesso em: 18/03/2017.

PARK, S. C.; KIM, S. H.; PARK, S.; LEE, H. U.; LEE, J. S.; PARK, W. S.; AHN, M. J.; KIM, Y. H.; JEONG, J. C.; LEE, H. S.; KWAK, S. S.: Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing *lbOr-Ins* gene in purple-fleshed sweetpotato cultivar. **Plant Physiology**, n. 86, p. 82-90, 2014.

PATARE P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID F. A.: Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6(1), p. 36-60, 2013.

PEREIRA, L. L. S.: **Estudo comparativo entre faseolamina comercial e farinha de feijão como perspectiva ao tratamento da obesidade e do diabetes mellitus tipo 2**. 72 f. Dissertação de Mestrado em Agroquímica – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PERKINELMER, INC.: FTIR Spectroscopy: Attenuated Total Reflectance (ATR) technical note. **PerkinElmer and Analytical Sciences**, USA, 2005. Disponível em: http://www.utsc.utoronto.ca/~traceslab/ATR_FTIR.pdf.

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L.: Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science Technology International**, v. 12(6), p. 505-513, 2006.

PLACIDE, R.; SHIMELIS, H.; LAING, M.; GAHAKWA, D.: Application of principal component analysis to yield and yield related traits to identify sweet potato breeding parents. **Tropical Agricultural Research** (Trinidad), v. 92, n. 1, 2015.

PORCU, O. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.: **Fatores que influenciam na composição de carotenoides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados**. 131 f., Tese de Doutorado em Ciência de Alimentos – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PRAKASH, A.; MILLER, E.: **Antioxidant activity**. Medallion Laboratories, Analytical Progress, 2001.

QIN, F.; SIWIK, D. A.; LUPTAK, I.; HOU, X.; WANG, L.; HIGUCHI, A.; WEISBROD, R. M.; OUCHI, N.; TU, V. H.; CALAMARAS, T. D.; MILLER, E. J.; VERBEUREN, T. J.; WALSH, K.; COHEN, R. A.; COLUCCI, W. S.: The polyphenols resveratrol and S17834 prevent the structural and functional sequelae of diet-induced metabolic heart disease in mice. **American Heart Association**, Circulation 125, p. 1757-1764, 2012.

RAVLI, Y.; DA SILVA, P.; MOREIRA, R. G.: Two-stage frying process for high-quality sweet-potato chips. **Journal of Food Engineering**, v. 118, n. 1, p. 31-40, 2013.

ROCHA, T. S.; CARNEIRO, A. P. A.; FRANCO, C. M. L.: Effect of some enzymatic hydrolysis on some physicochemical properties of root and tuber granular starches. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30(2), pg. 544-551, 2010.

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J.: **Fontes brasileiras de carotenoides: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Instituto do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília: MMA/SBF, 100 p., 2008.

ROGÉRIO, W. F.; LEONEL, M.: Efeitos da espessura das fatias e pré-cozimento na qualidade de salgadinhos fritos (*chips*) de tuberosas tropicais. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 131-137, 2004.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; HORATA, A. C. S.: Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 205-214, 2014.

ROULLIER, C.; DUPUTIÉ, A.; WENNEKES, P.; BENOIT, L.; BRINGAS, V. M. F.; ROSSEL, G.; TAY, D.; MCKEY, D.; LEBOT, V.: Disentangling the origins of cultivated sweet potato (*Ipomoea batatas*(L.) Lam.). **PloS one**, v. 8, n. 5, p. e62707, 2013a.

ROULLIER, C.; KAMBOUO, R.; PAOFA, J.; MCKEY, D.; LEBOT, V.: On the origin of sweet potato (*Ipomoea batatas*(L.) Lam) genetic diversity in New Guinea, a secondary centre of diversity. **Heredity**, v. 110, n. 6, p. 594-604, 2013b.

RUMBAOA, R. G. O.; CORNAGO, D. F.; GERONIMO, I. M.: Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. **Food Chemistry**, n. 113, p. 1133-1138, 2009.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F. D.: Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de redução do Ferro (FRAP). **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**, Comunicado Técnico on line 125, Fortaleza/CE, 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D.: Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS⁺. **Comunicado técnico nº 128** - Embrapa Agroindústria Tropical, 2007a.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D.: Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado técnico nº 127** - Embrapa Agroindústria Tropical, 2007b.

SAEED, S.; AHMAD, M. M.; KAUSAR, H.; PARVEEN, S.; MASIH, S.; SALAM, A.: Effect of sweet potato flour on quality of cookies. **Journal of Agricultural Research**, v. 50(4), 2012.

SANTOS, P. R. R.; BRANDELERO, C. D.; FERREIRA, D. T. L.; NUNES, O. L. G.; GUZI, E. T.: Análise sensorial de pão de forma enriquecido com batata-doce biofortificada. **XIII Seminário de Extensão Universitária-SEU**, Universidade do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Foz do Iguaçu/PR, 2013.

SANT'ANNA, V.; GURAK, P. D.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. C.: Tracking bioactive compounds with colour changes in foods – a review. **Dyes and Pigments**, n. 98, p. 601-608, 2013.

SCHUESSLER, Z.: **Delta E 101**. Overly-Verbose Delta E Guide, 2016. Disponível em: <http://zschuessler.github.io/DeltaE/learn/>. Acesso em: 30/01/2017.

SCHULTZ, A. R.: **Introdução ao estudo da botânica sistemática 3º ed.** Porto Alegre, Editora Globo, v. 2, 1968.

SHANTAIA, S.; ANSARI, U.: Identification of food grains and quality using pattern classification. **Special Issue of IJCCT – International Journal of Computer and Communication Technology**, v. 2, issue 2, 3, 4, pg. 67-73, 2010.

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAIN, A. K.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, N.: Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, n. 173, p. 957-965, 2014.

SILVA, G.. S. P.: **Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata-doce cultivada com diferentes fontes e doses de Potássio**. Dissertação, Universidade Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO, 66 p., 2013.

SILVA, J. B. C.; LOPES C. A.; MAGALHÃES, J. S.: Batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.). **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Hortaliças**, Sistemas de Produção, nº 6 (versão eletrônica), 2008.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S.: Cultura da batata-doce. In. CEREDA, M. P. (Org.): Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas. **Fundação Cargill**, v. 2, cap. 21, p. 448-504, 2002.

SILVA, J. D.; QUEIROZ, A. C.: **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa-G, e ed., 235 p., 2002.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J.: **Spectrometric identification of organic compounds 7th edition**. John Wiley & Sons, 2005.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, 1999.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S.: Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SMITH, R. A.: Color Gamut Transform Pairs. **SIGGRAPH 78 Conference Proceedings**, p. 12-19, 1978. Disponível em: <http://www.alvyray.com/Papers/CG/color78.pdf>.

SMITH, R. A.; LYONS, E. R.: HWB – A more intuitive Hue-Based color model. **Journal of Graphics GPU and Game Tools**, v. 1, n. 1, p. 3-17, 1996. Disponível em: http://alvyray.com/Papers/CG/HWB_JGTV208.pdf

SOARES, S. E.: Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, n. 15(1), p. 71-81, 2002.

SOARES, E. R.; MONTEIRO, E. B.; SILVA, R. C.; BATISTA, A.; SOBREIRA, F.; MATTOS, T.; COSTA, C. A.; DELAPRANE, J. B.: Compostos bioativos em alimentos, estresse oxidativos e inflamação: uma visão molecular de nutrição. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto-HUPE**, v. 14(3), p. 64-72, 2015.

SPRAGG, R. E.: **Reflection measurements in IR Spectroscopy technical note**. PerkinElmer, Inc, USA, 2013. Disponível em: https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/TCH_reflection-Measurements.pdf.

SRISUWAN, S.; SIHACHAKR, D.; SILJAK-YAKOVLEV, S.: The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) and its wild relatives through the cytogenetic approaches. **Plant Science**, v. 171, n. 3, p. 424-433, 2006.

- STATSOFT, Inc.: **STATISTICA: data analysis software system**. Version 7.0. 2004.
- STEED, L. E.; TRUONG, V. D.: Anthocyanin content antioxidant activity and selected physical properties of flowtable purple-fleshed sweetpotato purees. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 5, 2008.
- SUINAGA, F. A.; ARAUJO, T. A.; MALDONADE, I. R.; PINHEIRO, J. B.: Resistência de genótipos de batata-doce a insetos broqueadores de raízes tuberosas. **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, p. 977-981, 2011.
- SU, X.; GRIFFIN, J.; KRATZ, B.; TOMICH, J.; WANG, W.: Characterization of anthocyanins in sweet potato shoots. **The FASEB Journal**, v. 30, n. 1, Supplement, p. 685.5-680.5, 2016.
- SUN, H.; MU, T.; XI, L.; ZHANG, M.; CHEN, J.: Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food Chemistry**, n. 156, p. 380-389, 2014.
- TABAKOV, S. D.: Introduction to vision, colour models and image compression. **Medical Physics International Journal**, v. 1, n. 1, 2013.
- TANG, Y.; CAI, W.; XU, B.: Profiles of phenolic, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed with, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guiling China. **Food Science and Human Wellness**, n. 4, p. 123-132, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.: **Fisiologia Vegetal**. Editora Artmed, Porto Alegre, 719 p., 2004.
- TAKEITI, C. Y.; ANTONIO, G. C.: Batata-doce: potencial para novos produtos alimentícios. **Artigo Agronline**, 2009. Disponível em: <http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=468>. Acesso 25/06/2015.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J.: Análise de solo, plantas e outros materiais. **Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos da Universidade do Rio Grande do Sul-Porto Alegre**, Boletim técnico nº 5, 2º ed., 170p, 1995.
- TEOW, C. C.; TRUONG, V. D.; MCFEETERS, R. F.; THOMPSON, R. L.; PECOTA, K. V.; YENCHO, G. C.: Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, n. 103, p. 829-838, 2007.
- TEIXEIRA, L. V.: Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista Instituto Laticínio “Candido Tostes”**, n. 366, 64, p. 12-21, 2009.
- TREZONA, P. W.: Derivation of the 1964 CIE 10° XYZ colour-matching functions and their applicability in photometry. **Colour Research and Application**, v. 26 (1): 67-75, 2000.
- TROMP, M.; DUDGEON, J. V.: Differentiating dietary and non-dietary microfossils extracted from human dental calculus: the importance of sweet potato to ancient diet on Rapa Nui. **Journal of Archeological Science**, nº 54, p. 54-63, 2015.

TRUONG, V. D.; HU, Z.; THOMPSON, R. L.; YENCHO, G. C.; PECOTA, K. V.: Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, p. 96-103, 2012.

TRUONG, V. D.; MCFEETERS, R. F.; THOMPSON R. T.; DEAN, L. L.; SHOFRAN, B.: Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) cultivars in the United States. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. 343-349, 2007.

TURNER, H.: **Introduction to Linear Generalized Models**. ESRC National Centre for Research Models, Department of Statistics, University of Warwick UK, 2008.

UCLA – UNIVERSITY OF CALIFORNIA.: Introduction to SAS: Factor analysis. **University of California - UCLA: Statistical Consulting Group**, 2017. Disponível em: <http://www.ats.ucla.edu/stat/spss/output/factor1.htm>. Acesso: 17/02/2017.

UFPE – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO: **Modelos Lineares Generalizados - Aula**. Universidade Federal De Pernambuco, Aula Mestrado Disciplina MES940 do Programa de Pós Graduação em Estatística, 2017. Disponível em: <http://www.de.ufpe.br/~cysneiros/disciplina/MES940/aulaMLGmestrado.pdf>. Acesso: 02/02/2017.

UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ: **Estatística II**. Universidade Federal Do Paraná, Setor De Ciências Exatas, Departamento De Estatística, 146 p., 2009. Disponível em: <http://www.est.ufpr.br/ce003/material/apostilace003.pdf>.

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.: Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO. **Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação-NEPA, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP**, 4º ed., 161p. 2011.

UKESSAYS.: **Difference between digital image processing and digital image analysis**. 2013. Disponível em : <https://www.ukessays.com/essays/information-technology/difference-between-digital-image-processing-and-digital-image-analysis.php>. Acesso 12/12/2016.

UKOM, A. N.; OJIMELUKWE, P. C.; OKPARA, D. A.: Nutrient composition of selected sweet potato [*Ipomoea batatas* (L) Lam] varieties as influenced by different levels of nitrogen fertilizer application. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8(11), p. 1791-1795, 2009.

UMBAUGH, S. E.: **Digital image processing and analysis: Human and computer vision applications with CVIPtools**. CRC Press, Second Edition, 977 pg.; 2010.

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO: **Análise fatorial**. UNESP, Departamento 47, Geologia Aplicada, 2017. Disponível em: <http://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/geologiaaplicada/6.fatorial.pdf>.

VALDEZ, C. C.; LÓPEZ, A. Y.; SCHWARTZ, S.; BULUX, J.; SOLOMONS, N. W.: Sweet potato buds: the origins of a “designer” food to combat hypovitaminosis A in Guatemala: processing, vitamin A content and preservation characteristics. **Nutrition Research**, v. 21, p. 61-70, 2001.

VEASEY, E. A.; SILVA, J. R. Q.; ROSA, M. S.; BORGES, A.; BRESSAN, E. A.; PERONI, N.: Phenology and Morphological diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas*) landraces of the Vale do Ribeira. **Scientia Agricola**, v. 64, n.4, p. 416-427, 2007.

VEITCH, N. C.; GRAYER, R. J. Flavonoids and their glycosides, including anthocyanins. **Natural Product Reports**, v. 28, n. 10, p. 1613-1774, 2011.

VERNON-PARRY, K. D.: Scanning Electron Microscopy: an introduction. **III-Vs Review**, v. 13, n. 4, 2000. Disponível em: http://ac.els-cdn.com/S096112900080006X/1-s2.0-S096112900080006X-main.pdf?_tid=9fda131c-ddea-11e6-acb6-00000aab0f6c&acdnat=1484791225_f000188764f64e6d8fe131ffed2682f4.

VIANA, D. J. S., JÚNIOR, V. C. A., RIBEIRO, K. G., PINTO, N. A. V. D., NEIVA, I. P., FIQUEIREDO, J. A., LEMOS, V. T., PEDROSA, C. E., AZEVEDO, A. M.: Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1466-1471, 2011.

VICINI, L.: **Análise multivariada da teoria à prática**. Universidade Federal de Santa Maria-UFSC, CCNE, 215 p., 2005.

VILLANOVA, F. A.; PINTO, V. Z.; COLUSSI, R.; SANTETI, G. S.; GUTKOSKI, L. C.; ZAVAREZE, E. D.; DIAS, A. R. G.: Propriedades de pasta e térmicas de amidos de trigo tipo-A e tipo-B. **Anais da 6ª Conferência Brasileira De Pós-Colheita**, Maringá, PR, p. 738-744, 2014.

VILLORDON, A; CARROL, H.: Digital image analysis of sweetpotato storage roots in herbicide trials. **Hort Science**, v. 37 (4), p. 669-670, 2002.

VIZZOTTO, M.; SANTOS, E. P.; MUNHOZ, P. C.; FERRI, N. M. L.; CASTRO, L. A. S.; FROLOW, A. C.: Composição mineral de genótipos de batata-doce coloridos (*Ipomoea batatas*). **Anais do 10º Simpósio de Recurso Genético para a América Latina e o Caribe**, Bento Gonçalves/RS, 2015.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. S.; VINHOLES, J. R.; MUNHOZ, P. C.; FERRI, N. M. L.; CASTRO, L. A. S.; KROLOW, A. C. R.: Physicochemical and antioxidante capacity analysis of colored sweet potato genotypes: *in natura* and thermally processed. **Ciência Rural**, Santa Marina, v. 47(04), 2017.

WANG, Y.; ZHANG, Y.; WANG, X.; LIU, Y.; XIA, M.: Supplementation with cyanidin-3-O- β -glucoside protects against hypercholesterolemia-mediated endothelial dysfunction and attenuates atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice. **Journal of Nutrition**, V. 142, N. 6, P. 1033-1037, 2012.

WANG, S.; YU, J.; ZHU, Q.; YU, J.; JIN, F.: Granular structure and allomorph position in c-tipo Chinese yam starch granule revealed by SEM, 13C CP/MAS NMR and XRD. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 426-433, 2009.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.: Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, Santa Marina, v. 35, p. 974-980, 2005.

WILLIAMS, R.; SOARES, F.; PEREIRA, L.; BELO, B.; SOARES, A.; SETIAWAN, A.; BROWNE, M.; NESBITT, H.; ERSKINE, W.: Sweet potato can contribute to both nutritional and food security in Timor-Leste. **Field Crops Research**, nº 146, p. 38-43, 2013.

WIKIPÉDIA: **LMS color space**. Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/LMS_color_space. Acesso: 02/02/2017.

WHO – WORLD HEALTH ORGANISATION: **Vitamin and mineral requirements in human nutrition, Second edition**. Joint FAO/WHO Expert Consultation on Human Vitamin and Mineral Requirements, World Health Organization Publications, Geneva, Switzerland, 2004.

WOOTTON-BEARD, P. C.; MORAN, A.; RYAN, L.: Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after *in vitro* digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS⁺ and Folin–Ciocalteu methods. **Food Research International**, v. 44, n. 1, pg. 217–224, 2011.

WOJSLAW, E. B.: **Tecnologia de Alimentos**. Conselho Editorial, Brasília-DF, 2012. Disponível em: http://lms.ead1.com.br/webfolio/Mod4916/tecnologia_de_alimentos_v1.pdf.

WUEHLER, S. E.; OUEDRAOGO, A. W.: Situational analysis of infant and young child nutrition policies and programmatic activities in Burkina Faso. **Maternal and Child Nutrition**, n. 7(Suppl.1), p. 35-62, 2011.

XIAO, H.W.; LIN, H.; YAO, X.D.; DU, Z.L.; LOU, Z.; GAO, ZJ.: Effects of different pretreatments on drying kinetics and quality of sweet potato bars undergoing air impingement drying. **International Journal of Food Engineering**, v. 5(5), 2009.

X-RITE: **A guide to understanding colour communication**. X-Rite Incorporated, Grand Rapids, Michigan/USA, 25p., 2007.

XU, J.; SU, X.; LIM, S.; GRIFFIN, J.; CAREY, E.; KATZ, B.; TOMICH, J.; SMITH, J. S.; WANG, W.: Characterization and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. **Food Chemistry**, n. 186, p. 90-96, 2014.

YAM, K. L., PAPADAKIS, S. E.: A simple digital image method for measuring and analyzing color of food surfaces. **Journal of Food Engineering**, n. 61, p. 137-142, 2004.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C.: Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônômicas. **Informações Agrônômicas**, n. 119, p. 1-32, 2007.

YAMAGATA, K.; TAGAMI, M.; YAMORI, Y.: Dietary polyphenols regulate endothelial function and prevent cardiovascular disease. **Nutrition**, v.31, p. 28-37, 2015.

YOO, Y. J.; HONG, J.; HATCH, R. T.: Comparison of α -Amylase Activities from Different Assay Methods. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, 1987.

YOUNG, T.: The Bakerian Lecture: On the theory of light and colours. **Philosophical Transactions Royal Society of London**, v. 92, p. 12-48, 1802. Disponível em: http://www.iesleonardoalacant.es/Departamento-fisica/Luz/Color_Young.pdf

YUSSOF, N. S.; UTRA, U.; ALIAS, A. K.: Hydrolysis of native and cross-linked corn, tapioca, and sweet potato starches at sub-gelatinization temperature using a mixture of amylolytic enzymes. **Starch Journal**, v. 65, pg. 285-295, 2013.

YOSHIMOTO, M.; YAHARA, S.; OKUNO, S.; ISLAM, MD. S.; ISHIGURO, K.; YAMAKAWA, O.: Antimutagenicity of mono-, di-, and tricaffeoylquinic acid derivatives isolates from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 66(11), p. 2336-2341, 2002.

ZHANG, B; ZHANG, Y.: Mann-Whitney U test and Kruskal-Wallis test should be used for comparisons of differences in medians, not means: Comment on the article by van der Helm-van Mil et al. **Arthritis Rheum**, n. 60(5), 2009

ZHENG, Y.; WANG, Q.; LI, B.; LIN, L.; TUNDIS, R.; LOIZZO, M. R.; ZHENG, B.; XIAO, J.: Characterization and prebiotic effect of resistant starch from purple sweet potato. **Molecules**, v. 21(932), 2016.

ZHENG, P; LIU, T.; ZHANG, J.; ZHANG, L.; LIU, Y.; HUANG, J. GUO, S.: Sweet potato-derived carbon nanoparticles as anode for lithium ion battery. **Royal Society of Chemistry**, n. 5, p. 40737-40741, 2015.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radical. **Food Chemistry**, v. 64, p. 555-559, 1999.

ZHOU, W.; YANG, J; HONG, Y.; LIU, G.; ZHENG, J.; GU, Z.; ZHANG, P.: Impact of amylose content on starch physicochemical properties in transgenic sweet potato. **Carbohydrate Polymers**, n. 122, p. 417-427, 2014.

APÊNDICES

Apêndice A – Estatística descritiva das amostras na condição *in natura*

Análises	Dados	Amostras <i>in natura</i>								
		LL1	LL2	KL1	KL2	ML1	ML2	BL1	UL2	AL2
Aw	$\bar{x}$	0,95	0,94	0,96	0,97	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
	σ	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SE	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	95,00%	0,94	0,92	0,94	0,96	0,97	0,97	0,96	0,97	0,97
	95,00%	0,95	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Acidez	$\bar{x}$	2,11	1,81	2,53	2,77	1,88	1,51	2,12	2,21	2,48
	σ	0,06	0,09	0,11	0,08	0,16	0,07	0,23	0,08	0,09
	SE	0,04	0,05	0,06	0,05	0,09	0,04	0,13	0,05	0,05
	95,00%	1,94	1,58	2,25	2,57	1,49	1,32	1,56	2,01	2,25
	95,00%	2,27	2,04	2,80	2,98	2,27	1,69	2,68	2,42	2,71
Cinzas	$\bar{x}$	1,19	0,05	1,11	0,03	0,91	0,04	0,83	0,03	0,04
	σ	0,04	0,01	0,05	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00
	SE	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
	95,00%	1,08	0,03	0,99	0,03	0,81	0,02	0,73	0,02	0,04
	95,00%	1,29	0,07	1,23	0,04	1,00	0,05	0,93	0,04	0,05
Umidade	$\bar{x}$	63,85	65,03	68,62	83,20	76,83	74,62	80,79	83,93	80,64
	σ	0,09	0,39	7,08	1,40	1,44	4,92	2,51	0,04	0,69
	SE	0,05	0,23	4,09	0,81	0,83	2,84	1,45	0,02	0,40
	95,00%	63,63	64,05	51,03	79,73	73,27	62,40	74,56	83,82	78,93
	95,00%	64,07	66,01	86,21	86,67	80,40	86,84	87,01	84,03	82,34
Proteínas	$\bar{x}$	1,80	0,49	1,14	1,67	1,55	1,55	0,66	1,42	2,80
	σ	0,45	0,21	0,35	0,26	0,69	0,69	0,42	0,25	0,18
	SE	0,26	0,12	0,20	0,15	0,40	0,40	0,24	0,14	0,10
	95,00%	0,69	-0,03	0,27	1,02	-0,16	-0,16	-0,39	0,81	2,36
	95,00%	2,90	1,02	2,00	2,32	3,27	3,27	1,70	2,03	3,25
Lipídeos Totais	$\bar{x}$	1,30	1,12	1,14	1,18	1,32	1,13	0,70	0,71	0,68
	σ	0,45	0,21	0,46	0,03	0,35	0,14	0,20	0,10	0,19
	SE	0,26	0,12	0,27	0,02	0,20	0,08	0,11	0,05	0,11
	95,00%	0,18	0,59	-0,02	1,11	0,45	0,78	0,21	0,48	0,20
	95,00%	2,42	1,65	2,29	1,26	2,19	1,48	1,19	0,95	1,15
Vitamina C	$\bar{x}$	53,06	27,34	17,00	17,02	57,17	31,27	29,83	50,39	57,08
	σ	1,08	5,46	1,00	1,02	4,32	3,32	4,64	9,23	5,36
	SE	0,62	3,15	0,58	0,59	2,49	1,92	2,68	5,33	3,10
	95,00%	50,37	13,78	14,51	14,49	46,45	23,03	18,29	27,45	43,76
	95,00%	55,74	40,89	19,49	19,54	67,90	39,52	41,36	73,32	70,40

Casca L*	$\bar{x}$	32,57	33,97	40,16	42,62	31,48	47,78	42,36	58,17	62,59
	σ	1,21	0,83	0,81	2,25	1,04	6,14	0,18	1,27	2,00
	SE	0,70	0,48	0,47	1,30	0,60	3,54	0,10	0,73	1,16
	95,00%	29,57	31,90	38,16	37,02	28,90	32,53	41,93	55,01	57,62
	95,00%	35,58	36,04	42,16	48,21	34,06	63,02	42,80	61,33	67,56
Casca a*	$\bar{x}$	17,50	12,17	11,39	10,80	29,98	10,64	18,52	20,56	18,72
	σ	1,22	1,97	0,69	0,85	4,66	0,98	5,29	0,17	0,49
	SE	0,70	1,14	0,40	0,49	2,69	0,57	3,05	0,10	0,28
	95,00%	14,47	7,28	9,68	8,69	18,40	8,20	5,38	20,13	17,50
	95,00%	20,54	17,07	13,10	12,91	41,56	13,09	31,66	20,98	19,94
Casca b*	$\bar{x}$	12,93	15,70	19,81	19,24	10,07	22,97	16,93	32,47	26,12
	σ	0,22	0,30	0,36	0,64	1,70	2,32	1,95	1,18	0,73
	SE	0,13	0,17	0,21	0,37	0,98	1,34	1,13	0,68	0,42
	95,00%	12,38	14,95	18,91	17,65	5,86	17,22	12,08	29,53	24,30
	95,00%	13,48	16,45	20,70	20,83	14,29	28,73	21,78	35,40	27,93
Casca C*	$\bar{x}$	21,44	18,79	25,00	22,07	29,74	25,18	25,99	37,73	32,14
	σ	0,75	0,94	3,04	0,69	1,17	1,97	3,54	0,93	0,55
	SE	0,44	0,54	1,75	0,40	0,68	1,14	2,04	0,54	0,32
	95,00%	19,57	16,46	17,45	20,36	26,83	20,28	17,21	35,41	30,77
	95,00%	23,31	21,13	32,55	23,78	32,65	30,08	34,78	40,05	33,51
Casca h°	$\bar{x}$	38,02	52,38	59,45	60,71	21,15	65,78	42,53	55,94	54,36
	σ	1,52	0,52	1,91	2,10	1,71	2,94	12,35	0,59	1,23
	SE	0,88	0,30	1,10	1,21	0,99	1,70	7,13	0,34	0,71
	95,00%	34,24	51,08	54,71	55,48	16,89	58,47	11,86	54,46	51,31
	95,00%	41,80	53,68	64,19	65,94	25,40	73,09	73,21	57,41	57,41
Casca X	$\bar{x}$	8,16	10,26	13,01	16,97	10,54	17,98	15,16	30,18	34,77
	σ	0,65	0,07	1,49	6,71	0,77	4,56	1,03	1,58	2,43
	SE	0,37	0,04	0,86	3,88	0,44	2,63	0,59	0,91	1,40
	95,00%	6,55	10,09	9,32	0,30	8,63	6,65	12,60	26,26	28,72
	95,00%	9,76	10,43	16,70	33,65	12,45	29,32	17,71	34,11	40,81
Casca Y	$\bar{x}$	6,72	31,93	12,05	12,92	7,36	16,92	12,78	28,61	30,80
	σ	0,72	0,21	1,44	1,54	0,72	4,59	0,17	3,06	2,73
	SE	0,41	0,12	0,83	0,89	0,42	2,65	0,10	1,77	1,58
	95,00%	4,94	31,41	8,46	9,10	5,57	5,51	12,36	21,00	24,02
	95,00%	8,50	32,44	15,64	16,73	9,15	28,34	13,20	36,21	37,59

Casca Z	$\bar{x}$	4,69	5,52	6,10	9,01	5,55	9,04	8,02	11,85	17,85
	σ	0,27	0,07	0,31	2,89	0,46	2,60	0,57	1,18	1,83
	SE	0,16	0,04	0,18	1,67	0,27	1,50	0,33	0,68	1,06
	95,00%	4,02	5,36	5,32	1,83	4,40	2,59	6,60	8,93	13,31
	95,00%	5,36	5,68	6,88	16,20	6,70	15,49	9,44	14,77	22,39
Polpa in natura L*	$\bar{x}$	31,48	81,22	74,23	66,58	40,82	88,26	82,62	71,65	72,10
	σ	1,04	0,51	0,43	0,48	1,40	1,15	1,52	0,28	0,90
	SE	0,60	0,30	0,25	0,28	0,81	0,67	0,88	0,16	0,52
	95,00%	28,90	79,95	73,16	65,38	37,34	85,39	78,84	70,95	69,86
	95,00%	34,06	82,49	75,30	67,79	44,29	91,13	86,40	72,35	74,34
Polpa in natura a*	$\bar{x}$	29,98	2,04	2,67	23,48	35,61	2,00	5,89	28,05	28,30
	σ	4,66	0,07	0,46	0,56	0,41	0,27	0,54	0,28	3,28
	SE	2,69	0,04	0,27	0,32	0,24	0,16	0,31	0,16	1,89
	95,00%	18,40	1,85	1,51	22,10	34,59	1,32	4,55	27,37	20,16
	95,00%	41,56	2,22	3,82	24,87	36,63	2,68	7,23	28,74	36,44
Polpa in natura b*	$\bar{x}$	10,07	24,17	35,64	34,33	3,23	17,40	30,24	43,85	44,82
	σ	1,70	0,73	0,72	0,67	0,54	0,97	2,11	0,40	3,80
	SE	0,98	0,42	0,42	0,39	0,31	0,56	1,22	0,23	2,19
	95,00%	5,86	22,36	33,84	32,66	1,90	15,00	25,00	42,85	35,38
	95,00%	14,29	25,99	37,44	36,00	4,56	19,80	35,47	44,85	54,26
Polpa in natura C	$\bar{x}$	29,74	22,93	33,31	41,82	35,06	17,52	30,81	52,06	53,01
	σ	1,17	1,22	1,40	1,22	1,43	0,96	2,08	0,48	4,97
	SE	0,68	0,70	0,81	0,71	0,83	0,55	1,20	0,27	2,87
	95,00%	26,83	19,91	29,84	38,79	31,50	15,13	25,65	50,88	40,68
	95,00%	32,65	25,95	36,78	44,85	38,62	19,91	35,97	53,24	65,34
Polpa in natura h°	$\bar{x}$	21,15	94,96	81,45	55,80	355,62	96,56	78,94	57,49	57,78
	σ	1,71	0,24	0,88	0,43	2,14	0,95	1,19	0,09	0,78
	SE	0,99	0,14	0,51	0,25	1,24	0,55	0,69	0,05	0,45
	95,00%	16,89	94,35	79,27	54,73	350,31	94,20	75,98	57,26	55,83
	95,00%	25,40	95,57	83,63	56,87	360,94	98,92	81,90	57,71	59,73
Polpa in natura X	$\bar{x}$	10,54	55,14	43,07	39,41	16,80	75,01	61,07	50,83	51,66
	σ	0,77	0,89	4,89	5,50	1,00	11,22	3,02	0,46	0,92
	SE	0,44	0,51	2,82	3,18	0,58	6,48	1,74	0,26	0,53
	95,00%	8,63	52,94	30,92	25,74	14,31	47,13	53,56	49,70	49,37
	95,00%	12,45	57,34	55,21	53,07	19,29	102,89	68,57	51,97	53,95

Polpa <i>in natura</i> Y	$\bar{x}$	7,36	31,93	43,93	36,45	11,76	72,63	61,48	43,14	43,82
	σ	0,72	0,21	4,78	1,25	0,86	2,43	2,82	0,41	1,35
	SE	0,42	0,12	2,76	0,72	0,50	1,40	1,63	0,24	0,78
	95,00%	5,57	31,41	32,05	33,35	9,62	66,59	54,47	42,11	40,47
	95,00%	9,15	32,44	55,81	39,55	13,90	78,67	68,49	44,17	47,17
Polpa <i>in natura</i> Z	$\bar{x}$	5,55	40,74	20,94	16,92	16,80	58,28	37,19	11,85	16,79
	σ	0,46	1,54	3,93	0,37	0,35	2,92	1,25	1,18	2,40
	SE	0,27	0,89	2,27	0,21	0,20	1,69	0,72	0,68	1,39
	95,00%	4,40	36,93	11,17	16,00	15,93	51,03	34,08	8,93	10,82
	95,00%	6,70	44,56	30,71	17,84	17,67	65,54	40,31	14,77	22,75

Apêndice B – Estatística descritiva das amostras na condição liofilizadas

Análises	Dados	Amostras liofilizadas								
		LL1	LL2	KL1	KL2	ML1	ML2	BL1	UL2	AL2
Aw	$\bar{x}$	0,06	0,06	0,07	0,07	0,11	0,09	0,12	0,08	0,08
	σ	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	SE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
	95,00%	0,03	0,01	0,02	0,01	0,08	0,08	0,11	0,06	0,07
	95,00%	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,11	0,14	0,10	0,10
Acidez	$\bar{x}$	0,82	0,97	0,52	0,79	1,11	1,38	1,33	1,48	1,86
	σ	0,16	0,19	0,07	0,14	0,14	0,05	0,14	0,09	0,09
	SE	0,09	0,11	0,04	0,08	0,08	0,03	0,08	0,05	0,05
	95,00%	0,43	0,51	0,35	0,45	0,75	1,25	0,99	1,26	1,63
	95,00%	1,22	1,44	0,70	1,14	1,47	1,51	1,67	1,71	2,09
Cinzas	$\bar{x}$	3,11	3,28	1,68	2,98	1,99	3,79	3,87	5,78	3,78
	σ	0,20	0,40	0,08	1,33	0,17	1,51	0,11	0,53	0,04
	SE	0,12	0,23	0,05	0,77	0,10	0,87	0,06	0,31	0,03
	95,00%	2,61	2,29	1,48	-0,33	1,55	0,04	3,60	4,46	3,67
	95,00%	3,61	4,27	1,88	6,30	2,42	7,53	4,15	7,09	3,89
Umidade	$\bar{x}$	2,69	2,39	2,11	2,21	2,92	2,21	0,31	2,85	3,27
	σ	0,18	0,09	0,08	0,17	0,16	0,16	0,04	0,17	0,15
	SE	0,10	0,05	0,05	0,10	0,09	0,09	0,02	0,10	0,09
	95,00%	2,25	2,17	1,91	1,80	2,52	1,81	0,21	2,44	2,90
	95,00%	3,14	2,61	2,31	2,63	3,32	2,61	0,40	3,27	3,65
Proteínas	$\bar{x}$	3,14	5,73	3,92	3,58	3,74	3,37	3,95	3,66	8,20
	σ	0,57	1,10	0,38	0,53	0,30	0,64	0,09	0,84	0,09
	SE	0,33	0,63	0,22	0,31	0,18	0,37	0,05	0,49	0,05
	95,00%	1,73	3,00	2,99	2,26	2,98	1,79	3,72	1,57	7,98
	95,00%	4,54	8,45	4,85	4,91	4,50	4,96	4,18	5,76	8,42

Lipídeos Totais	$\bar{x}$	0,77	0,80	0,63	0,53	0,44	0,94	1,01	0,49	0,54
	σ	0,42	0,36	0,19	0,32	0,08	0,50	0,05	0,08	0,21
	SE	0,24	0,21	0,11	0,19	0,05	0,29	0,03	0,05	0,12
	95,00%	-0,26	-0,10	0,15	-0,27	0,23	-0,29	0,89	0,29	0,01
	95,00%	1,81	1,69	1,10	1,34	0,64	2,18	1,13	0,69	1,06
Vitamina.C	$\bar{x}$	66,93	69,78	34,90	32,20	31,18	29,85	27,11	45,30	48,83
	σ	3,23	2,20	5,60	2,51	3,11	2,58	3,33	1,25	2,54
	SE	1,86	1,27	3,23	1,45	1,80	1,49	1,92	0,72	1,47
	95,00%	58,92	64,32	20,99	25,97	23,45	23,43	18,83	42,21	42,53
	95,00%	74,94	75,24	48,81	48,81	38,91	36,27	35,38	48,40	55,14
Açúcares totais	$\bar{x}$	16,99	17,87	13,33	14,29	30,54	32,85	27,43	26,04	24,94
	σ	1,55	0,65	0,44	0,07	1,10	0,79	1,35	0,39	1,43
	SE	0,90	0,37	0,25	0,04	0,64	0,45	0,78	0,23	0,83
	95,00%	13,13	16,26	12,24	14,11	27,81	30,89	24,08	25,07	21,38
	95,00%	20,84	19,47	14,43	14,47	33,28	34,80	30,78	27,01	28,51
Açúcares Redutores	$\bar{x}$	11,80	11,47	14,10	14,95	12,73	13,72	12,15	12,19	5,15
	σ	1,65	2,34	2,33	1,85	2,91	3,56	3,32	3,54	0,17
	SE	0,95	1,35	1,35	1,07	1,68	2,05	1,92	2,04	0,10
	95,00%	7,71	5,66	8,31	10,36	5,49	4,88	3,89	3,40	4,74
	95,00%	15,89	17,28	19,89	19,55	19,96	22,56	20,41	20,97	5,57
Antocianinas	$\bar{x}$	20,17	155,30	6,17	2,95	3,73	1,28	11,69	4,11	2,57
	σ	2,32	6,48	0,00	0,44	1,90	1,24	1,56	1,11	1,18
	SE	1,34	3,74	0,00	0,26	1,10	0,72	0,90	0,64	0,68
	95,00%	14,40	139,20	6,17	1,85	-1,00	-1,79	7,82	1,35	-0,36
	95,00%	25,94	171,40	6,17	4,06	8,45	4,36	15,56	6,87	5,49
Carotenoides	$\bar{x}$	1,37	1,29	0,88	0,63	5,34	7,47	24,48	34,04	32,54
	σ	0,08	0,22	0,21	0,06	1,27	0,31	3,29	0,66	3,20
	SE	0,05	0,13	0,12	0,03	0,73	0,18	1,90	0,38	1,85
	95,00%	1,17	0,74	0,36	0,49	2,19	6,71	16,30	32,39	24,58
	95,00%	1,57	1,84	1,40	0,77	8,49	8,23	32,66	35,69	40,50
Fenólicos	$\bar{x}$	308,56	3311,10	250,35	145,66	160,17	580,14	177,40	555,05	102,62
	σ	6,09	57,17	7,65	16,78	0,88	12,37	4,95	25,39	1,22
	SE	3,52	33,01	4,42	9,69	0,51	7,14	2,86	14,66	0,71
	95,00%	293,44	3169,07	231,35	103,97	157,99	549,42	165,10	491,98	99,58
	95,00%	323,69	3453,13	269,36	187,36	162,35	610,86	189,70	618,12	105,66

Flavonoides	$\bar{x}$	50,68	148,45	46,40	2,54	13,74	29,85	7,61	32,96	2,18
	σ	0,33	1,31	1,95	0,04	0,13	0,58	1,43	0,31	0,10
	SE	0,19	0,75	1,13	0,02	0,07	0,34	0,83	0,18	0,06
	95,00%	49,87	145,21	41,55	2,44	13,42	28,40	4,06	32,19	1,93
	95,00%	51,50	151,69	51,25	2,63	14,06	31,30	11,16	33,72	2,43
Abts ⁺	$\bar{x}$	206,35	466,85	171,80	194,62	128,26	468,07	144,09	452,23	228,52
	σ	17,35	1,96	6,84	2,88	4,40	1,96	7,38	5,76	3,35
	SE	10,01	1,13	3,95	1,66	2,54	1,13	4,26	3,32	1,94
	95,00%	163,26	461,99	154,81	187,47	117,33	463,20	125,76	437,93	220,19
	95,00%	249,44	471,71	188,79	201,77	139,20	472,93	162,43	466,53	236,85
Frap	$\bar{x}$	23,51	734,19	95,25	90,94	49,79	369,87	18,42	291,33	84,70
	σ	0,81	63,09	8,06	4,30	3,97	21,21	1,28	11,46	1,15
	SE	0,47	36,42	4,65	2,48	2,29	12,25	0,74	6,61	0,66
	95,00%	21,50	577,47	75,23	80,26	39,92	317,18	15,26	262,87	81,86
	95,00%	25,52	890,92	115,27	101,62	59,65	422,55	21,59	319,78	87,55
Polpa Liofilizada L*	$\bar{x}$	43,75	43,38	63,28	65,17	60,49	58,94	55,78	57,47	58,26
	σ	0,35	0,14	0,17	0,23	0,20	0,24	0,26	0,32	0,12
	SE	0,20	0,08	0,10	0,13	0,12	0,14	0,15	0,18	0,07
	95,00%	42,87	43,03	62,86	64,60	59,98	58,34	55,14	56,68	57,95
	95,00%	44,63	43,73	63,70	65,74	60,99	59,54	56,41	58,25	58,57
Polpa Liofilizada a*	$\bar{x}$	10,28	10,73	0,71	1,56	0,20	1,37	9,46	12,10	11,53
	σ	0,12	0,13	0,02	0,01	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03
	SE	0,07	0,08	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
	95,00%	9,97	10,41	0,66	1,54	0,07	1,25	9,37	12,00	11,46
	95,00%	10,59	11,06	0,76	1,58	0,32	1,50	9,55	12,19	11,60
Polpa Liofilizada b*	$\bar{x}$	4,71	3,41	7,51	10,25	13,06	15,84	15,18	17,47	17,32
	σ	0,05	0,03	0,08	0,08	0,05	0,09	0,04	0,07	0,10
	SE	0,03	0,02	0,05	0,05	0,03	0,05	0,02	0,04	0,06
	95,00%	4,60	3,34	7,31	10,04	12,95	15,62	15,10	17,30	17,08
	95,00%	4,82	3,49	7,71	10,45	13,17	16,06	15,27	17,65	17,56
Polpa Liofilizada C*	$\bar{x}$	11,31	11,27	7,54	10,37	13,06	15,90	17,89	21,25	20,78
	σ	0,13	0,12	0,08	0,08	0,05	0,09	0,05	0,08	0,03
	SE	0,08	0,07	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	0,04	0,02
	95,00%	10,98	10,96	7,34	10,16	12,95	15,68	17,77	21,06	20,69
	95,00%	11,64	11,57	7,74	10,57	13,17	16,12	18,00	21,44	20,87

Polpa Liofilizada h°	$\bar{x}$	335,37	342,34	95,42	98,65	90,87	85,05	58,08	55,31	56,31
	σ	0,10	0,24	0,12	0,09	0,22	0,16	0,04	0,07	0,16
	SE	0,06	0,14	0,07	0,05	0,13	0,09	0,02	0,04	0,09
	95,00%	335,12	341,74	95,13	98,42	90,32	84,64	57,98	55,14	55,92
	95,00%	335,62	342,93	95,72	98,88	91,42	85,46	58,18	55,48	56,69
Polpa Liofilizada X	$\bar{x}$	14,61	14,42	30,16	32,13	27,20	26,29	24,65	27,02	27,73
	σ	0,23	0,12	0,20	0,28	0,23	0,77	0,26	0,35	0,13
	SE	0,13	0,07	0,11	0,16	0,13	0,45	0,15	0,20	0,08
	95,00%	14,03	14,13	29,67	31,45	26,62	24,37	24,00	26,15	27,40
	95,00%	15,19	14,72	30,64	32,82	27,78	28,21	25,30	27,89	28,06
Polpa Liofilizada Y	$\bar{x}$	13,67	13,42	31,93	34,26	28,66	26,96	23,69	25,42	36,24
	σ	0,25	0,09	0,21	0,29	0,23	0,26	0,25	0,31	17,27
	SE	0,14	0,05	0,12	0,17	0,14	0,15	0,14	0,18	9,97
	95,00%	13,06	13,18	31,41	33,54	28,08	26,31	23,07	24,64	-6,66
	95,00%	14,28	13,65	32,44	34,98	29,25	27,61	24,31	26,19	79,14
Polpa Liofilizada Z	$\bar{x}$	17,02	16,12	29,34	29,70	22,83	19,83	17,38	17,72	18,47
	σ	0,28	0,11	0,22	0,23	0,22	0,17	0,14	0,25	0,06
	SE	0,16	0,06	0,13	0,13	0,13	0,10	0,08	0,14	0,04
	95,00%	16,32	15,85	28,79	29,13	22,28	19,40	17,04	17,10	18,31
	95,00%	17,71	16,38	29,90	30,26	23,38	20,25	17,72	18,34	18,63

Apêndice C – Análise de variância por Kruskal-Wallis ANOVA por classificação: variável dependente cor casca h°

Amostras*	Códigos	N - observações	Soma da classificação
SCS370 Luiza L1	101	3	18,00000
SCS371 Katiy L1	102	3	30,00000
SCS372 Marina L1	103	3	63,00000
Beauregard L1	104	3	66,00000
SCS370 Luiza L2	105	3	6,00000
SCS371 Katiy L2	106	3	78,00000
SCS372 Marina L2	107	3	25,00000
Uruguia L2	108	3	51,00000
Americana L2	109	3	41,00000

(*) L1 – lote 1; L2 – lote 2.

Apêndice D – Análise de Kruskal-Wallis teste de mediana e Qui-quadrado: variável dependente cor casca h°

V.D.* Casca h°	LL1	KL1	ML1	BL1	LL2	KL2	ML2	UL2	AL2	Total
≤Median. obs.	3,000	3,000	0,000	0,000	3,000	0,000	3,000	0,000	2,000	14,000
esp.	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	
obs-esp	1,444	1,444	-1,556	-1,556	1,444	-1,556	1,444	-1,556	0,444	
>Median. obs.	0,000	0,000	3,000	3,000	0,000	3,000	0,000	3,000	1,000	13,000
esp.	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	
obs-esp	-1,444	-1,444	1,556	1,556	-1,444	1,556	-1,444	1,556	-0,444	
Total obs.	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	27,000

(*) variável dependente.

Apêndice E – Teste de Kruskal-Wallis: comparação múltipla dos valores-z' da variável dependente cor casca h°

V.D.* Casca h°	LL1	KL1	ML1	BL1	LL2	KL2	ML2	UL2	AL2
	r:6,00	r:10,00	r:21,00	r:22,00	r:2,00	r:26,00	r:8,33	r:17,00	r:13,67
LL1									
KL1	0,617								
ML1	2,315	1,697							
BL1	2,469	1,852	0,154						
LL2	0,617	1,234	2,932	3,086					
KL2	3,086	2,469	0,772	0,617	3,703*				
ML2	0,360	0,257	1,955	2,109	0,977	2,726			
UL2	1,697	1,080	0,617	0,772	2,315	1,389	1,337		
AL2	1,183	0,566	1,132	1,286	1,800	1,903	0,823	0,514	

(*) variável dependente.

Apêndice F – Teste de Kruskal-Wallis ANOVA por classificação: variável dependente cor casca X

Amostras	Códigos	N - observações	Soma da classificação
SCS370 Luiza L1	101	3	6,00000
SCS371 Katiy L1	102	3	20,00000
SCS372 Marina L1	103	3	37,50000
Beauregard L1	104	3	46,50000
SCS370 Luiza L2	105	3	19,00000
SCS371 Katiy L2	106	3	52,00000
SCS372 Marina L2	107	3	50,00000
Uruguaia L2	108	3	69,00000
Americana L2	109	3	78,00000

Apêndice G – Análise de Kruskal-Wallis teste de mediana e Qui-quadrado: variável dependente cor casca X

V.D.*	LL1	KL1	ML1	BL1	LL2	KL2	ML2	UL2	AL2	Total
Casca X										
≤Median. obs.	3,000	3,000	2,000	2,000	3,000	1,000	0,000	0,000	0,000	14,000
esp.	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	
obs-esp	1,444	1,444	0,444	0,444	1,444	-0,556	-1,556	-1,556	-1,556	
>Median. obs.	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	2,000	3,000	3,000	3,000	13,000
esp.	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	
obs-esp	-1,444	-1,444	-0,444	-0,444	-1,444	0,556	1,556	1,556	1,556	
Total obs.	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	27,000

(*) variável dependente.

Apêndice H – Teste de Kruskal-Wallis comparação múltipla dos valores z': variável dependente cor casca X

V.D.*	LL1	KL1	ML1	BL1	LL2	KL2	ML2	UL2	AL2
Casca X	r:2,00	r:6,67	r:12,50	r:15,50	r:6,33	r:17,33	r:16,67	r:23,00	r:26,00
LL1									
KL1	0,720								
ML1	1,620	0,900							
BL1	2,083	1,363	0,463						
LL2	0,669	0,051	0,952	1,414					
KL2	2,366	1,646	0,746	0,283	1,697				
ML2	2,263	1,543	0,643	0,180	1,594	0,103			
UL2	3,240*	2,520	1,620	1,157	2,572	0,874	0,977		
AL2	3,703*	2,983	2,083	1,620	3,035	1,337	1,440	0,463	

(*) variável dependente.

Apêndice I – Teste de Kruskal-Wallis ANOVA por classificação: variável dependente cor polpa h°

Amostras	Códigos	N - observações	Soma da classificação
SCS370 Luiza L1	101	3	6,00000
SCS371 Katiy L1	102	3	60,00000
SCS372 Marina L1	103	3	51,00000
Beauregard L1	104	3	15,00000
SCS370 Luiza L2	105	3	78,00000
SCS371 Katiy L2	106	3	69,00000
SCS372 Marina L2	107	3	42,00000
Uruguaia L2	108	3	27,00000
Americana L2	109	3	30,00000

Apêndice J – Análise de Kruskal-Wallis teste de mediana e Qui-quadrado: variável dependente cor polpa h°

V.D. Polpa h°	LL1	KL1	ML1	BL1	LL2	KL2	ML2	UL2	AL2	Total
≤Median. obs.	3,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000	2,000	3,000	3,000	14,000
esp.	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	
obs-esp	1,444	-1,556	-1,556	1,444	-1,556	-1,556	0,444	1,444	1,444	
>Median. obs.	0,000	3,000	3,000	0,000	3,000	3,000	1,000	0,000	0,000	13,000
esp.	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	
obs-esp	-1,444	1,556	1,556	-1,444	1,556	1,556	-0,444	-1,444	-1,444	
Total obs.	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	27,000

Apêndice K – Teste de Kruskal-Wallis comparação múltipla dos valores z': variável dependente cor polpa h°

V.D.* Polpa h°	LL1* r:2,00	KL1 r:20,00	ML1 r:17,00	BL1* r:5,26	LL2 r:26,00	KL2 r:23,00	ML2 r:14,00	UL2 r:9,00	AL2 r:10,00
LL1									
KL1	2,777								
ML1	2,315	0,463							
BL1	0,463	2,315	1,852						
LL2*	3,703*	0,926	1,389	3,240*					
KL2	3,240*	0,463	0,926	2,777					
ML2	1,852	0,926	0,463	1,389	1,852	1,389			
UL2	1,080	1,697	1,234	0,617	2,623	2,160	0,772		
AL2	1,234	1,543	1,080	0,772	2,469	2,006	0,617	0,154	

(*) variável dependente.

Apêndice L – Teste de Kruskal-Wallis ANOVA por classificação: variável dependente flavonoides

Amostras	Códigos	N - observações	Soma da classificação
SCS370 Luiza L1	101	3	69,00000
SCS371 Katiy L1	102	3	60,00000
SCS372 Marina L1	103	3	33,00000
Beauregard L1	104	3	24,00000
SCS370 Luiza L2	105	3	78,00000
SCS371 Katiy L2	106	3	15,00000
SCS372 Marina L2	107	3	42,00000
Urugaia L2	108	3	51,00000
Americana L2	109	3	6,00000

Apêndice M – Teste de Kruskal-Wallis teste de mediana e Qui-quadrado: variável dependente flavonoides

V.D.*	LL1	KL1	ML1	BL1	LL2	KL2	ML2	UL2	AL2	Total
FLAV.										
≤Median. obs.	0,000	0,000	3,000	3,000	0,000	3,000	2,000	0,000	3,000	14,000
esp.	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	
obs-esp	-1,556	-1,556	1,444	1,444	-1,556	1,444	0,444	-1,556	1,444	
>Median. obs.	3,000	3,000	0,000	0,000	3,000	0,000	1,000	3,000	0,000	13,000
esp.	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	
obs-esp	1,556	1,556	-1,444	-1,444	1,556	-1,444	-0,444	1,556	-1,444	
Total obs.	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	27,000

(*) variável dependente flavonoides totais.

Apêndice N – Teste de Kruskal-Wallis comparação múltipla dos valores z': variável dependente flavonoides

V.D.*	LL1	KL1	ML1	BL1	LL2	KL2	ML2	UL2	AL2
FLAV.	r:23,00	r:20,00	r:11,00	r:8,00	r:26,00	r:5,00	r:14,00	r:17,00	r:2,00
LL1									
KL1	0,463								
ML1	1,852	1,389							
BL1	2,315	1,852	0,463						
LL2	0,463	0,926	2,315	2,777					
KL2	2,777	2,315	0,926	0,463	3,240*				
ML2	1,389	0,926	0,463	0,926	1,852	1,389			
UL2	0,926	0,463	0,926	1,389	1,389	1,852	0,463		
AL2	3,240*	2,777	1,389	0,926	3,703*	0,463	1,852	2,315	

(*) variável dependente flavonoides totais.