



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia  
Campus Ariquemes

**Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e  
Tecnológica**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia**  
*Campus Ariquemes*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DE  
CACAU EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO**

**PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF COCOA  
PULP FROM DIFFERENT MATURATION STAGES**

**Ariquemes - RO**

**2024**



**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia**  
***Campus Ariquemes***

**Ana Jacira da Silva Pontes**

**Orientador: Antonio Bisconsin Junior**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das exigências do curso Bacharel em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Ariquemes.

**Ariquemes - RO**

**2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pontes, Ana Jacira da Silva.

Características físico-químicas da polpa de cacau em diferentes estágios  
de maturação / Ana Jacira da Silva Pontes, Ariquemes-RO, 2024.  
26 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Antonio Bisconsin-Junior.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO,  
Ariquemes-RO, 2024.

1. Pós-colheita. 2. Theobroma cacao. 3. Amadurecimento. 4. SJ 02. 5.  
CCN 51. I. Bisconsin-Junior, Antonio (orient.). II. Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Renilce Silva Morais, CRB-11/906 (Campus Ariquemes)



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA**

***CAMPUS ARIQUEMES***

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Acadêmica: Ana Jacira da Silva Pontes**

**Orientador: Antonio Bisconsin Junior**

**Conceito Atribuído: Aprovado**

---

**Antonio Bisconsin Junior**

---

**Luciano dos Reis Venturoso**

---

**Anthonioni Peron Dal Sasso**

**Data da Realização: 15/03/2024**

**Ariquemes-RO**

**2024**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por renovar as minhas forças dia após dia e por me permitir superar todas as dificuldades ao longo da minha formação.

Aos meus pais, que são minha motivação, por nunca medirem esforços ao me ajudarem a atingir meus objetivos.

Ao meu esposo, meu companheiro de vida, que esteve comigo durante toda a jornada me ajudando a ultrapassar todos os obstáculos ao longo do caminho.

Ao meu irmão, pelo companheirismo e pelo apoio mesmo distante.

Ao meu orientador, que desempenhou tal função com dedicação e paciência, por cada correção que me permitiu melhorar meu desempenho.

Aos meus professores, pelos ensinamentos e por me instigarem a avançar profissionalmente.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DE CACAU EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO

### RESUMO

O estudo da maturação de diferentes variedades de cacau é importante para compreender os comportamentos distintos no pós-colheita entre os cultivares, e sua influência nos parâmetros de qualidade do fruto. Assim, esta pesquisa teve como objetivo verificar as características físico-químicas da polpa de cacau das variedades CCN 51 e SJ 02 relacionando-as aos diferentes estágios de maturação do fruto. Os cacaos foram colhidos e agrupados em cinco níveis de maturação, os frutos foram fotografados, pesados, medidos e despolpados, a polpa obtida foi identificada e armazenada em temperatura de congelamento (-18 °C) para posterior análise de teor de umidade, acidez total titulável, sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico e cálculo do *ratio*. Quanto as diferenças físico-químicas, a polpa da variedade CCN 51 apresentou as maiores médias em teor de umidade, acidez titulável e sólidos solúveis comparado ao SJ 02. Os parâmetros físico-químicos analisados foram eficientes para avaliar o estágio de maturação sensorial da polpa de cacau das variedades. Entre os parâmetros estudados, o teor de umidade da polpa foi o melhor indicador, apresentando uma relação inversa muito forte com a maturação de ambas as variedades. Na análise do CCN 51, o pH apresentou correlação com a maturação, com uma tendência de aumento a medida em que o fruto amadurecia. A maturação do cacau SJ 02 foi evidenciada, principalmente, pela acidez total titulável, que tende a aumentar com o amadurecimento do fruto, enquanto o pH apresentou um comportamento inverso.

**Palavras-chaves:** Pós-colheita. *Theobroma cacao*. Amadurecimento. SJ 02. CCN 51.

## PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF COCOA PULP FROM DIFFERENT MATURATION STAGES

### ABSTRACT

The study of the maturation of different cocoa varieties is important for understanding the distinct post-harvest behaviors among cultivars and their influence on fruit quality parameters. This research aimed to verify the physicochemical characteristics of cocoa pulp from the CCN 51 and SJ 02 varieties, relating them to the different stages of fruit maturation. The cocoa pods were harvested and grouped into five ripening levels. The fruits were photographed, weighed, measured, and depulped. The obtained pulp was identified and stored at freezing temperature (-18 °C) for subsequent analysis of moisture content, total titratable acidity, soluble solids, hydrogenionic potential, and ratio was calculated. Regarding the physicochemical differences, the CCN 51 variety pulp showed higher averages in moisture content, titratable acidity, and soluble solids compared to SJ 02. The analyzed physicochemical parameters were efficient in evaluating the sensory maturation stage of the cocoa pulp from the varieties. Among the studied parameters, the pulp's moisture content was the best indicator, showing a very strong inverse relationship with the maturation of both varieties. In the analysis of CCN 51, pH showed a correlation with maturation, tending to increase as the fruit matured. The maturation of SJ 02 cocoa was mainly evidenced by total titratable acidity, which tends to increase with fruit ripening, while pH showed an opposite behavior.

**Keywords:** Post-harvest. *Theobroma cacao*. Ripening. SJ 02. CCN 51.

## 1. Introdução

O cacau (*Theobroma cacao*) é originário da Região Amazônica e, desde o século XVII, vem sendo cultivado como um produto agrícola, racionalmente explorado com a implantação de áreas cultivadas, melhoramento genético e produção de mudas (SENAR, 2018). No Brasil, o estado do Pará é o maior produtor, seguido pela Bahia, Espírito Santo e Rondônia, sendo importante fonte de renda para os pequenos produtores (IBGE, 2022).

O fruto pode ser dividido em três grupos quanto a sua genética: (1) Forasteiro, que apresenta coloração verde quando imaturo, sendo a variedade mais difundida, dominando cerca de 80% da produção mundial e predominante na Amazônia; (2) O grupo Criollo, que apresentam frutos com sementes grandes, de cor branca a violeta-pálida, com muita polpa, dando um produto de qualidade superior, conhecido comercialmente como “cacau-fino”; (3) O grupo dos Trinitários, que foram obtidos do cruzamento entre o Criollo e o Forasteiro, e reproduzidos por propagação vegetativa (SENAR, 2018).

A utilização principal da fruta é voltada para a produção de chocolate, manteiga, pó de cacau e outros derivados de suas sementes. Por isso, poucos estudos são voltados à polpa de cacau mesmo ela sendo essencial durante a etapa de fermentação das sementes. Entretanto, é necessário conhecer as características da polpa dos cacauzeiros plantados no Brasil com o intuito de fomentar a produção, desse modo, podendo proporcionar um maior valor agregado aos derivados do fruto, tornando-a uma forte alternativa para a agricultura (PEREIRA et al., 2019; FREITAS et al., 2022).

Nos últimos anos, tem havido esforços para reconhecer a qualidade do cacau e fornecer incentivos aos agricultores e governos para enfatizar a qualidade em detrimento da quantidade. O aumento da qualidade do cacau proporcionaria aos cacauzeiros um melhor rendimento, ao mesmo tempo em que estabilizaria os preços internacionais (ICCO, 2022). Com isso, o estudo da maturação do fruto é uma abordagem necessária para compreender as diferenças comportamentais no pós-colheita entre cultivares e sua influência nos parâmetros de qualidade (HIRAI et al., 2007). O cacau é um fruto não-climatérico e selecioná-lo em um ponto de maturação ideal é crucial para obtenção de um produto de qualidade, uma vez que durante a maturação, compostos como açúcares, ácidos, polifenóis e proteínas, que desempenham papéis importantes na formação de sabor e aroma, são formados e modificados (DANG e NGUYEN, 2019).

No campo, poucos agricultores realizam a colheita de forma objetiva, ou seja, levando em consideração o ponto exato de colheita em função do mercado-alvo, a maioria realiza de forma empírica, a partir da observação visual sem levar em consideração o ponto exato, o que

é muitas vezes inadequada pela falta de treinamento e falta de padronização do ponto de colheita (SOARES e FREIRE JUNIOR, 2018). Contudo, os frutos do cacau apresentam colorações distintas entre variedades e em uma mesma planta, constituindo diferentes estágios de maturação, o que dificulta obter indicativos seguros do ponto ideal de colheita (ROCHA, 2020).

O conhecimento acerca dos componentes físico-químico presentes nos alimentos é fundamental para a caracterização da sua funcionalidade e qualidade, tal como para avaliar seu benefício nutricional (CHISTÉ et al., 2009). O teor de sólidos solúveis totais, por exemplo, apresenta alta correlação positiva com o teor de açúcares. Quando se mede os índices de refração de uma solução com o refratômetro, a leitura em graus Brix deve correlacionar com a concentração real de açúcar na solução sendo de extrema importância quando se pensa em manejos como a colheita, o processamento e armazenamento, visando formas de reduzir as perdas e garantir qualidade aos consumidores (GALERIANI e COSMO, 2020; MORAES, 2006).

A determinação da acidez total titulável em frutos é utilizada para obter dados relacionados ao estado de conservação dos alimentos. Além da influência na conservação, a acidez é um componente básico do gosto do alimento. O potencial hidrogeniônico (pH), que está ligado ao teor de acidez, exerce influência significativa nos processos químicos que ocorrem nos alimentos. Pois, condiciona a presença e as atividades microbianas, as interações químicas, as atividades enzimáticas, sendo um importante parâmetro de conservação e qualidade (AMORIM et al., 2012).

Portanto, reconhecendo a necessidade de orientar o cacauicultor acerca do tempo certo da colheita do cacau, a avaliação físico-química da polpa em diferentes estágios de maturação traz informações relevantes, que irão favorecer o produtor e o consumidor. Com a análise físico-química das polpas das variedades SJ 02 e CCN 51 de cacau, testamos as seguintes hipóteses: A. Se existem diferenças nas características físicas e na cor de casca dos frutos entre as variedades de cacau; B. Se existem diferenças no teor de umidade, pH, acidez titulável e sólidos solúveis entre as polpas das variedades de cacau; C. Se os parâmetros físico-químicos avaliados estão relacionados ao ponto de maturação sensorial da polpa. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi encontrar o melhor indicador de maturação para as variedades CCN 51 e SJ 02.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Material

Foram utilizados 65 cacaos da variedade SJ 02 e 81 da CCN 51. Os frutos foram procedentes da propriedade do Sr. Antônio Ramos, localizada na rodovia federal BR 421, km 14, no município de Ariquemes (RO), onde foram devidamente etiquetados e colhidos em diferentes estágios de maturação, as coletas aconteceram entre os meses de maio e abril de 2023. O município de Ariquemes localiza-se na região tropical, próximo a linha do Equador, entre as latitudes 09° 41' S e 10° 18' S e longitudes de 62° 24' W e 63° 37' W. Os frutos foram transportados até o Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Ariquemes, onde foram lavados, higienizados e despulpados manualmente. A polpa obtida foi identificada e armazenada em temperatura de congelamento (-18 °C) para posteriormente analisá-la no laboratório do Instituto.

### 2.2. Métodos

#### 3.2.1 Parâmetro físicos dos frutos

Para as análises físicas, as medidas de diâmetro equatorial e comprimento foram realizadas no fruto inteiro com o auxílio de paquímetro universal e as medidas foram expressas em centímetros. Em seguida, os frutos foram pesados inteiros, cortados ao meio, as amêndoas com a polpa foram separadas e a casca pesada. A pesagem foi realizada em balança semi-analítica e os valores foram expressos em gramas.

#### 3.2.2 Parâmetro de cor da casca dos frutos

Os parâmetros de cor da casca foram obtidos a partir do processamento de imagens de fotos tiradas dos frutos de cacau, similar ao descrito por Goñi e Salvadori (2017). Para cada fruto, 2 fotos laterais foram adquiridas a fim de capturar a imagem dos dois lados. Foram fotografados 65 frutos da variedade SJ 02 e 81 da CCN 51.

As imagens dos frutos foram obtidas em uma cabine para fotos (35 cm x 35 cm x 35 cm) com sistema de iluminação branca LED (Mutu, Mini estúdio fotográfico portátil). A cabine consiste em cinco paredes fixas (duas laterais, fundo, teto e base) de material plástico na cor branca (Figura 1). Com o uso de uma cartolina branca foi aplicado o efeito de fundo infinito, com o objetivo de dar destaque apenas ao fruto fotografado. Para aquisição da imagem foi utilizada a câmera padrão do iPhone 6s Plus, lente 1x, (modelo NKUG2BZ/A, software 15.8) e um tripé alto de apoio, a fim de garantir o posicionamento constante da câmera entre as fotos (Figura 2).



**Figura 1.** Cabine de fotos utilizada para obtenção das imagens dos frutos.



**Figura 2.** Configuração usada para as aquisições de imagens dos frutos.

O processamento das imagens foi realizado usando o software livre e de código aberto Fiji 2.9.0 (ImageJ, GPL v3 plugins, 2022). Os parâmetros de vermelho, verde e azul (RGB) foram extraídos do histograma de cor das fotos e transformados em CIELAB, conforme descrito por Strock (2021). Os parâmetros avaliados foram  $L^*$  (claro / escuro),  $a^*$  (vermelho / verde) e  $b^*$  (amarelo / azul).

### 3.2.3 Avaliação de maturidade sensorial da polpa de cacau

As polpas de cacau das variedades SJ 02 e CCN 51 foram avaliadas com relação a maturidade sensorial, realizados ao nível de laboratório, com 75 consumidores de polpa de frutas, representativos do mercado alvo (MEILGAARD et al., 2016). Os consumidores foram recrutados mediante o uso de questionário, tendo como critério de inclusão aqueles que consomem e gostam de polpa de frutas, além de já terem comido polpa de cacau anteriormente. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia sobre o protocolo CAAE 65836622.5.0000.5653. Todos os julgadores leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes de participar da análise sensorial.

A análise de maturidade da polpa foi realizada utilizando escala de 5 pontos (1=muito verde; 2=verde; 3=madura; 4=passado; 5=muito passada). Os 75 julgadores avaliaram um total de 112 polpas de cacau da variedade SJ 02 e 112 da CCN 51, em uma sala iluminada com lâmpada branca, temperatura de 23 °C e em cabines individuais. Cada julgador recebeu três amostras de amêndoas de cacau com polpa, que foram apresentadas de forma monádica a 8 °C, em copos plásticos, codificados com números aleatórios de três dígitos, acompanhados de água, biscoito tipo água e sal, e a ficha de avaliação sensorial. A ordem de apresentação seguiu delineamento em bloco completo balanceado, conforme descrito por Wakeling e MacFie (1995), de modo a controlar o efeito *first-order* e *carry-over*.

### 3.2.4 Parâmetro físico-químicos da polpa de cacau

As características físico-químicas da polpa de cacau das variedades SJ 02 e CCN 51 foram determinadas de acordo com a AOAC (1990). Todas as análises foram realizadas em triplicata. O teor de umidade foi determinado por aquecimento em estufa até peso constante a 105 °C. A acidez total foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M. O pH foi determinado por leitura direta em amostra diluída em água destilada, na proporção 1:10 (polpa e água, p/p), usando medidor de pH digital. Os sólidos solúveis (° Brix) foram determinados por leitura direta em refratômetro tipo ABBE. O *ratio* foi calculado pela relação entre o teor de sólidos solúveis (°Brix) e de acidez total titulável.

### 3.2.5 Análise de dados

Os resultados foram expressos em média com desvio padrão. As comparações entre as médias foram realizadas por análise de variância de Welch (ANOVA de Welch) e para comparações múltiplas foi utilizado o teste posterior de Games-Howell. Estes testes foram

adotados devido à variância não homogênea e ao tamanho amostral diferente entre as médias (BISCONSIN-JUNIOR et al., 2022). Para a intenção de compra, as respostas foram apresentadas em um histograma de frequência em porcentagem. A relação entre todas as variáveis analisadas neste estudo foi avaliada por correlação de Pearson.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Parâmetros físicos e de cor da casca dos frutos

Conforme resultados encontrados na Tabela 1, o cacau SJ 02 apresentou as menores medidas em tamanho e peso, diferindo da variedade CCN 51 que obteve as maiores médias em diâmetro, comprimento, peso inteiro e peso da casca. Resultados semelhantes em tamanho foram encontrados por Lavanhole (2018) quando analisou as duas variedades. Segundo BALLESTEROS et al. (2015), na seleção de cultivares de cacau, o menor tamanho dos frutos pode ser um indicador de baixa qualidade para os produtores de cacau, resultando em uma produção com menor rendimento de peso em amêndoas e polpa.

**Tabela 1.** Demonstrativo dos parâmetros físicos (medidas e pesos) dos cacaus SJ 02 e CCN 51.

Cacau	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Inteiro (g)	Casca (g)
SJ 02	7,54 <sup>b</sup> ± 0,77	14,62 <sup>b</sup> ± 2,33	417,9 <sup>b</sup> ± 132,4	305,1 <sup>b</sup> ± 94,9
CCN 51	8,55 <sup>a</sup> ± 0,80	21,23 <sup>a</sup> ± 2,26	755,2 <sup>a</sup> ± 192,0	553,3 <sup>a</sup> ± 149,0

Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma coluna diferem significativa (ANOVA Welch,  $p < 0,05$ ).

Com relação aos parâmetros físicos da variedade SJ 02 de tamanho e peso (Tabela 2), apesar dos valores absolutos variarem a medida em que avança o estágio de maturação do fruto, estes não diferiram estatisticamente. O estágio 4, que se refere ao cacau no estágio de maturação passado, obteve as maiores médias em valor absoluto tanto em tamanho quanto em peso em todas as variáveis analisadas.

**Tabela 2.** Demonstrativos dos parâmetros físicos de medidas e pesos do cacau SJ 02 em diferentes estágios de maturação\*.

Estágio	Diâmetro (cm)	Longitudinal (cm)	Inteiro (g)	Casca (g)
1	7,49 ± 0,69	14,45 ± 1,77	410,3 ± 125,1	293,3 ± 58,5
2	7,41 ± 0,77	14,52 ± 2,43	399,1 ± 141,9	288,5 ± 105,6
3	7,66 ± 0,80	14,66 ± 2,70	418,9 ± 138,0	311,2 ± 99,4
4	7,84 ± 0,80	16,01 ± 2,05	492,1 ± 131,1	362,8 ± 100,4
5	7,18 ± 0,69	13,63 ± 2,35	354,9 ± 104,8	257,9 ± 66,9

\* Não houve diferença estatística entre as médias (ANOVA Welch,  $p > 0,05$ ).

Sobre os parâmetros físicos da variedade CCN 51 (Tabela 3), o maior valor absoluto em diâmetro foi do estágio 3 (maduro), porém os maiores valores para o comprimento longitudinal e os pesos do fruto inteiro e da casca, foram do estágio 2 (verde). Apesar desses resultados, não houve diferença entre as médias segundo as análises estatísticas.



**Tabela 3.** Resultados dos parâmetros físicos de medidas e pesos do cacau CCN 51 em diferentes estágios de maturação\*.

Estágio	Diâmetro (cm)	Longitudinal (cm)	Inteiro (g)	Casca (g)
1	8,52 ± 0,83	21,86 ± 1,63	778,3 ± 179,2	570,1 ± 145,3
2	8,60 ± 0,58	21,95 ± 1,77	811,2 ± 178,8	589,4 ± 122,5
3	8,69 ± 0,89	20,56 ± 2,91	744,9 ± 222,8	547,7 ± 173,6
4	8,29 ± 0,71	19,78 ± 2,58	650,8 ± 202,1	464,8 ± 142,6
5	8,45 ± 0,80	21,35 ± 1,65	719,6 ± 148,6	558,6 ± 108,2

\* Não houve diferença estatística entre as médias (ANOVA Welch,  $p > 0,05$ ).

O parâmetro  $L^*$  está associado à luminosidade das amostras e pode variar de 0 a 100, os valores mais altos de  $L^*$  (próximos de 100) caracterizam as amostras mais claras e os menores valores de  $L^*$  (próximos de 0) caracterizam amostras mais escuras. A coordenada cromática  $a^*$  está associada à dimensão verde-vermelho; valores positivos de  $a^*$  indicam amostras mais avermelhadas, valores negativos de  $a^*$  indicam amostras mais verdes. A coordenada cromática  $b^*$  está associada à dimensão azul-amarelo; valores positivos de  $b^*$  indicam amostras mais amareladas, valores negativos de  $b^*$  indicam amostras mais azuladas (GONÇALVES et al., 2014). Como é possível observar na Tabela 4, existe diferença significativa entre as duas variedades em todos os parâmetros ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). Avaliando as Figuras 3 e 4, com fotos dos frutos SJ 02 e CCN 51, com os resultados da tabela 4, verificamos que a variedade SJ 02 apresenta luminosidade mais clara do que a CCN 51, assim como uma tonalidade mais esverdeada e amarelada, enquanto a variedade CCN 51 uma coloração característica mais forte e escura com tons de vermelho a roxo.

**Tabela 4.** Análise colorimétrica ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e representação do tom de cor principal da casca do cacau SJ 02 e CCN 51.

Cacau	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Cor principal
SJ 02	43,95 <sup>b</sup> ± 6,80	0,05 <sup>b</sup> ± 7,47	30,59 <sup>b</sup> ± 9,90	
CCN 51	25,50 <sup>a</sup> ± 6,08	9,85 <sup>a</sup> ± 3,85	9,87 <sup>a</sup> ± 6,35	

Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma coluna diferem significativa (ANOVA Welch,  $p < 0,05$ ).








**Figura 3.** Frutos da variedade SJ 02.



**Figura 4.** Frutos da variedade CCN 51.

Em valores absolutos de média e desvio padrão dos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da variedade SJ 02 (Tabela 5) e observando a Figura 5, observamos que os estágios 2 e 3 apresentaram maiores valores no parâmetro  $L^*$ , ou seja, as tonalidades de casca são mais claras que os demais, porém sem diferença significativa. No parâmetro da coordenada cromática  $b^*$  houve diferença significativa na qual, o estágio 1 e 5 apresentaram tonalidades menos amarelada do que os outros estágios de maturação.

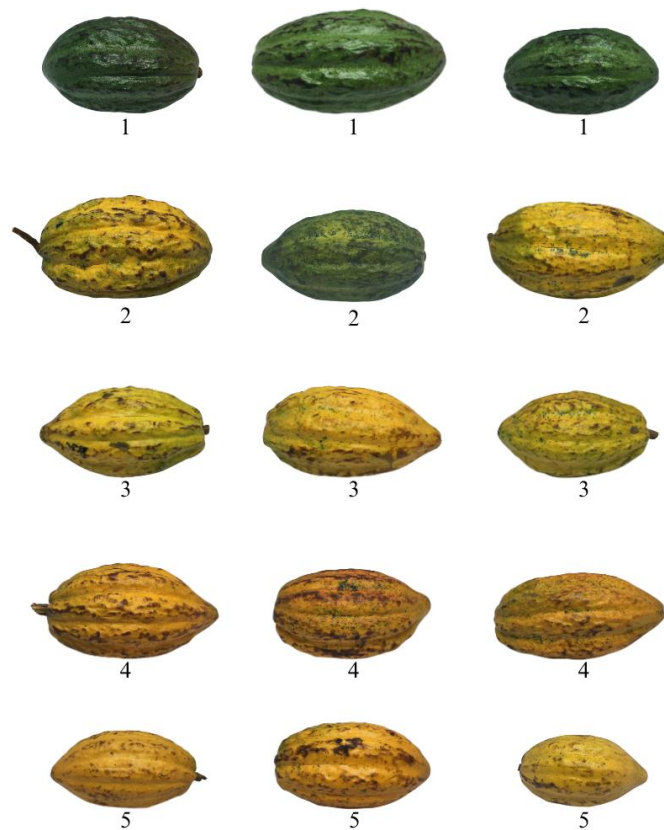
**Tabela 5.** Parâmetros de cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e representação do tom de cor principal da casca do cacau SJ 02 em diferentes estágios de maturação.

Estágio	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Cor principal
1	$40,42^a \pm 7,96$	$-2,80^a \pm 6,71$	$24,74^b \pm 11,94$	
2	$46,94^a \pm 5,02$	$3,11^a \pm 6,95$	$34,84^a \pm 6,42$	
3	$46,32^a \pm 5,42$	$3,24^a \pm 6,49$	$33,48^a \pm 9,32$	
4	$41,95^a \pm 7,09$	$1,31^a \pm 8,63$	$35,92^a \pm 5,92$	
5	$41,95^a \pm 7,09$	$-2,45^a \pm 6,96$	$26,14^b \pm 8,60$	

Médias com letras sobscritas diferentes na mesma coluna diferem significativamente (ANOVA Welch, Games Howell,  $p < 0,05$ ).

O método da escala de cores é um dos mais utilizados e permite caracterizar o estágio de maturação dos frutos associando a parâmetros físico-químicos, entretanto para o cacau não é tanto utilizado, pois há muitas variedades com padrões de cores diferentes. Por ser um fruto não-climatérico e indeiscente, o desenvolvimento de uma escala de cores para cada clone de cacau consiste em uma ferramenta fundamental para reduzir a heterogeneidade da matéria-






prima (MUÑOZ et al., 2022). Independente da utilização do cacau, mensurar o estágio de maturação é muito importante. Em estudos com a variedade SJ 02, Rocha et al. (2024) afirmaram que os melhores índices de germinação foram em sementes de frutos semi-maduros e maduros comparados aos frutos muito verdes e verdes.



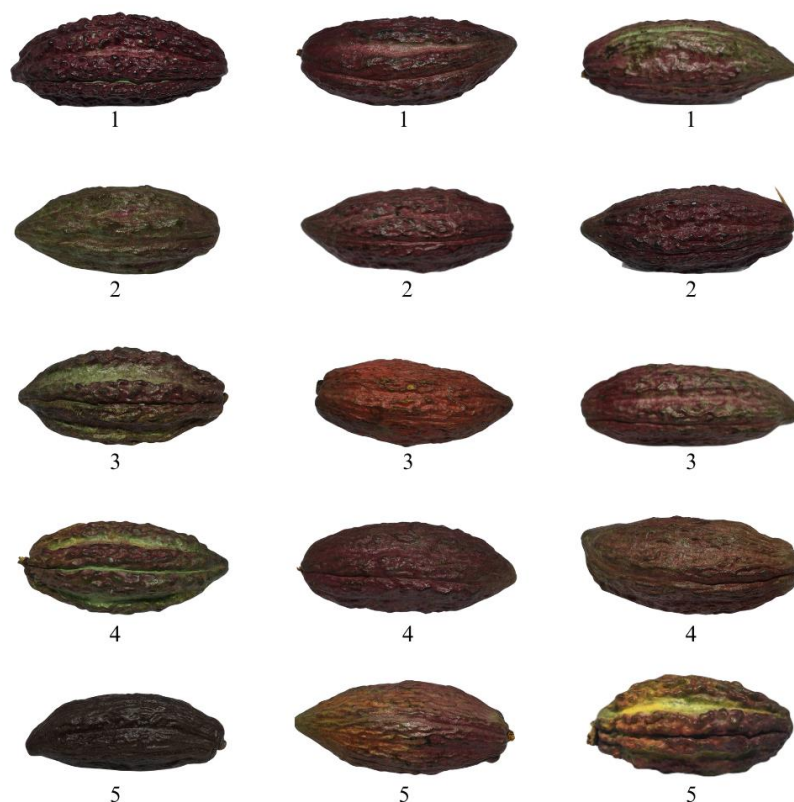
**Figura 5.** Frutos da variedade SJ 02 classificados em diferentes estágios de maturação sensorial da polpa. Estágio muito verde (1); verde (2); maduro (3); passado (4); muito passado (5).

Quando o cacau CCN 51 está maduro, sua coloração fica mais clara quando comparado ao estágio muito verde, enquanto os demais apresentaram valores intermediários (Tabela 6). No parâmetro da coordenada cromática  $a^*$ , apesar do valor absoluto do cacau maduro ser maior, não houve diferença significativa entre eles. No parâmetro  $b^*$  a quantificação desse atributo de cor difere significativamente entre os estágios 1 e 3. Com relação a cor principal, no estágio 1 predomina uma cor mais escura quando comparada as demais. Embora as mudanças de cores da casca ocorrerem visualmente de forma sutil, elas não foram uniformes em todo o fruto, havendo a mistura de tonalidades em todos os estágios de maturação (Figura 6).

**Tabela 6.** Parâmetros de cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e representação do tom de cor médio da casca do cacau CCN 51 em diferentes estágios de maturação.

Estágio	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Cor principal
1	$23,20^b \pm 7,37$	$9,25^a \pm 3,44$	$7,20^b \pm 3,33$	
2	$25,87^{a,b} \pm 7,01$	$9,13^a \pm 3,00$	$10,37^{a,b} \pm 7,61$	
3	$27,87^a \pm 6,35$	$11,95^a \pm 4,64$	$12,67^a \pm 7,05$	
4	$27,84^{a,b} \pm 7,68$	$8,60^a \pm 3,50$	$12,65^{a,b} \pm 8,95$	
5	$27,15^{a,b} \pm 8,07$	$7,49^a \pm 2,91$	$12,18^{a,b} \pm 7,61$	

Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma coluna diferem significativa (ANOVA Welch, Games Howell,  $p < 0,05$ ).



**Figura 6.** Frutos da variedade CCN 51 classificados em diferentes estágios de maturação sensorial da polpa. Estágio muito verde (1); verde (2); maduro (3); passado (4); muito passado (5).

Para Rojas et al. (2020), os valores de  $a^*$  foram definidos como um importante indicador de maturação dos frutos de CCN 51 com grande diferença entre os estágios 3 e 4, entretanto, é necessário gerar padrões de referência ou algum tipo de aplicativo que permita estabelecer essas intensidades de croma de forma mais objetiva para os produtores. Nos resultados observados por Muñoz et al. (2022), os tons verdes desapareceram no estágio de maturação 5, restando os

tons amarelos e alaranjados. Assim como, a cor púrpura diminuiu ao longo da maturidade, de modo que, os tons vermelhos predominaram os estágios avançados.

### 3.2. Parâmetro físico-químicos da polpa de cacau

O pH foi semelhante nas duas variedades de cacau, obtendo os valores médios de 3,36 a 3,28 (Tabela 7). Entretanto, o cacau CCN 51 foi o que obteve os maiores valores de umidade, resultado esse bastante visível durante manipulação das amostras de polpa durante as análises. A quantificação de umidade é de grande relevância, pois influencia diretamente na suculência, composição, qualidade e estabilidade dos frutos (SILVA et al., 2018).

**Tabela 7.** Média e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos da polpa do cacau SJ 02 e CCN 51.

Cacau	Umidade (%)	pH	Sól. solúveis (°Brix)	Acidez titulável (g/100g)	Ratio
SJ 02	82,18 <sup>b</sup> ± 1,30	3,36 <sup>a</sup> ± 0,17	14,48 <sup>b</sup> ± 2,25	1,52 <sup>b</sup> ± 0,13	9,45
CCN 51	84,98 <sup>a</sup> ± 1,45	3,28 <sup>a</sup> ± 0,08	15,80 <sup>a</sup> ± 2,54	1,85 <sup>a</sup> ± 0,16	8,55

Médias com letras sobscritas diferentes na mesma coluna diferem significativa (ANOVA Welch, Games Howell,  $p < 0,05$ ).

Ao caracterizar a polpa de cacau Nunes et al. (2020) também encontrou alta umidade (86,38%) e valor médio de pH de 3,5, por isso, devido ao seu baixo pH, é um produto classificado como altamente ácido. Lavanhole (2018) encontrou diferença significativa entre as duas variedades no teor de pH com valores 3,21 para o CCN 51 e 3,42 para o SJ 02. Nascimento et al. (2019) ao estudarem a polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), fruto pertencente ao mesmo gênero, encontraram valores de pH similares, com médias variando de 3,34 a 3,67. O *ratio* é considerado um importante indicativo do sabor dos frutos, definido através da relação entre os sólidos solúveis, associada à doçura, e a quantidade de ácidos tituláveis presentes nas frutas (FREITAS et al., 2022). Para essa característica, observou-se que as amostras analisadas apresentaram valor de 9,45 e 8,55 para os cacaos SJ 02 e CCN 51, respectivamente. Quanto maior o teor de sólidos solúveis maior é o rendimento em processos de concentração de polpa (SILVA et al., 2016). Conforme Tabela 7, os sólidos solúveis do CCN 51 diferiram significativamente do SJ 02. A legislação brasileira MAPA (2000) estabelece que o valor mínimo de sólidos solúveis em polpas de cacau seja 14 °Brix, estando todos os genótipos estudados com valores acima dos níveis mínimos pré-estabelecidos pela legislação vigente. Lavanhole (2018) avaliando a acidez titulável não encontrou diferença significativa entre as duas variedades, o que não foi o caso no presente trabalho. Alexandre et al. (2015) ao analisarem

clones de cacau do estado do Espírito Santo, encontraram valores semelhantes ao nosso estudo para as variáveis sólidos solúveis (15,05 °Brix) e pH (3,24) para o clone CCN 51.

Quando se relaciona os parâmetros físico-químico das polpas do SJ 02 e CCN 51 com seus respectivos estágios de maturação, é possível observar que não há diferença significativa entre as médias. Contudo, é possível observar tendências entre as variedades. O conteúdo de sólidos solúveis, apresentados na Tabela 8, aumentaram em função dos estágios de maturação do cacau SJ 02, enquanto o cacau CCN 51 apresenta o maior valor em seu estágio maduro (Tabela 9), embora ambos sejam estatisticamente semelhantes entre os estágios de maturação.

**Tabela 8.** Demonstrativos dos parâmetros físico-químicos da polpa do cacau SJ 02 em diferentes estágios de maturação\*.

Estágio	Umidade (%)	pH	Sól. solúveis (°Brix)	Acidez titulável (unidade)	Ratio
1	84,20 ± 0,24	3,57 ± 0,02	13,59 ± 2,07	1,35 ± 0,05	10,07
2	82,68 ± 0,28	3,35 ± 0,00	13,80 ± 1,74	1,57 ± 0,06	8,81
3	80,69 ± 0,22	3,49 ± 0,00	14,60 ± 2,58	1,43 ± 0,06	10,19
4	82,18 ± 0,26	3,10 ± 0,00	14,86 ± 1,79	1,55 ± 0,00	9,44
5	81,16 ± 0,37	3,29 ± 0,01	15,07 ± 1,99	1,70 ± 0,00	8,87

\* Não houve diferença estatística entre as médias (ANOVA Welch,  $p > 0,05$ ).

**Tabela 9.** Demonstrativo dos parâmetros físico-químicos da polpa do cacau CCN 51 em diferentes estágios de maturação\*.

Estágio	Umidade (%)	pH	Sól. solúveis (°Brix)	Acidez titulável (unidade)	Ratio
1	86,66 ± 1,22	3,15 ± 0,00	15,20 ± 2,58	1,57 ± 0,06	9,70
2	85,60 ± 0,92	3,26 ± 0,02	16,24 ± 2,54	1,90 ± 0,00	8,55
3	85,65 ± 0,31	3,37 ± 0,01	16,77 ± 2,70	2,00 ± 0,00	8,38
4	83,76 ± 0,35	3,36 ± 0,00	16,00 ± 2,13	1,90 ± 0,00	8,42
5	83,25 ± 0,10	3,26 ± 0,01	13,88 ± 1,65	1,90 ± 0,00	7,30

\* Não houve diferença estatística entre as médias (ANOVA Welch,  $p > 0,05$ ).

### 3.3. Correlação entre os parâmetros avaliados

A partir dos dados obtidos das características avaliadas dos frutos da variedade SJ 02, foi possível obter os coeficientes de correlação (Tabela 10).

**Tabela 10.** Correlação de Pearson entre a maturidade, os parâmetros físico-químicos e a cor de casca do cacau SJ 02.

Variáveis	Matur	Umíd	pH	Sól Sol	Ac tit	Ratio	Diâm	Long	Intei	Casca	L*	a*	b*
Maturidade	1,000												
Umidade (%)	-0,853	1,000											
pH	-0,643	0,481	1,000										
Sól sol (°Brix)	0,206	-0,233	-0,127	1,000									
Ac tit (%)	0,825	-0,695	-0,730	0,166	1,000								
Ratio	-0,197	0,126	0,249	0,871	-0,335	1,000							
Diâm (cm)	-0,031	0,028	-0,050	0,340	-0,140	0,351	1,000						
Long (cm)	-0,051	0,039	-0,148	0,343	-0,075	0,348	0,739	1,000					
Inteiro (g)	-0,007	0,056	-0,129	0,331	-0,105	0,313	0,901	0,872	1,000				
Casca (g)	-0,011	0,023	-0,146	0,296	-0,102	0,280	0,885	0,885	0,986	1,000			
L*	-0,103	-0,181	-0,077	-0,037	0,032	-0,034	-0,007	0,150	-0,015	0,071	1,000		
a*	0,118	-0,142	-0,044	-0,260	-0,030	-0,167	-0,163	0,111	-0,157	-0,079	0,633	1,000	
b*	-0,102	-0,181	-0,206	0,104	0,039	0,076	0,247	0,503	0,319	0,381	0,805	0,599	1,000

Foi observada uma correlação inversa e muito forte entre umidade e maturação sensorial (-0,853), sendo possível afirmar que à medida que o teor de umidade diminui, o grau de maturação aumenta. Nos primeiros estágios de maturação, as sementes ainda estariam acumulando reservas necessárias para o processo germinativo. Assim, a variação do teor de água pode ser atribuída aos compostos presentes nas sementes que determinam maior ou menor afinidade com a água, como o teor de proteína, que são substâncias mais hidrofílicas, e lipídios, que são hidrofóbicos, pois com o passar do tempo de formação dos frutos, alterações químicas ainda estão ocorrendo (ROCHA et al. 2024). Enquanto, a acidez total

titulável e o grau de maturação são diretamente proporcionais (0,825), ao mesmo tempo que o pH é inversamente proporcional à maturação (-0,643). Durante a maturação dos frutos a acidez geralmente é reduzida, isso resulta em alteração de parâmetros como aroma, cor e sabor, além de influenciar na manutenção de qualidade e estabilidade do fruto (PEREIRA et al., 2009). Afoakwa et al. (2013) avaliaram o teor do pH das polpas de cacau após a colheita e constatou que o pH costuma ser mais baixo em cacaos recém-colhidos, porém a medida em que vai ocorrendo a fermentação durante o armazenamento, há um aumento gradual do pH da polpa que pode ser devido à degradação dos açúcares e diminuição das concentrações de ácido, que leva a redução do volume de polpa. Ocorreu uma correlação direta e fraca dos sólidos solúveis com os parâmetros físicos de tamanho e peso indicando que quanto mais o cacau cresce em dimensões e seu peso aumenta, maior será a concentração de açúcares e outros sólidos solúveis. De forma semelhante, o *ratio* esteve fracamente associado ao tamanho em diâmetro e longitude, aumentando de maneira proporcional. Ainda, é importante ressaltar que as relações dos parâmetros de tamanho e peso são muito fortes, quando um deles aumenta o os outros também têm a tendência de aumentar.

Os coeficientes de correlação para a variedade CCN 51 estão apresentados na Tabela 11. Através das relações entre a umidade e maturação (-0,929), o pH e maturação (0,509) e o pH e umidade (-0,624) é possível mensurar o nível de maturação dessa variedade, uma vez que, quanto mais maduro, menor será o teor de umidade e maior o pH. Bojacá (2017) encontrou a mesma tendência ao analisar o teor de umidade do CCN 51 em diferentes níveis de maturação. A umidade refere-se à quantidade de água presente nos frutos, o que influencia diretamente sua estabilidade, qualidade e composição, já que, a quantidade de água presente no fruto determina a multiplicação dos microrganismos (SILVA et al., 2016). A umidade se perde através das reações físico-químicas que ocorrem com a amêndoa, se o teor de umidade for elevado, bem como o teor de açúcar, a fermentação pode dar origem a um produto muito ácido (BOJACÁ, 2017). O parâmetro L\* tem correlação fraca com o pH (0,342), acidez titulável (0,338) e tamanho longitudinal (-0,322), ou seja, quanto mais clara a casca do cacau mais elevados serão os níveis de pH e de acidez titulável, e menor será o tamanho do cacau. Nas correlações do parâmetro a\*, é visto que, quanto maior o diâmetro do CCN 51, mais avermelhada

será a casca (0,336). Por fim, o parâmetro b\* relaciona-se com o pH (0,384) e acidez titulável (0,381), de forma que, quanto mais tons de amarelo estiver na casca, maior serão os níveis de pH e acidez titulável.

**Tabela 11.** Correlação de Pearson entre a maturidade, os parâmetros físico-químicos e a cor de casca do cacau CCN 51.

Variáveis	Matur	Umíd	pH	Sól Sol	Ac tit	Ratio	Diâm	Long	Intei	Casca	L*	a*	b*
Maturidade	1,000												
Umidade (%)	-0,929	1,000											
pH	0,509	-0,626	1,000										
Sól sol (°Brix)	-0,129	0,003	0,234	1,000									
Ac tit (%)	0,468	-0,548	0,956	0,226	1,000								
Ratio	-0,337	0,337	-0,371	0,794	-0,405	1,000							
Diâm (cm)	-0,030	0,069	0,037	0,134	0,055	0,107	1,000						
Long (cm)	-0,115	0,265	-0,297	-0,050	-0,237	0,085	0,473	1,000					
Inteiro (g)	-0,092	0,209	-0,136	0,048	-0,090	0,097	0,699	0,861	1,000				
Casca (g)	-0,067	0,185	-0,133	0,121	-0,082	0,170	0,617	0,844	0,962	1,000			
L*	0,102	-0,243	0,342	0,234	0,338	0,020	0,223	-0,322	-0,070	-0,080	1,000		
a*	-0,085	0,023	0,211	0,208	0,188	0,089	0,336	-0,153	0,019	-0,054	0,325	1,000	
b*	0,138	-0,279	0,384	0,251	0,381	0,004	0,144	-0,416	-0,179	-0,179	0,945	0,385	1,000

#### 4. Conclusões

O cacau CCN 51 foi maior e mais pesado do que o SJ 02. Em termos de coloração da casca, houve diferença em todos os parâmetros analisados ( $L^*$ ,  $a^*$ , e  $b^*$ ). SJ 02 apresentou uma casca mais clara do que a CCN 51, tendo uma presença de tons esverdeado e amarelado, enquanto a variedade CCN 51 uma coloração mais escura com predominância de tons de vermelho e roxo. Quanto as diferenças físico-químicas, a polpa da variedade CCN 51 apresentou as maiores médias em teor de umidade, acidez titulável e sólidos solúveis comparado ao SJ 02.

Entre os parâmetros estudados, o teor de umidade da polpa foi o melhor indicador, apresentando uma relação inversa muito forte com a maturação de ambas as variedades. Desta forma, à medida que a maturação foi avançando, o teor de umidade da polpa diminuiu. Contudo, os valores de sólidos solúveis, que são utilizados como um indicador de maturação para a maioria dos frutos, não foram relevantes para avaliar os diferentes estágios de maturação sensorial da polpa das duas variedades de cacau.

Para a variedade CCN 51, o pH apresentou correlação com a maturação, com uma tendência de aumento a medida em que o fruto amadurecia. A maturação do cacau SJ 02 foi evidenciada, principalmente, pela acidez total titulável, que tende a aumentar com o amadurecimento do fruto, enquanto o pH apresentou um comportamento inverso.

## Referências Bibliográficas

AFOAKWA, E. O.; KONGOR, J. E.; TAKRAMA, J.; BUDU, A.; Changes in acidification, sugars and mineral composition of cocoa pulp during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. **International Food Research Journal**, v. 20, p. 1215–1222, 2013.

ALEXANDRE, R. S.; CHAGAS, K.; MARQUES, H. L. P.; COSTA, P. R.; CARDOSO FILHO, J.; Caracterização de frutos de clones de cacauzeiros na região litorânea de São Mateus, ES. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 785-790, 2015.

AMORIM, A. G., SOUZA, A. O., & SOUSA, T. A. Determinação do ph e acidez titulável da farinha de semente de abóbora (*cucurbita máxima*), VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 07, 2012, Palmas, Petrolina: CONNEPI, 2012, p. 1-6.

BALLESTEROS, P. W., LAGOS, B. T. C & FERNEY LH. Morphological characterization of elite cacao trees (*Theobroma cacao* L.) in Tumaco, Nariño, Colombia. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 9, p. 313-328, 2015.

BISCONSIN-JUNIOR, A., RODRIGUES, H., BEHRENS, J. H., SILVA, M. A. A. P., MARIUTTI, L. R. B. “Food made with edible insects”: Exploring the social representation of entomophagy where it is unfamiliar. **Appetite**, v. 173, 106001, 2022.

BOJACÁ, A. F. C. Estudio de los cambios físicos y químicos durante la maduración de cacao. **Universidad Jorge Tadeo Lozano**, Bogotá, Colombia, 2017.

CHISTÉ, R. C.; FARIA, L. J. G.; LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A. Características físicas e físico-químicas da casca de mangostão em três períodos da safra. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 31, n. 2, p. 416-422, 2009.

DANG, Y. K.; NGUYEN, H. V. Effects of maturity at harvest and fermentation conditions on bioactive compounds of cocoa beans. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 74, n. 1, p. 54-60, 2019.

FREITAS, R. V. da S.; SILVA, F. L. H. da .; CAVALCANTE , J. de A. .; COSTA , I. I. de S. .; SARMENTO, D. H. A. .; BRAGA , R. C. .; SILVA, F. S. da .; BARBOSA, M. C. F. .; RODRIGUES, E. de A. . Evaluation of nutritional composition, characterization and correlation of pulp quality parameters of cocoa. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. e52511326677, 2022.

GALERIANI, T. M.; COSMO, B. M. N. Informações técnicas: avaliações físico-químicas em frutas. **Revista Agronomia Brasileira**, Jaboticabal, v.4, n.1, p. 1-5, 2020.

GONÇALVES, G. R.; OLIVEIRA, J. S.; BONOMO, R. C. F.; MELO NETO, B. A.; LEITE, C. X. S.; GOMES, G. M. S.; Caracterização físico-química do doce de leite em barra com diferentes concentrações de líquido de cacau. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 27-32, 2014.

GOÑI, S. M.; SALVADORI, V. O. Color measurement: comparison of colorimeter vs. computer vision system. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, p 538-547, 2021.

HIRAI, G.; KOMIYAMA, S.; YAMAGUCHI, A.; YAMAMOTO, A.; MASUDA, K.; Sensory and objective evaluation of postharvest fruit softening and its relationship with pectin solubility in eight commercial cultivars of muskmelon (*Cucumis melo* L. Var. *reticulatus* Naud.), **Journal of Horticultural Science**, v. 76, n. 3, p. 237-243, 2007.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola. p. 50, fevereiro 2023.

ICCO, International Cocoa Organization; **Cocoa quality**, march 2022. Disponível em: <<https://www.icco.org/economy/#quality>>. Acesso em 29 de março de 2023.

LAVANHOLE, D. F. Análise de diversidade genética e ecofisiologia de germinação de *Theobroma cacao* L. 2018. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical) - Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2018. Disponível em: [http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_11701\\_90%20%20Daniele%20Freisleben%20Lavanhole.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_11701_90%20%20Daniele%20Freisleben%20Lavanhole.pdf). Acesso em: 29 jan. 24.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Ed CRC Press, London, 5 ed., 588 p., 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução Normativa No 1, DE 07 DE JANEIRO DE 2000. Aprova Regulamento Técnico para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. Diário Oficial da União de 10/01/2000. Brasília-DF. Disponível em: <[https://sogi8.sogi.com.br/Manager/texto/arquivo/exibir/arquivo?eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9AFFIjAvMTAwNi9TR19SZXF1aXNpdG9ftGVnYWxfVGV4dG8vMC8wL0RPQ1VNRU5UTyAxLnBkZi8wLzAiAFF-PrY0AgIRKZ-v7L2u54yTTXEsLfTom6nh\\_2Ohh3bv6A](https://sogi8.sogi.com.br/Manager/texto/arquivo/exibir/arquivo?eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9AFFIjAvMTAwNi9TR19SZXF1aXNpdG9ftGVnYWxfVGV4dG8vMC8wL0RPQ1VNRU5UTyAxLnBkZi8wLzAiAFF-PrY0AgIRKZ-v7L2u54yTTXEsLfTom6nh_2Ohh3bv6A)> . Acesso em: 30 jan. 24.

MORAES, R. R. **Refratometria**. (2006). Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/ciencia/documentos/REFRAT%D4METRO.PDF>>. Acesso em: 26 de março de 2023.

MUÑOZ, M. C. G.; DÍAZ, M. P. T.; MARENTES, M. A. M.; SARMIENTO, G. G.; GERRERO, A. S. P.; URIBE, G. E. G. Development of color guides to evaluate the maturity of cacao clones by digital image processing. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, p. 51, 2022.

NUNES, C. S.O.; DA SILVA, M. L.; CAMILLOTO, G. P.; MACHADO, B. A.; HODEL, K. V.; KOBLITZ, M. G. B.; CARVALHO, G. B. M.; UETANABARO, A. P. T. Potential applicability of cocoa pulp (*Theobroma cacao* L) as an adjunct for beer production. **The Scientific World Journal**, 2020.

PEREIRA, J. M. D. A. K., OLIVEIRA, K. A. M., SOARES, N. F. F., GONÇALVES, M. P. J. C., PINTO, C. L. O. & FONTES, E. A. F. Avaliação da qualidade físico-química,

microbiológica e microscópica de polpas de frutas congeladas comercializadas na cidade de Viçosa-MG. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, p. 437-442, 2009.

PEREIRA, I.; SILVEIRA, P. T. S.; MARTINS, M. O. P.; EFRAIM, P.; Caracterização da polpa de diferentes cultivares de cacau. **Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, n. 27, p. 1-1, 2019.

ROCHA, R. V. S.; Aspectos fisiológicos de sementes de cacau influenciados pelo estágio de maturação do fruto. 2020. 31p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - **Universidade Estadual de Montes Claros**, Janaúba, MG.

ROCHA, R. V.; DE SOUZA David, A. M. S.; MAIA, V. M.; DOS SANTOS, J. R. P.; PEREIRA, K. K. G.; DA SILVA, C. D.; CARVALHO, A. R. J.; NOBRE, D. A. C.; Physical and physiological aspects in cocoa seeds influenced by fruit maturity stage. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 1, p. 464-480, 2024.

ROJAS, K. E.; GARCÍA, M. C.; CERÓN, I. X.; ORTIZ, R. E.; TARAZONA, M. P. Identification of potential maturity indicators for harvesting cacao. **Heliyon**, v. 6, n. 2, 2020.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Cacau: produção, manejo e colheita** – Brasília: Senar, 2018. 145 p

SILVA, J. L.; DA COSTA, F. B.; DO NASCIMENTO, A. M.; COSTA, R. T. R. V.; FORMIGA, A. S.; Pós-colheita de frutos de juazeiro em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 302-307, 2018.

SILVA, J. L.; COSTA, F. B.; NASCIMENTO, A. M.; COSTA, R. T. R. V.; SANTIAGO, M. M. Avaliação física e físico-química de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.5, p.177-181, 2016.

SILVA-JUNIOR, A. C.; NASCIMENTO, J. F. TOSTES, E. S. L.; DA SILVA, A. S. S.; Avaliação físico-química de polpas de cupuaçu, *Theobroma grandiflorum* Schum, industriais e artesanais. **Pubvet**, v. 13, p. 148, 2019.

SOARES, A. G.; FREIRE JÚNIOR, M.; Perdas de frutas e hortaliças relacionadas às etapas de colheita, transporte e armazenamento In: ZARO, M. (org.). **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**. Caxias do Sul: EducS, p. 21, 2018.

STROCK, C. F. Protocol for extracting basic color metrics from Images in ImageJ/Fiji. **Zenodo**, Outubro de 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5595203>

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