

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

DANIELE FREISLEBEN LAVANHOLE

**ANÁLISE DE DIVERSIDADE GENÉTICA E
ECOFISIOLOGIA DE GERMINAÇÃO DE *Theobroma
cacao* L.**

São Mateus – ES

Fevereiro de 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

**ANÁLISE DE DIVERSIDADE GENÉTICA E
ECOFISIOLOGIA DE GERMINAÇÃO DE *Theobroma
cacao* L.**

DANIELE FREISLEBEN LAVANHOLE

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sara Dousseau Arantes

São Mateus–ES

Fevereiro de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

L395a Lavanhole, Daniele Freisleben, 1991-
Análise de diversidade genética e ecofisiologia de
germinação de *Theobroma cacao* L. / Daniele Freisleben
Lavanhole. – 2018.
48 f. : il.

Orientador: Sara Dousseau Arantes.

Coorientador: Edilson Romais Schmildt; Sheila Cristina
Prucoli Posse.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Cacau. 2. Germinação. 3. Secagem. I. Arantes, Sara
Dousseau. II. Schmildt, Edilson Romais. III. Posse, Sheila Cristina
Prucoli. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Universitário Norte do Espírito Santo. V. Título.

CDU: 63


DANIELE FREISLEBEN LAVANHOLE

**ANÁLISE DE DIVERSIDADE GENÉTICA E ECOFISIOLOGIA DE
GERMINAÇÃO DE *Theobroma cacao* L.**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Sara Dousseau Arantes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



Prof. Dr. Omar Schmildt
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. José Altino Machado Filho
INCAPER



**Prof. Dr. Carlos Alberto Spaggiari
Souza**
CEPLAC

“Seja forte e corajoso!” “Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”. (Josué 1.9)

Ao meu pai Francisco de Assis Lavanhole, à minha mãe Arleti Freisleben Lavanhole, à minha irmã Nayani Freisleben Lavanhole Bitencourt, ao meu cunhado Thalles Lelis Bitencourt e ao meu noivo Pablo Souto Oliveira, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por ter guiado o meu caminho até aqui e por ser a direção da minha vida.

Aos meus pais, Francisco e Arleti por terem se doado ao máximo para que eu pudesse concluir mais esse ciclo da minha vida, por toda compreensão por minha ausência e por sempre estarem ao meu lado e valorizarem meus esforços perante aos estudos.

A minha irmã Nayani e ao meu cunhado Thalles por todo carinho e incentivo nesses dois anos.

Ao meu noivo Pablo, pelo seu carinho e amor e por sempre me apoiar e incentivar a lutar por minhas metas.

À minha Orientadora Professora Dr^a. Sara Dousseau Arantes por toda confiança, apoio, compreensão e por seus preciosos ensinamentos transmitidos ao longo desses dois anos e por me ensinar a ver as oportunidades em qualquer dificuldade.

Aos meus coorientadores professor Dr. Edilson Romais Schmildt e professora Dr^a Sheila Cristina Prucoli Posse, pelas orientações e sugestões apresentadas e pela preciosa contribuição na execução do trabalho.

Ao querido colaborador Dr. Carlos Alberto Spaggiari por sempre estar disposto a ajudar em todas as etapas desse trabalho, assim como, pelas suas valiosas colaborações e orientações no trabalho e por cada conversa que se tornava uma aula sobre a cacauicultura.

Aos componentes da banca Dr. Omar Schmidt e Dr. José Altino Machado Filho por toda contribuição para a escrita do trabalho.

Ao mestre Lúcio de Oliveira Arantes por todos os auxílios durante o desenvolvimento do projeto e por sempre estar disposto a ensinar.

A toda equipe dos laboratórios de Fisiologia Vegetal e Pós-Colheita e Sementes do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) Basílio, Jasmini, Laísa, Dominique, Mikaele, Jeane, Dayane, Pietra, Edilaine, Joice e em especial as técnicas de laboratório Daniele Calixto e Ana Paula Scalzer.

Aos queridos amigos, Basílio, Jasmine, Laísa e Dayane, por toda troca de experiências e pelos bons momentos de conversas e aprendizados, além de todo o incentivo.

A todos os professores e funcionários da secretaria do PPGAT, pelo apoio e atenção nas dúvidas esclarecidas.

A amiga Ana Paula Pereira Bis do programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, pelos bons momentos de estudo e conversas durante o curso.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão de bolsa.

Aos laboratórios de Fisiologia Vegetal e Pós-Colheita e Sementes do INCAPER.

A chefia da fazenda experimental do INCAPER de Linhares pela disponibilidade de estadia.

A Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) pela disponibilização de todos os frutos para o desenvolvimento desse projeto.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. CAPÍTULOS	1
1.1 ANÁLISE DE DIVERSIDADE GENÉTICA DE <i>Theobroma cacao</i> L.	2
Resumo.....	2
Abstract.....	2
1. Introdução	3
2. Material e Métodos	5
3. Resultados e Discussão	7
3.1 Biometria dos frutos	7
3.2 Biometria das Sementes.....	8
3.3 Cor da Semente.....	10
3.4 Qualidade da polpa.....	10
3.5 Análise de Diversidade Genética de Frutos e Sementes.....	12
4. Conclusões.....	12
5. Agradecimentos.....	13
6. Referências	13
7. Tabelas e Figuras.....	18
1.2 ECOFISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO DOS GENÓTIPOS DE <i>Theobroma cacao</i> L.	27
Resumo.....	27
Abstract.....	27
1. Introdução	28
2. Material e Métodos	30
3. Resultados e Discussão	31
4. Conclusões.....	39
5. Referências	40

RESUMO

LAVANHOLE, Daniele Freisleben; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2018; **Caracterização dos frutos e sementes e ecofisiologia de germinação de *Theobroma cacao* L.**; Orientadora: Sara Dousseau Arantes; Coorientadores: Edilson Romais Schmildt e Sheila Cristina Prucoli Posse.

A grande variabilidade de frutos e sementes dificulta distinguir os grupos existentes de cacau. A análise de diversidade genética tem sido uma importante ferramenta para subsidiar a identificação de materiais promissores para uso comercial. Outro fator é a variabilidade existente entre os diferentes genótipos de cacauzeiro à temperatura, destacando-se a necessidade e as oportunidades para a correlação adequada do material de plantio com os ambientes locais. Este trabalho está dividido em dois capítulos, sendo o primeiro capítulo intitulado “Análise de diversidade genética de *Theobroma cacao* L.”, tendo-se como objetivo analisar a diversidade genética utilizando características biométricas de frutos e sementes de genótipos de cacauzeiro, visando identificar materiais promissores para uso comercial. Os genótipos avaliados foram Comum, TSH-1188, ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319, CEPEC-2002 e Catongo. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Foi efetuada análise multivariada e estimada divergência genética pelo método de agrupamento de Tocher e UPGMA. Através das análises deste estudo observou-se divergência genética entre os genótipos de cacauzeiro, sendo que o comprimento do fruto, peso fresco da semente e diâmetro inferior foram às características que mais contribuíram para a dissimilaridade. O genótipo TSH-1188 apresentou médias superiores quanto às características físicas das sementes, enquanto, ESFIP-02 e SJ-02 apresentaram o maior °Brix. Quanto ao segundo capítulo intitulado “Ecofisiologia da germinação dos genótipos de *Theobroma cacao* L.” objetivou-se avaliar a interação do genótipo com temperaturas e períodos de secagem na germinação e no desenvolvimento pós-germinativo do cacauzeiro. No teste de germinação, as temperaturas avaliadas foram 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C constantes e 15-25°C e 20-30°C alternadas e a tolerância a dessecação foi avaliada nas sementes dispostas sob bancada em condições de laboratório (25°C \pm 1°C de temperatura e 65% \pm 5% de umidade) durante 0, 2 e 4 dias. A germinação e o vigor foram determinados com base na protrusão radicular e na formação de plântulas normais. Realizou-se a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Foi efetuada análise multivariada e estimada a divergência genética pelo método de agrupamento de Tocher e UPGMA. O delineamento experimental utilizado foi em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições de 25 sementes. Com relação aos extremos térmicos, o genótipo TSH-1188 pode ser considerado o mais tolerante, enquanto o CEPEC-2002, o mais sensível. Tanto o processo germinativo, quanto o pós-germinativo foram influenciados pelo genótipo. TSH-1188, ESFIP-02 e Ipiranga-01 apresentaram maior porcentagem de plântulas normais vigorosas.

Palavras-chave: Cacau, Espírito Santo, Período de secagem, Porta-enxerto, Temperatura.

ABSTRACT

LAVANHOLE, Daniele Freisleben; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2018; Characterization of fruits and seeds and ecophysiology of germination of *Theobroma cacao* L.; Advisor: Sara Dousseau Arantes; Co-advisers: Edilson Romais Schimldt e Sheila Cristina Prucoli Posse.

The great variability of fruits and seeds makes it difficult to distinguish existing groups of cocoa. The analysis of genetic diversity has been an important tool to subsidize the identification of promising materials for commercial use. Another factor is the variability between the different cacao genotypes at temperature, highlighting the need and the opportunities for the adequate correlation of the planting material with the local environments. This work is divided into two chapters, the first chapter entitled "Analysis of genetic diversity of *Theobroma cacao* L.", aiming to analyze genetic diversity using biometric characteristics of fruits and seeds of cacao genotypes, aiming to identify promising materials for commercial use. The genotypes evaluated were Common, TSH-1188, ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319, CEPEC-2002 and Catongo. Data were submitted to analysis of variance and the means were grouped by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). Multivariate analysis and estimated genetic divergence were performed by the Tocher and UPGMA grouping method. Genetic divergence was observed among the cacao genotypes, with fruit length, fresh seed weight and lower diameter being the characteristics that contributed most to dissimilarity. The TSH-1188 genotype presented higher averages for the physical characteristics of the seeds, while, ESFIP-02 and SJ-02 presented the highest °Brix. The second chapter entitled "Ecophysiology of germination of *Theobroma cacao* L. genotypes" was aimed at evaluating the interaction of genotype with temperatures and drying periods on germination and post-germination development of cacao. In the germination test, the temperatures evaluated were 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C constant and 15-25°C and 20-30°C alternated, and the desiccation tolerance was evaluated in the seeds arranged under laboratory conditions (25°C + 1°C of temperature and 65% + 5% of humidity) for 0, 2 and 4 days. Germination and vigor were determined based on root protrusion and normal seedling formation. The analysis of variance was performed and the means were compared by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). Multivariate analysis was performed and genetic divergence was estimated by the Tocher and UPGMA grouping method. The experimental design was a completely randomized design with four replicates of 25 seeds. Regarding thermal extremes, the TSH-1188 genotype can be considered the most tolerant, while CEPEC-2002, the most sensitive. Both the germination process and the post-germinative process were influenced by the genotype. TSH-1188, ESFIP-02 and Ipiranga-01 presented a higher percentage of normal vigorous seedlings.

Key words: Cacao, Holy Spirit, Drying period, Rootstock, Temperature.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24

1. CAPÍTULOS

25

26

27

28

29

30

31

32

33 **1.1 ANÁLISE DE DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Theobroma cacao* L.**

34

35

36 *“Preparado de acordo com as normas do Periódico Iheringia Série Botânica”*

37 **RESUMO** – Objetivou-se com este trabalho, analisar a diversidade genética utilizando
38 características biométricas de frutos e sementes de genótipos de cacauero, visando identificar
39 materiais promissores para uso comercial. Foram avaliadas características químicas,
40 biométricas internas e externas de frutos e sementes e a biomassa. Os dados foram submetidos
41 à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Foi
42 efetuada análise multivariada e estimada a divergência genética pelo método de agrupamento
43 de Tocher e UPGMA. As medidas de contribuição relativa de cada característica foram feitas
44 utilizando-se método de Singh. Foi observado que existe divergência genética entre os
45 genótipos com a produção de grupos distintos entre os métodos de Tocher e UPGMA. Os
46 caracteres que mais influenciaram na dissimilaridade genética foram: comprimento do fruto,
47 peso fresco da semente e diâmetro inferior. O genótipo TSH-1188 apresentou médias
48 superiores quanto às características físicas das sementes, enquanto, ESFIP-02 e SJ-02
49 apresentaram maiores °Brix.

50

51 **Palavras-chaves:** Espírito Santo, Frutos, Genótipos, Melhoramento genético, Sementes

52 **ABSTRACT - Analysis of genetic diversity of *Theobroma cacao* L.** The objective of this
53 work was to analyze genetic diversity using biometric characteristics of fruits and seeds of
54 cacao genotypes, in order to identify promising materials for commercial use. Chemical,
55 internal and external biometric characteristics of fruits and seeds and biomass were evaluated.
56 Data were submitted to analysis of variance and the means were grouped by the Scott-Knott
57 test ($p < 0.05$). Multivariate analysis was performed and genetic divergence was estimated by
58 the Tocher and UPGMA grouping method. The relative contribution measures of each
59 characteristic were made using Singh's method. It was observed that there is genetic

60 divergence between the genotypes with the production of distinct groups between the Tocher
61 and UPGMA methods. The characters that most influenced the genetic dissimilarity were:
62 fruit length, fresh seed weight and lower diameter. The TSH-1188 genotype presented higher
63 averages for the physical characteristics of the seeds, while, ESFIP-02 and SJ-02 showed
64 higher °Brix.

65

66 **Keywords:** Espírito Santo, Fruits, Genotypes, Genetic improvement, Seeds

67

68 1. INTRODUÇÃO

69

70 O cacau é comercialmente explorado para a fabricação de chocolate, contudo, derivados e
71 subprodutos também podem ser transformados em cosméticos, bebidas refinadas, geleias,
72 cremes e sucos (Schwan; Lopez, 1988, Monteiro et al., 2009). Pouco mais da metade da
73 produção mundial de cacau está concentrada em apenas sete países, sendo que o Brasil foi
74 considerado em 2014 o sétimo maior produtor, segundo a Food and Agriculture Organization
75 (FAO, 2017). Embora a área plantada tenha aumentado em 14% entre os anos de 2015 e 2016,
76 a produção de cacau brasileira reduziu em 22% de acordo com o Instituto Brasileiro de
77 Geografia e Estatística (IBGE, 2017), o que contribuiu para o decréscimo de exportação e
78 aumento da importação, segundo a Análise das Informações de Comércio Exterior (ALICE-
79 Web, 2017). Dentre os principais fatores que dificultam a produção brasileira estão à
80 ocorrência de doenças, plantios antigos e com baixa densidade de plantas por hectare, o
81 manejo da cultura e o genótipo utilizado.

82 O cacauzeiro é tradicionalmente cultivado em sistema de cabruca, conceituado como um
83 sistema agrossilvicultura (Lobão et al., 2012), sendo que cerca de 90% da produção mundial é
84 originária de pequenas propriedades rurais, de acordo com International Cocoa Organization
85 (ICCO, 2013). Desta forma esta cultura apresenta expressiva contribuição ambiental e social,
86 destacando a sua importância para o Estado do Espírito Santo, onde predomina a agricultura
87 familiar e o seu cultivo em áreas de preservação permanente.

88 No Espírito Santo, o cacauzeiro é a segunda espécie frutífera mais cultivada, produzindo
89 cerca de 6.000 toneladas em 2016 (Sefaz, 2016), sendo o Município de Linhares o maior
90 produtor (IBGE 2016). Os genótipos mais indicados para o estado do Espírito Santo são PH-
91 16, PS-1319, SJ-02, CCN-51, CEPEC-2002, Ipiranga-01, BN-34 e CP-49. Conforme
92 International Cocoa Organization (ICCO, 2013), a escolha de um genótipo resistente para
93 plantio pode reduzir significativamente as perdas da cultura, assim como proporcionar maior
94 produtividade por área, e a obtenção de um cacau de qualidade superior.

95 A análise de diversidade genética é uma importante ferramenta para subsidiar a
96 identificação de materiais promissores para uso comercial e para subsidiar os programas de
97 melhoramento genético (Sartoretto; Farias, 2010; Rabbani et al., 2012). Diversos trabalhos
98 evidenciam a grande diversidade genética existente entre os genótipos de cacaueteiro através de
99 análises moleculares (Almeida; Valle, 2007; Araújo et al., 2009; Afoakwa et al., 2011) e
100 biométricas (Almeida et al., 2009; Alexandre et al., 2015; Venial et al., 2017).

101 Estudos sobre diversidade podem ser direcionados para o melhoramento, conservação e
102 manejo de material vegetal, entre outras finalidades. Para o desenvolvimento de plantas
103 geneticamente superiores, os indivíduos selecionados devem apresentar simultaneamente uma
104 série de características para produzirem um rendimento comparativamente maior e atenderem
105 às demandas dos consumidores (Cruz, 2013).

106 A biometria dos frutos constitui um instrumento importante para detectar a variabilidade
107 genética dentro de populações de uma mesma espécie, e as relações entre esta variabilidade e
108 os fatores ambientais (Gusmão et al., 2006). Os fatores ambientais, abióticos e bióticos,
109 contribuem para o estabelecimento do padrão morfométrico das espécies (Bezerra et al.,
110 2012).

111 Uma das maneiras para mensurar a diversidade genética é a utilização de descritores
112 morfológicos. Caracteres qualitativos e quantitativos de fácil detecção, com alta herdabilidade
113 e que sofram pouca variação ambiental, são utilizados a fim de diferenciar os genótipos. Para
114 quantificar a diversidade genética são utilizados diversos métodos de análises multivariadas.
115 Além disto, estudos de biometria possibilitam a obtenção de marcadores que podem ser
116 utilizados para fins de identificação de genótipos subsidiando comercialização (Ciconini et al.,
117 2013; Paiva et al., 2014).

118 Os atributos de interesse (forma, tamanho e cor do fruto) auxiliam na identificação e
119 descrição de clones e cultivares que variam de acordo com o genótipo de cacaueteiro (Farinês et
120 al., 2002). Pesquisas sobre caracterização biométrica de cacaueteiro têm evidenciado ampla
121 variabilidade de diversos caracteres relacionados a frutos (Almeida et al., 2009, Alexandre et
122 al., 2015) e sementes (Venial et al., 2017), cujos resultados variam em função do estágio de
123 maturação (Farinês et al., 2002), pois dependendo do estágio de maturação de coleta do fruto
124 se terá diferenças quanto a biometria do fruto e semente.

125 Sendo assim, objetivou-se com este trabalho, analisar a diversidade genética utilizando
126 características biométricas de frutos e sementes de genótipos de cacaueteiro, visando identificar
127 materiais promissores para uso comercial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

128

129

130 Os frutos utilizados no experimento foram coletados de plantas cultivadas no campo de
131 manutenção de genótipos da Estação Experimental Filogônio Peixoto – ESFIP, pertencente à
132 Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizado no município de
133 Linhares, ES. O município está localizado a uma latitude sul de 19°23'48" e uma longitude
134 oeste de Greenwich de 40°03'42"W, em região conhecida como "Baixo Rio Doce". O clima
135 pela classificação de Koppen-Geiger é Af, considerado do tipo tropical quente úmido com
136 chuvas no verão e inverno seco. O índice pluviométrico de 1.193 mm/ano e a temperatura
137 média é de 23,4 °C, sendo a máxima de 32°C e a mínima de 19,6°C (Alvares et al., 2013).

138 Foram coletados 100 frutos por genótipo no ponto de maturação aparente (casca amarelada
139 ou alaranjada dependendo do material genético), de dez genótipos (Comum, TSH-1188,
140 ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319, CEPEC-2002 e Catongo) (Figura 1)
141 e encaminhados para o Laboratório de Sementes do Instituto Capixaba de Pesquisa,
142 Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), localizado em Linhares – ES, para
143 caracterização. Na tabela 1 pode ser observada a descrição destes genótipos.

144 Os frutos foram analisados quanto as seguintes características: biomassa do fruto (BF) em
145 balança semi-analítica Shimadzu BL3200H, com auxílio de uma fita métrica determinou-se o
146 diâmetro do fruto (DF), enquanto que para o comprimento do fruto (CF), relação (CF/DF),
147 espessura apical (EA), espessura basal (EB), espessura lado 1 (EL1), espessura lado 2 (EL2),
148 diâmetro superior (DS), diâmetro mediano (DM) e diâmetro inferior (DI), utilizou-se uma
149 régua milimétrica. O comprimento da cavidade (CC) foi determinado através da fórmula
150 $CC=CF-EA-EB$, diâmetro da cavidade (DC) foi determinado através da fórmula $DC=DM-$
151 $EL1-EL2$, relação comprimento/diâmetro da cavidade (CC/DC), peso fresco da placenta
152 (PFP).

153 As sementes foram caracterizadas quanto a massa fresca da semente (MFS) pesado em
154 balança semi-analítica SHIMADZU BL3200H, posteriormente realizou-se a contagem do
155 número de sementes (NS) por fruto, em seguida, com auxílio de um paquímetro digital com
156 precisão de 1 mm, determinou-se o comprimento da semente (CS), espessura da semente
157 (ES), diâmetro apical (DA), diâmetro mediano (DM) e diâmetro basal (DB). O teste para
158 determinar o peso de mil sementes (PMS) foi realizado conforme metodologia descrita pelas
159 Regras para análise de Sementes (Brasil, 2009), no qual foram contadas ao acaso,
160 manualmente, utilizando-se oito repetições de 100 sementes para cada um dos genótipos de

161 cacauieiro. O grau de umidade (U) foi determinado pelo método da estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por
162 24h (Brasil, 2009), utilizando-se três repetições de 10g de sementes.

163 A coloração do tegumento da semente foi medida usando-se Colorímetro Konica Minolta
164 CR-400, sendo realizada em dois pontos (superior/inferior). O colorímetro expressa à cor nos
165 parâmetros: L^* , corresponde à claridade/luminosidade partindo do 0 (preto) a 100 (branco),
166 a^* que define a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$), b^* que representa a
167 transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$), onde quanto mais distante do centro ($=0$),
168 mais saturada a cor, C (cromaticidade ou intensidade da cor) e $^{\circ}\text{H}$ matizes cujos ângulos
169 $0^{\circ}=360^{\circ}$ = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 270° = azul (Mcguire, 1992). A
170 determinação do índice de cor do tegumento (variando de -20 a +20, sendo quanto mais
171 negativo mais verde será a coloração e, quanto mais positivo, mais alaranjada) foi realizada o
172 cálculo para determinação do índice de cor do tegumento-ICT [$=1000 \times a^*/(L^* \times b^*)$].

173 A polpa foi extraída utilizando fricção manual em peneira e avaliada a qualidade mediante
174 análise do teor de sólidos solúveis (SS) ($^{\circ}\text{Brix}$), acidez titulável (AT) (% de ácido cítrico),
175 relação SS/AT (Ratio) e pH, determinados de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (IAL,
176 2008). O Teor de Sólidos Solúveis (SS) foi determinado por leitura em refratômetro digital
177 Schmidt Haensch ATR-BR[®] com compensação automática de temperatura na faixa de 5 a 50
178 $^{\circ}\text{C}$, e escala variando de 0 a 100 $^{\circ}\text{Brix}$, utilizando - se pipeta automática para 1 mL de suco, os
179 resultados obtidos foram expressos em graus Brix ($^{\circ}\text{Brix}$). A acidez Titulável (AT) foi
180 determinada pelo método de titulação com NaOH 0,1 N, através do titulador automático
181 Titrino Plus Metrohm/848 previamente calibrados pelo INMETRO, os dados foram expressos
182 em percentual de ácido cítrico no suco. A relação Sólidos Solúveis/Acidez titulável (Ratio) foi
183 determinada pela razão entre as duas variáveis (SS/AT). E para avaliação do pH foi utilizado
184 o potenciômetro digital de bancada, modelo pH lab Metrohm/827, com compensação
185 automática de temperatura, calibrado com solução tampão de pH 7.00, 4.00 e 9.00. O peso da
186 polpa (PP) foi determinado por meio do peso da semente com polpa menos o peso da semente
187 sem polpa, enquanto, o rendimento de polpa (RP) foi determinado por $\frac{\text{Peso da polpa}}{\text{Peso do futo}} * 100$.

188 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), constituído de
189 dez tratamentos, sendo cada tratamento representado por um genótipo, com quatro repetições
190 de 25 frutos e suas respectivas sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância,
191 teste F a 0,01 de significância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 0,05
192 de probabilidade. Na análise multivariada a divergência genética entre os acessos foi estimada
193 pelo método de agrupamento de Tocher (Rao, 1952), com o emprego da distância

194 generalizada de Mahalanobis (D^2), como medida de dissimilaridade. Com base na matriz de
195 distâncias foi realizada a análise de agrupamento pelo algoritmo de classificação hierárquica
196 ascendente UPGMA (Unweighted Pair Grouped Method Average). As análises estatísticas
197 foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Genes (Cruz, 2013).

198

199 **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

200

201 **3.1 Biometria dos frutos**

202

203 Através das diversas análises realizadas pode-se observar a grande diversidade genética
204 existente entre os genótipos do cacauzeiro estudados. Dentre as variáveis avaliadas, o
205 comprimento do fruto foi o que teve maior influência sobre a próxima geração (Tabela 2).
206 Dentro do gênero *Theobroma*, os dados métricos são predominantes para a formação de
207 grupos. Entre as espécies deste gênero, *T. cacao* é a espécie que apresenta maior variabilidade
208 na forma, cor e tamanho do fruto (Santos et al., 2012).

209 Por meio das análises biométricas foi constatado que o genótipo TSH-1188 foi superior aos
210 outros frutos para as variáveis: massa total do fruto (MTF), espessura basal (EB) e diâmetro
211 mediano (DM) (Tabela 3). Os genótipos TSH-1188, CCN-51 e Ipiranga-01 apresentaram
212 maior comprimento do fruto, enquanto os genótipos Comum e CEPEC-2002 apresentaram o
213 menor. Os genótipos TSH-1188, CCN-51 e Ipiranga-01 foram os que apresentaram maior
214 comprimento da cavidade (CC). Quanto à relação do comprimento da cavidade/diâmetro da
215 cavidade (CC/DC) não houve diferença entre os genótipos (Tabela 3).

216 Do mesmo modo que no presente estudo, Alexandre et al. (2015), constataram que TSH-
217 1188 foi o genótipo de maior destaque, enquanto, CEPEC-2002 foi o inferior. O genótipo
218 TSH-1188 é um híbrido que apresenta grande heterozigosidade entre os vários genótipos de
219 cacauzeiro cultivados na Bahia, com boas características de produção e resistência a vassoura-
220 de-bruxa (Lima et al., 2013).

221 Almeida et al. (2009) avaliando 140 acessos de cacau na localidade de Ouro Preto do
222 Oeste, averiguaram uma elevada variabilidade em todos os componentes de produção. Leal et
223 al. (2008) estudaram 120 acessos de cacau no sul da Bahia e, observaram que os acessos
224 selecionados pelos agricultores como produtivos e resistentes à vassoura-de-bruxa,
225 apresentaram ampla diversidade genética quando comparados pela técnica de RAPD
226 (Random Amplified Polymorphic DNA). De acordo com Martínez et al. (2015) a grande

227 diversidade genética existente entre os genótipos pode-se tornar uma ameaça, visto que, cada
228 vez mais se tem a homogeneização dos genótipos pela busca de alta produtividade e
229 resistência a doenças.

230 A existência de alogamia propicia as variações existentes no número e peso do fruto, no
231 entanto, embora estas características sejam fortemente determinadas pelo genótipo, ela é
232 bastante influenciada pelo número de frutos que desenvolvem e completam a maturação em
233 uma determinada almofada ou ramo. Quando esse número é elevado os frutos tendem a ser
234 menores e vice-versa (Carvalho; Müller, 2005). Outra problemática no cultivo do cacaueteiro é
235 que os genótipos não são tolerantes aos ambientes com déficit hídrico, acarretando diminuição
236 na massa do fruto, quando estes genótipos são cultivados em condições inadequadas de
237 suprimento de água (Santos et al., 2016).

238 Frutos com maior diâmetro e comprimento são encontrados em plantas com menor
239 quantidade de frutos. Os valores mais altos para diâmetro, comprimento e espessura do fruto
240 podem ser atribuídos principalmente a uma concorrência entre a fonte e o dreno em plantas
241 com menos frutos, o que resulta em maior suprimento de fotoassimilados para o seu
242 crescimento (Lins et al., 2016). Segundo Duarte e Piel (2010), o aparecimento de um novo
243 fruto compete mais com os outros frutos remanescentes do que com os órgãos vegetativos.

244 Alexandre et al. (2015) evidenciaram em seu trabalho que dos genótipos (CCN-10, CCN-
245 51, CEPEC-2002, PH-15, PH-16, PS-1319 e TSH-1188), os genótipos CCN-10 e CCN-51 são
246 os mais indicados para a produção de amêndoas, no entanto, o número de genótipos e o baixo
247 número amostral não seriam suficientes para afirmar tal fato. Venial et al. (2017) estudando
248 os genótipos CCN-51, PH-16, CEPEC-2002, Ipiranga-01, SJ-02, PS-1319, TSH-1188 e
249 Comum averiguaram que TSH-1188 e PS-1319 seriam os mais indicados para programas de
250 melhoramento, todavia, para a região norte do Espírito Santo são utilizados outros genótipos,
251 além destes, desta forma, se faz necessário estudos que abordem outros genótipos.

252 **3.2 Biometria das Sementes**

253

254 Segundo os dados analisados pelo teste de Scoot-Knott, os genótipos constituíram um
255 único grupo para o teor de umidade (U) (Tabela 4). Conforme Sarmento et al. (2015), o
256 conhecimento sobre o teor de umidade das sementes é de fundamental importância, seja para
257 a colheita, armazenamento ou comercialização. Por meio do teor de umidade pode-se
258 determinar quando as sementes atingem o máximo de sua qualidade, indicando o momento

259 ideal para a colheita. Estudos que abordem o teor de umidade de sementes de cacaueteiro são
260 escassos, por isso, se tem grande relevância à abordagem nesse trabalho.

261 De acordo com as Regras para análise de sementes, o peso de mil sementes é utilizado para
262 calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da
263 amostra de trabalho para análise de pureza, quando não especificado nas RAS, dando ideia do
264 tamanho das sementes, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade (Brasil, 2009).
265 Levando-se em consideração a ausência de estudos para a cultura do cacaueteiro e a
266 importância dessa análise observou-se que para o peso de mil sementes (PMS), o genótipo
267 TSH-1188 foi superior, seguido de ESFIP-02, CCN-51 e PH-16 (Tabela 4), enquanto,
268 CEPEC-2002 foi o inferior. Segundo Guedes et al. (2009), o peso das sementes é relatado
269 como uma das causas morfológicas que podem comprometer o vigor e assim, influenciar em
270 sua qualidade.

271 Os genótipos CCN-51 e PS-1319 foram os que apresentaram a maior massa fresca de
272 sementes, seguido de TSH-1188, Ipiranga-01 e SJ-02, enquanto ESFIP-02 foi inferior,
273 seguido de CEPEC-2002, Comum, Catongo e PH-16 (Tabela 4). Segundo Ballesteros et al.
274 (2015), frutos menores e o baixo peso das sementes podem ser um indicador de baixa
275 qualidade para os cacauicultores na seleção de cultivares de cacau.

276 Através dos dados biométricos observou-se a diversidade existente entre os genótipos de
277 cacaueteiro. O parâmetro comprimento gerou quatro grupos (Tabela 4), onde, o genótipo TSH-
278 1188, conteve a maior média, seguido de Comum, ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02 e
279 PS-1319. CEPEC-2002 teve o menor comprimento. Quanto à espessura, o genótipo TSH-
280 1188 foi superior, seguido de ESFIP-02, PH-16 e PS-1319, e CEPEC-2002, seguido de
281 Catongo foram inferiores. Tanto o diâmetro apical, quanto o diâmetro mediano e basal, teve o
282 genótipo CCN-51 com a maior média. Quanto ao número de sementes, não se detectou
283 diferença entre os genótipos.

284 Campuzano (2007), estudando vinte e um genótipos de cacaueteiro, relatou que o genótipo
285 CCN-51 foi o segundo a apresentar maior peso de sementes, além de melhor atributo físico.
286 De acordo com o mesmo, o número de sementes é muito variável, devido ser influenciado
287 diretamente por fatores genéticos e ambientais. Por isso, há uma grande variação no número
288 de sementes entre os frutos de um mesmo genótipo. O número de sementes é considerado um
289 importante componente durante a fertilização da flor, associado com o desempenho e o peso
290 médio da semente, sendo influenciado pela estação do ano (Fariñas et al., 2002).

291 Alexandre et al. (2015), constatou em seus estudos que os genótipos CCN-10 e TSH-1188,
292 tiveram a maior largura (14,45 e 11,86 mm) e espessura (9,85 e 9,48 mm), enquanto que no

293 presente estudo TSH-1188 foi superior aos outros genótipos quanto a espessura (10,14 mm).
294 De acordo com Clement et al. (2003), a variação biométrica entre os genótipos de cacauero
295 está relacionada com a sua origem genética.

296 Características morfológicas são fundamentais quando se pretende selecionar
297 precocemente genótipos de cacauero, tanto para produção de sementes com qualidade
298 superior para obtenção de portaenxertos vigorosos, quanto para a produção de amêndoas
299 destinadas à fabricação de chocolate (Venial et al., 2017).

300 **3.3 Cor da Semente**

301

302 Para a coloração do tegumento, o parâmetro L* (luminosidade) formou três grupos, sendo
303 o genótipo Catongo o que apresentou valor superior, indicando uma maior claridade,
304 enquanto, CCN-51, Ipiranga, Comum e TSH-1188 os mais inferiores (Tabela 5). Para o
305 parâmetro a*, os genótipos CCN-51, PH-16 e PS-1319 apresentaram valores superiores
306 indicando uma coloração vermelha, enquanto, TSH-1188, ESFIP-02 e Catongo apresentaram
307 coloração mais esverdeada. Já para as variáveis b* e C*, os genótipos CCN-51, PS-1319 e
308 Catongo apresentaram-se mais próximos da coloração amarela. O Catongo apresentou o
309 menor valor para o ângulo Hue (°H), indicando maior intensidade da cor verde (Tabela 5). O
310 Catongo é uma mutação para o albinismo do cacauero da variedade Comum, sua principal
311 característica é a despigmentação no interior das sementes (Neto et al., 2005), o que justifica o
312 maior valor para o parâmetro L*.

313 Quanto ao índice de cor do tegumento formaram-se dois grupos, onde o genótipo Catongo
314 formou um grupo e os outros genótipos constituíram outro grupo. De acordo com o índice de
315 cor do tegumento e ângulo Hue, o tegumento da semente do genótipo Catongo evidencia a cor
316 verde, enquanto, os outros genótipos (Comum, TSH-1188, ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01,
317 SJ-02, PH-16, PS-1319 e CEPEC-2002 apresentaram uma coloração amarelo-alaranjado
318 (Tabela 5). A cor da semente do cacauero é um importante fator de qualidade para o
319 chocolate, principalmente do cacau em pó, sendo normalmente o tom marrom-escuro o mais
320 apreciado (Cohen et al., 2004).

321 **3.4 Qualidade da polpa**

322

323 Os genótipos TSH-1188, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02 e PH-16 apresentaram maior valor
324 para peso da polpa. Exceto por ESFIP-02, os demais genótipos não apresentaram diferença
325 estatística para rendimento de polpa (Tabela 6). Para °Brix, ESFIP-02 e SJ-02 apresentaram

326 as maiores médias, enquanto que para acidez titulável CCN-51 e SJ-02 compuseram-se das
327 maiores médias, seguido de TSH-1188, CCN-51 e Ipiranga-01, enquanto, os genótipos
328 Comum e PS-1319 foram inferiores, seguido de PH-16, CEPEC-2002 e Catongo. Quanto ao
329 ratio não se observou diferença entre os genótipos, o que possivelmente pode ser explicado
330 pela pouca variação entre os valores de °Brix e acidez titulável. Os genótipos Comum,
331 Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319 e Catongo apresentaram maior valor de pH, seguido de
332 TSH-1188, ESFIP-02, CCN-51 e CEPEC-2002.

333 De modo geral, um dos fatores negativos para o cacau de certas regiões é o excesso de
334 acidez (Cohen et al., 2004). De acordo com os padrões de identidade e a qualidade para a
335 polpa de cacau estabelecida pela Instrução Normativa N°1, de 07 de janeiro do MAPA
336 (2000), a polpa ou purê do cacau é o produto não fermentado e não diluído, obtido da
337 parte comestível do cacau, exceto sementes, através de processo tecnológico adequado,
338 com teor mínimo de sólidos totais. A cor da polpa de cacau vai do branco ao marfim,
339 sabor levemente ácido e aroma: próprio. Conforme as normas o valor mínimo para o °Brix é
340 14,00, o de pH é de 3,40 e a acidez titulável 0,75.

341 Os genótipos que se enquadram nos padrões de identidade e qualidade para a polpa de
342 cacau estabelecida pela Instrução Normativa N°1, de 07 de janeiro do MAPA (2000) são:
343 °Brix (TSH-1188 (15,59), ESFIP-02 (20,78), CCN-51 (16,55), Ipiranga-01 (16,80), SJ-02
344 (18,82), PH-16 (14,79) e Catongo (14,26)), pH (Comum (3,60), Ipiranga-01 (3,48), SJ-02
345 (3,42), PH-16 (3,48), PS-1319 (3,62) e Catongo (3,56)) e acidez titulável (TSH-1188 (0,91),
346 CCN-51 (1,45), SJ-02 (1,69), PS-1319 (0,90) e CEPEC-2002 (0,79)).

347 Chitarra e Chitarra (1990) averiguaram que o equilíbrio entre ácidos orgânicos e açúcares é
348 muito importante na avaliação do sabor dos frutos. A relação SST/ATT é um dos índices mais
349 utilizados para determinar a maturação e a palatabilidade dos frutos (Morais et al., 2002).
350 Estando diretamente relacionada à qualidade, sendo, portanto, um importante parâmetro a ser
351 considerado na seleção da variedade do fruto (Benevides et al., 2008).

352 Os diferentes genótipos de cacau possuem características de sabor distintas. As
353 diferenças de sabor podem ser atribuídas à composição da semente, origem botânica, local de
354 crescimento, clima da região, quantidade de exposição ao sol, níveis de precipitação da
355 região, condições do solo, maturação, tempo de colheita e tempo entre colheita e fermentação
356 de sementes contribuem para a formação final do aroma (Kongor et al., 2016).

357 No cacau, um genótipo superior é aquele que apresenta um alto rendimento de
358 sementes secas, pois a semente seca é o produto comercial do fruto. O elevado rendimento

359 deve ser o alto peso de sementes por fruto para reduzir o custo de colheita (Dias; Kageyama
360 1997).

361 **3.5 Análise de Diversidade Genética de Frutos e Sementes**

362

363 Neste trabalho, por meio da análise de agrupamento UPGMA, com base em 22
364 características de qualidade física e nove características químicas, pode-se observar a
365 formação de dois grupos, tornando por base o ponto de corte o critério utilizado foi o de
366 Mojema com $K1 = 1,25$ (Figura 3). Quanto aos grupos, os genótipos, Comum, ESFIP-02,
367 CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319, CEPEC-2002 e Catongo constituíram um
368 único grupo, enquanto, que TSH-1188 ficou isolado.

369 Os traços morfológicos são uteis para diferenciar os genótipos, sendo que, os fatores que
370 mais contribuem para esta variabilidade são os relacionados com o fruto, onde, o
371 comprimento, espessura da casca, formato do fruto e a relação comprimento *versus* largura,
372 tem maior influência na separação dos genótipos de cacauero (Ballesteros et al., 2015).

373 Na análise de onze genótipos de cacauero, Lins et al. (2016) verificaram a formação de
374 um grupo formado por Híbridos e Trinitários, estes foram separados dos demais de acordo
375 com sua genealogia, enquanto, Forasteros foram classificados em diferentes grupos. TSH-
376 1188, CCN-51 e ICS 95 ficaram no grupo de Híbridos e Trinitários, esse padrão de grupo
377 mostra que diferentes materiais não formam grupos homogêneos de acordo com a diversidade
378 molecular, uma vez que a aparente homogeneidade dos três genótipos de trinitários pode ser
379 explicada por genealogia e não por grupo racial.

380 Segundo Dias e Kageyama (1997), A análise de diversidade genética de quatro genótipos
381 de cacauero sugeriu uma estreita relação entre o grupo Trinitário e Forastero do Baixo
382 Amazonas. A divergência entre cultivares parental não deve ser considerada como o único
383 critério para tomar decisões de cruzamentos. O desempenho dos cultivares também deve ser
384 considerado, por serem caracteres de alta importância econômica. De acordo com Fontenele
385 et al. (2007) as variáveis quantitativas sofrem variações continuamente, sendo controladas por
386 genes específicos, assim como pelo ambiente, o que pode justificar a variabilidade entre os
387 genótipos.

388

4. CONCLUSÕES

389

390 1. Os genótipos de cacauero apresentaram divergência genética formando dois grupos
391 distintos.

392 2. Comprimento do fruto, peso fresco da semente e diâmetro inferior foram às
393 características que mais influenciaram na dissimilaridade dos genótipos.

394 3. O genótipo TSH-1188 apresentou médias superiores quanto às características físicas
395 das sementes.

396

397

5. AGRADECIMENTOS

398

399 Ao PPGAT e a Fapes pela bolsa de mestrado a primeira autora, A CEPLAC pelo
400 fornecimento dos frutos e ao Dr. Marco Antônio Galeas Aguilar pelas sugestões apresentadas.

401

6. REFERÊNCIAS

402

403 Alexandre, R. S., Chagas, K., Marques, H. I. P., Costa, P. R. & Filho, J. C. 2015.
404 Caracterização de frutos de clones de cacauzeiros na região litorânea de São Mateus,
405 ES. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 19: 785–790.
406 <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p785-790>

407

408 Afoakwa, E. O., Quao, J., Budu, A. S., Takrama, J. & Saalia, F. K. 2011. Effect of pulp
409 preconditioning on acidification, proteolysis, sugars and free fatty acids
410 concentration during fermentation of cocoa (*Theobroma cacao*) beans. International
411 Journal of Food Sciences and Nutrition 62: 755-64.
412 DOI:[10.3109/09637486.2011.581224](https://doi.org/10.3109/09637486.2011.581224)

413 ALICE WEB, 2016. Análise das Informações de Comércio Exterior. Disponível em:
414 <http://aliceweb.mdic.gov.br/consulta-ncm/index/type/exportacaoNcm>. Acessado em
415 17 de julho de 2017.

416 Almeida, A-AF & Valle, R. R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. Brazilian Journal of
417 Plant Physiology 19: 425-448. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>

418 Almeida, C. M. V. C., Dias, L. A. S & Silva, A. P. 2009. Caracterização agrônômica de
419 acessos de cacau. Pesquisa Agropecuária Brasileira 44: 368-373.
420 <http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n4/a06v44n4.pdf>

421 Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M & Sparovek G. 2013.
422 Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22: 711-
423 728. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)

424 Arévalo, E., Ram, A & Valle, R. R. 2012. Integração de práticas de manejo no cultivo de
425 cacauzeiro. In: Valle RR (eds) Ciência, Tecnologia e manejo do cacauzeiro. CEPLAC,
426 Itabuna, p. 545-595.

427 Araújo, I. S., Gonçalo, A. S. F., Pereira, M. G., Faleiro, F. G., Queiroz, V. T., Guimarães, C.
428 T., Moreira, M. A., Barros, E. G., Machado, R. C. R., Pires, J. L., Schenell, R &
429 Lopes UV. 2009. Mapping of Quantitative Trait Loci for Butter Content and
430 Hardness in Cocoa Beans (*Theobroma cacao* L.). Plant Mol Biol 27: 177–183. DOI:
431 [10.1007/s11105-008-0069-9](https://doi.org/10.1007/s11105-008-0069-9)

432 Ballesteros, P. W., Lagos, B. T. C & Ferney LH. 2015. Morphological characterization of
433 elite cacao trees (*Theobroma cacao* L.) in Tumaco, Nariño, Colombia. Revista
434

- 435 Colombiana de Ciências Hortícolas 9: 313-328.
 436 <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4187>
- 437 Benevides, S. D., Ramos, A. M., Stringheta, P. C & Castro, V. C. 2008. Qualidade da manga
 438 e polpa da manga Ubá. Ciência e Tecnologia de Alimentos 28: 571-578.
 439 <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300011>
- 440 Bezerra, F. T. C., Andrade, L. A., Bezerra, M. A. F., Pereira, W. E., Fabricante, J. R.,
 441 Oliveira, L. S. B & Feitosa, R. C. 2012. Biometria de frutos e sementes e tratamentos
 442 pré-germinativos em *Cassia grandis* L. f. (Fabaceae). Semina: Ciências Agrárias 33:
 443 2863-2876. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2863
- 444 Brasil. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de
 445 sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa
 446 Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p.
- 447 Campuzano, V. A. S. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la
 448 selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. 2007. 82 f.
 449 Monografía (Trabalho de Graduação Comprovante de obtenção do Certificado de
 450 Engenheiro Agrônomo) - Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de
 451 Ciencias Agrarias Escuela de Ingeniería Agronómica, Quevedo, Las Ríos, Ecuador.
- 452 Carvalho, J. E. U & Muller, C. H. 2005. Caracterização física de frutos de matrizes
 453 selecionadas de bacurizeiro. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Cabo
 454 Frio. Anais... Cabo Frio: UENP/UFRURAL, p. 379. [https://www.embrapa.br/busca-
 455 de-publicacoes/-/publicacao/577365/caracterizacao-fisica-de-frutos-de-matrizes-
 456 selecionadas-de-bacurizeiro](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/577365/caracterizacao-fisica-de-frutos-de-matrizes-selecionadas-de-bacurizeiro)
- 457 CEPLAC - A Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Lista de clones.
 458 <http://www.ceplac.gov.br/radar/cacau>. Acessado em 15 de maio de 2017.
- 459 Chitarra, M. I. F & Chitarra, A. B. 1990. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e
 460 manuseio. Lavras, FAEPE/ESAL, 543p.
- 461 Ciconini, G., Favaro, S. P., Roscoe, R., Miranda, C. H. B., Tapeti, C. F., Miyahira, M. A. M.,
 462 Bearari, L., Galvani, F., Borsato, A. V., Colnago, L. A & Naka, M. H. 2013.
 463 Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and
 464 Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. Industrial Crops and Products 45:
 465 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.008>
- 466 Clement, D., Risterucci, A. M., Motamayor, J. C., N’Goran, J & Lanaud, C. 2003. Mapping
 467 quantitative trait loci for bean traits and ovule number in *Theobroma cacao* L..
 468 Genome 46: 103–111. <https://doi.org/10.1139/g02-118>
- 469 Cohen, K. O., Luccas, V & Jackix, M. N. H. 2004. Tempering or Precrystallization of
 470 Chocolate. Brazilian Journal of food technology 7: 23-30.
 471 <http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/html/busca/PDF/v7nu158a.pdf>.
- 472 Cruz, C. D. 2013. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and
 473 quantitative genetics. Acta Scientiarum Agronomy 35: 271-276.
 474 <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- 475 Dias, L. A. S & Kageyama, P. Y. 1997. Multivariate genetic divergence and hybrid
 476 performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). Brazilian Journal of Genetics 20: 1-8.
 477 <http://dx.doi.org/10.1590/S010084551997000100012>
- 478 Duarte, T. S & Peil, R. M. N. 2010. Relações fonte:dreno e crescimento vegetativo do
 479 meloeiro. Horticultura Brasileira 28: 271-276. [http://dx.doi.org/10.1590/S0102-
 480 05362010000300005](http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000300005)
- 481 FAO, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em:
 482 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acessado em 20 de julho de 2017.
- 483 Fariñas, L. G., Bertorelli, L. O., Ângulo, J & Parra, P. 2002. Características físicas del fruto
 484 de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, Venezuela.

- 485 Agronomia Tropical 52: 1-10.
 486 http://www.scielo.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X200200030006
 487 006.
- 488 Fontenele, A. C. F., Aragão, W. M & Rangel, J. H. A. 2007. Biometria de Frutos e Sementes
 489 de *Desmanthus virgatus* (L) Willd Nativas de Sergipe. Revista Brasileira de
 490 Biociências 5: 252-254.
 491 <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/275/244>
- 492 Freitas, V. L. O., Viegas, F. P & Lopes, R. M. 2014. Biometria de frutos e sementes,
 493 germinação e desenvolvimento inicial de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*).
 494 Floresta 44: 21– 32. <http://dx.doi.org/10.5380/rr.v44i1.32265>
- 495 Guedes, R. S., Alves, E. U., Gonçalves, E. P., Viana, J. S., Medeiros, M. S & Lima, C. R.
 496 2009. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes
 497 de *Erythrina velutina* Willd. Ciências Agrárias 30: 793-802. DOI: [10.5433/1679-0359.2015v36n4p2373](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2373)
 498
- 499 Gusmão, E., Vieira, F. A & Júnior, É. M. F. 2006. Biometria de frutos e endocarpos de murici
 500 (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). Cerne 12: 84-91.
 501 <http://www.redalyc.org/pdf/744/74412110.pdf>
- 502 IBGE, 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em
 503 <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acessado em 17 de julho de 2017.
- 504 ICCO, 2013. International Cocoa Organization. Disponível em
 505 <https://www.icco.org/economy/production.html>. Acessado em 17 de julho de 2017.
- 506 IAL, Instituto Adolfo Lutz (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos.
 507 Ministério da Saúde, Brasília-DF, 1018p.
- 508 Kongor, J. E., Hinneh, M., Dewalle, D. V., Afoakwa, E. O., Boeckx, P & Dewettinck, K.
 509 2016. Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour
 510 profile. Food Research International 82: 44–52.
 511 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- 512 Leal, J. B., Santos, L. M., Santo, C. A. P., Pires, J. L., Ahnert, D & Corrêa, R. X. 2008.
 513 Diversidade genética entre acessos de cacau de fazendas e de banco de germoplasma
 514 na Bahia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília 43: 851-858.
 515 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700009>
- 516 Lima, E. M., Pereira, N. E., Pires, J. L., Barbosa, A. M. M & Corrêa, R. X. 2013. Genetic
 517 molecular diversity, production and resistance to witches' broom in cacao clones.
 518 Crop Breeding and Applied Biotechnology 13: 127-135.
 519 <http://www.scielo.br/pdf/cbab/v13n2/05.pdf>.
- 520 Lins, A. B., Lawinsky, P. R., Barbosa, A. M. M., Gaiotto, F. A & Corrêa, R. X. 2016.
 521 Molecular genetic diversity in a core of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones with
 522 potential for selection of disease resistance, plant height and fruit production. African
 523 Journal of Biotechnology 15: 2517-2523. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2015.15188>
- 524 Lobão, D. E., Setenta, W. C., Lobão, E. S. P., Curvelo, K & Valle, R. R. 2012. Cacau Cabruca
 525 - Sistema Agrossilvicultural Tropical. In: Valle RR (2ª ed.) Ciência, Tecnologia e
 526 Manejo do Cacaueiro. Brasília, Distrito Federal, Brasil: Ministério da Agricultura
 527 Pecuária e Abastecimento, p. 467-506.
- 528 Lopes, U. V., Monteiro, W. R., Pires, J. L., Clement, D., Yamada, M. M & Gramacho, K. P.
 529 2011. Cacao breeding in Bahia, Brazil - strategies and results. Crop Breeding and
 530 Applied Biotechnology 1: 73-81. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-70332011000500011>
 531
- 532 MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico geral
 533 para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Instrução

- 534 Normativa n.1, de 7 de janeiro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan.
535 2000. Seção 1, p.54-58.
- 536 Martínez, I. B., Nelson, M. R., Flamand, M. C & Bertin, P. 2015. Genetic diversity and
537 population structure of anciently introduced Cuban cacao *Theobroma cacao* plants.
538 Genetic Resources and Crop Evolution 62: 67–84. DOI: [10.1007/s10722-014-0136-z](https://doi.org/10.1007/s10722-014-0136-z)
539
- 540 Martins, G. N., Silva, R. F., Araújo, E. F., Pereira, M. G., Vieira, H. D & Viana, A. P. 2005.
541 Influência do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de
542 armazenamento na qualidade fisiológica de semente de mamão do grupo formosa.
543 Revista Brasileira de Sementes 27: 12-17. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000200003>
544
- 545 Mcguire, R. G. 1992. Reporting of objective colour measurements. HortScience 27:1254–
546 1255. <http://hortsci.ashspublications.org/content/27/12/1254.full.pdf+html>
- 547 Mengarda, L. H. G., Lopes, J. C., Alexandre, R. S., Zanotti, R. F & Manhone, P. R. 2015.
548 Alternating temperature and accelerated aging in mobilization of reserves during
549 germination of *Carica papaya* L. seeds. Journal of Seed Science 37: 016-025.
550 <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v37n1140154>
- 551 Monteiro, W. R., Lopes, U. V & Clement, D. 2009. Genetic Improvement in Cocoa. In
552 Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species ; Jain, S.M.; Priyadarshan, D.;
553 Eds.; Springer Science, Business Media, 589–626.
- 554 Morais, P. L. D., Filgueiras, H. A. C., Pinho, J. L. N & Alves, R. E. 2002. Ponto de colheita
555 ideal de mangas ‘Tommy Atkins’ destinadas ao mercado europeu. Revista Brasileira
556 de Fruticultura 24: 671-675. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000300025>
- 557 Neto, A. D., Corrêa, R. X., Monteiro, W. R., Luz, E. D. M. N., Gramacho, K. P., Lopes, U. V.
558 (2005). Caracterização de uma população de cacau para mapeamento de genes de
559 resistência à vassoura-de-bruxa e podridão-parda. Fitopatologia Brasileira 30: 380-386.
560 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582005000400007>
- 561 Nobre, D. A. C., Costa, C. A., Junior, D., Silva, B., Resende, J. C. F & Silva, F. N. S. D.
562 2015. Qualidade das sementes de girassol de diferentes genótipos. Ciência Rural 45:
563 1729–1735. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120863>
- 564 Paiva, C. L., Viana, A. P., Santos, E. A., Silva, R. N. O & Oliveira, E. J. 2014. Diversidade
565 genética de espécies do gênero *Passiflora* com o uso da estratégia Ward-MLM.
566 Revista Brasileira de Fruticultura 36: 381–390. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-156/13>
567
- 568 Pinto, L. R. M & Pires, J. L. 1998. Seleção de plantas de cacau resistentes à vassoura-de-
569 bruxa. Ilhéus. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico, nº 181. 35p.
- 570 Rabbani, A. R. C., Silva, A. V. C., Muniz, E. N., Léo, A. S & Quirino, Z. B. R. 2012.
571 Diversidade genética entre cajueiros comerciais. Scientia Plena 8: 1-9.
572 <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/938195/1/scientia.plena.pdf>
- 573 Rao, R. C. 1952. Advanced statistical methods in biometric research. New York, John Wiley,
574 390p.
- 575 Santos, E. A., Almeida, A. A. F., Ahnert, D., Branco, M. C. S., Valle, R. R & Baligar, V. C.
576 2016. Diallel analysis and growth parameters as selection tools for drought tolerance
577 in young *Theobroma cacao* plants. PLoS ONE 11: 1-22.
578 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160647>
- 579 Schwan, R. F & Lopez, A. 1988. Mudança no perfil da fermentação de cacau ocasionada pela
580 retirada parcial da polpa da semente. Revista Theobroma 4: 247-257.
- 581 SEFAZ. 2016. Secretaria de Estado da Fazenda. Disponível em:
582 <https://www.sefaz.es.gov.br/>. Acessado em 29 de junho de 2017.

- 583 Santos, R. C., Pires, J. L & Correa, R. X. 2012. Morphological characterization of leaf,
584 flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. Genetic
585 Resources and Crop Evolution 59: 327–345. [https://doi.org/10.1007/s10722-011-](https://doi.org/10.1007/s10722-011-9685-6)
586 [9685-6](https://doi.org/10.1007/s10722-011-9685-6)
- 587 Sarmento, H. G. S., David, A. M. S. S., Barbosa, M. G. B., Nobre, D. A. C & Amaro, H. T. R.
588 2015. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-mansão por
589 métodos alternativos. Energia na Agricultura 30: 249–256.
590 <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n3p250-256>
- 591 Sartoretto, L. M & Farias, P. C. M. 2010. Diversidade genética e técnicas biotecnológicas.
592 Unoesc e Ciências 1: 155-162.
593 <http://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/view/166>
- 594 Venial, L. R., Alexandre, R. S., Camata, H., Lopes, J. C., Zanotti, R. F., Ferreira, A &
595 Aguilar, M. A. G. 2017. Biometria e armazenamento de sementes de genótipos de
596 cacauero. Pesquisa Florestal Brasileira 37: 39-46. [Doi: 10.4336/2017.pfb.37.89.1239](https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.89.1239)
597

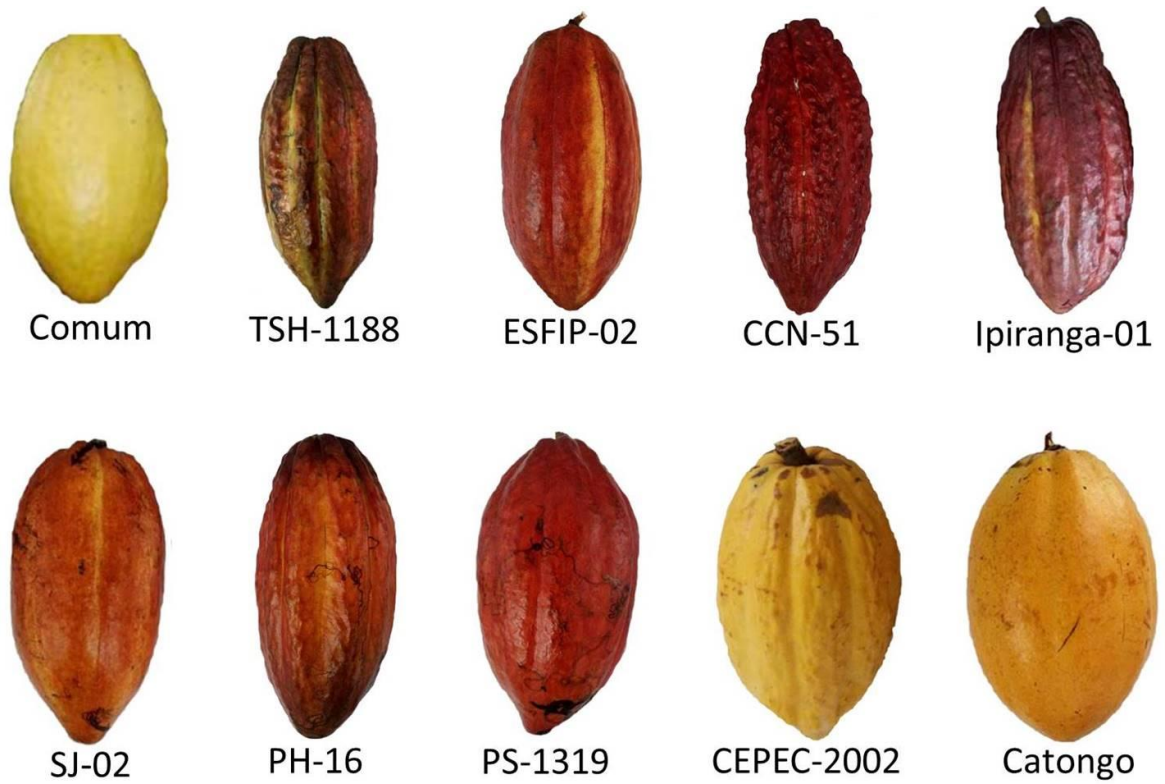
7. TABELAS E FIGURAS

598

599

600

601

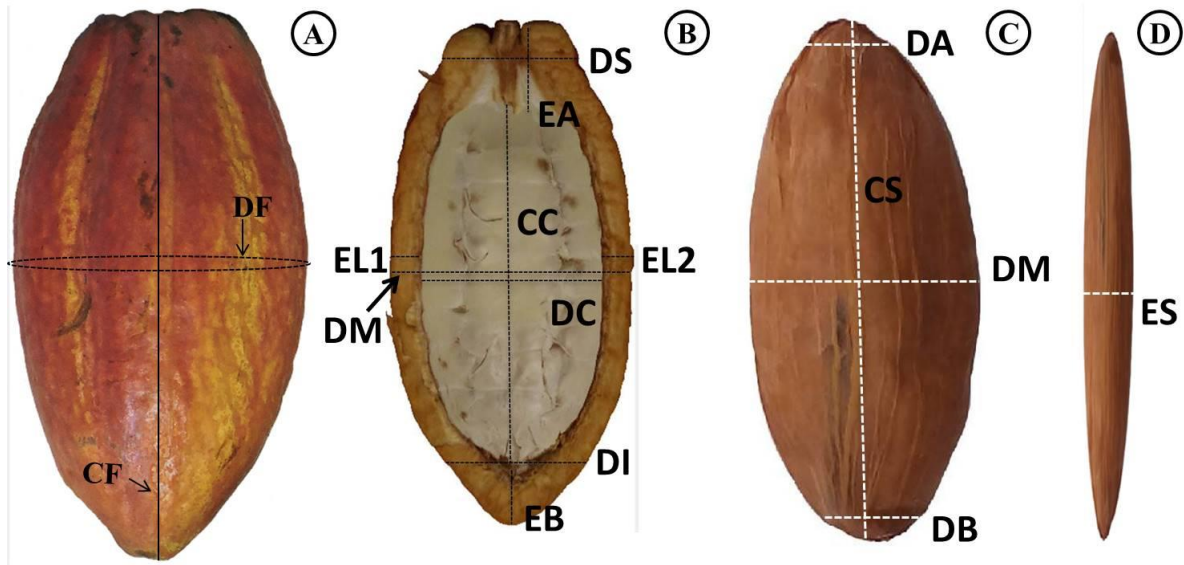


602

603 Figura 1. Genótipos utilizados no experimento no município de Linhares, na região norte do
604 estado do Espírito Santo.

605

606



607

608 Figura 2. Caracterização biométrica de fruto e semente de cacauero. Biomassa do fruto (BF);
 609 diâmetro do fruto (DF); comprimento do fruto (CF); relação (CF/DF); espessura apical (EA);
 610 espessura basal (EB); espessura lado 1 (EL1); espessura lado 2 (EL2); diâmetro superior
 611 (DS); diâmetro mediano (DM); diâmetro inferior (DI); comprimento da cavidade (CC);
 612 diâmetro da cavidade (DC); relação (CC/DC), massa fresca da placenta (MFP); massa fresca
 613 da semente (MFS); número de sementes (NS); comprimento da semente (CS); espessura da
 614 semente (ES); diâmetro apical (DA); diâmetro mediano (DM), diâmetro basal (DB).
 615

Tabela 1. Genealogia e descritores agronômicos de dez genótipos de cacauero, utilizados no experimento no município de Linhares, região norte do Espírito Santo.

Genótipo	Origem	Parentais	Ascendência	Polinização	Cor e formato do Fruto
Comum	Bahia	Indefinidos	Forastero	AC	A/AM
TSH-1188	Trinidad e Tobago	IMC67, ICS1, SCA6 e P18	Amazônico/Trinitário	AI	V/AL
ESFIP-02	Regional do Espírito Santo	TSH-565 x IMC-67	Trinitário/Forastero	AI	V/AL
CCN 51	Equador	CCN-1x(IMC-95 x IMC-67)	Amazônico/Trinitário	AC	V/AL
Ipiranga-01	Fazenda Ipiranga, Belmonte-BA	Trinitários-Indefinidos	Amazônico/Trinitário	AC	V/AL
SJ-02	Fazenda São José, Itajuípe-BA	IMC-67 x ICS-01	Amazônico/Trinitário	AC	A/AL
PH-16	São José da Vitória-BA	PA-150 x ICS-01	Amazônico/Trinitário	AC	A-V/AL
PS-1319	Fazenda Porto Seguro, Ilhéus-BA	ICS-01 x PA-150	Amazônico/Trinitário	AC	A-V/AM
CEPEC-2002	Fazenda Brasileira, Uruçuca-BA	Sca-6 x Comum **	Amazônico/Amazônico	AC	AAM
Catongo	Bahia	Mutação do cacau Comum	Forastero	AC	A/AM

AC= autocompatibilidade; AI= autoincompatibilidade; A= amarelo; V= vermelho; AM= amelonado; AL= alongado

Os dados listados na tabela estão de acordo com Dias et al. (2016), Arévalo et al. (2012) e CEPLAC (2017)

** Tem Catongo em sua composição

Pará e Maranhão (Comum); Trinidad Selection Hybrids (TSH-1188); Estação Experimental Filogônio Peixoto (ESFIP-02); Colección *Castro Naranja* 51 (CCN-51); Fazenda Ipiranga (Ipiranga-01); Fazenda São José (SJ-02); Fazenda Porto Híbrido (PH-16); Fazenda Porto Seguro (PS-1319); Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC-2002); Fazenda Catongo (Catongo)

Tabela 2. Características físicas dos frutos de dez genótipos de cacaueteiro: biomassa do fruto (BTF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), relação (CF/DF), espessura apical (EA), espessura basal (EB), espessura lado um (EL1), espessura lado dois (EL2), diâmetro superior (DS), diâmetro mediano (DM), diâmetro inferior (DI), comprimento da cavidade (CC), diâmetro da cavidade (DC), relação comprimento/diâmetro da cavidade (CC/DC) e massa fresca da placenta (MFP)

Genótipo	Variáveis															
	BF	CF	DF	CF/DF	EA	EB	ELU	ELD	DS	DM	DI	CC	DC	CC/DC	MFP	
	(g)	(cm)			(cm)											(g)
Comum	521,53 c	14,19 e	29,02 b	0,48 f	1,94 d	1,91 d	1,30 b	1,38 b	5,67 c	8,55 b	5,32 b	10,34 e	5,86 a	1,76 a	15,58 d	
TSH-1188	931,79 a	21,28 a	33,27 a	0,64 c	2,68 b	3,23 a	1,75 a	1,75 a	6,29 b	9,66 a	5,53 b	15,37 a	6,15 a	2,49 a	36,33 a	
ESFIP-02	542,36 c	16,48 c	28,87 b	0,57 d	2,55 b	2,33 c	1,83 a	1,88 a	6,77 a	8,52 b	5,13 b	11,60 d	4,8 b	2,41 a	7,84 e	
CCN-51	670,73 b	20,48 a	30,23 b	0,68 b	2,33 c	2,34 c	1,19 b	1,21 c	5,24 d	8,57 b	4,37 c	15,81 a	6,16 a	2,56 a	22,88 c	
Ipiranga-01	659,84 b	21,01 a	29,46 b	0,71 a	3,12 a	2,71 b	1,19 b	1,20 c	4,82 e	8,55 b	4,54 c	15,17 a	6,15 a	2,46 a	16,77 d	
SJ-02	675,35 b	19,23 b	28,62 b	0,67 b	2,17 c	2,58 b	1,47 b	1,47 b	6,25 b	8,39 b	6,57 a	14,47 b	5,44 a	2,65 a	18,16 d	
PH-16	518,51 c	17,3 c	27,04 c	0,64 c	1,86 d	1,86 d	1,09 b	1,14 c	4,39 e	7,77 c	3,59 d	13,58 c	5,53 a	2,45 a	13,59 d	
PS-1319	653,35 b	17,35 c	29,08 b	0,59 d	1,96 d	2,29 c	1,31 b	1,30 c	6,34 b	8,67 b	6,27 a	13,11 c	6,04 a	2,17 a	30,94 b	
CEPEC-2002	397,24 d	14,44 e	25,26 d	0,57 d	2,01 d	2,24 c	1,59 a	1,47 b	4,56 e	7,03 d	4,05 d	10,18 e	3,95 a	3,84 a	8,77 e	
Catongo	498,75 c	15,33 d	28,56 b	0,53 e	2,29 c	2,05 d	1,37 b	1,39 b	5,55 c	8,38 b	5,29 b	11,00 d	5,60 a	1,95 a	12,83 d	
QM	86380,41	28,55	16,94	0,19	0,63	0,67	0,24	0,22	2,72	1,79	3,56	18,51	2,01	1,23	341,44	
F _{calculado}	38,16**	74,01**	29,37**	59,24**	10,27**	12,72**	4,26**	8,82**	47,40**	15,38**	27,54**	58,71**	4,69**	1,03 ^{ns}	42,35**	
h ²	97,37	98,64	96,59	98,31	90,26	92,14	76,54	88,66	97,89	93,5	96,36	98,29	78,71	3,49	97,64	
CV (%)	7,83	3,5	2,62	2,97	10,82	9,75	16,98	11,23	4,28	4,06	7,1	4,29	11,75	43,99	15,45	

*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de probabilidade

Tabela 3. Características físicas dos frutos de dez genótipos de cacaueteiro: biomassa do fruto (BTF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), relação (CF/DF), espessura apical (EA), espessura basal (EB), espessura lado um (EL1), espessura lado dois (EL2), diâmetro superior (DS), diâmetro mediano (DM), diâmetro inferior (DI), comprimento da cavidade (CC), diâmetro da cavidade (DC), relação comprimento/diâmetro da cavidade (CC/DC) e massa fresca da placenta (MFP).

Genótipo	Variáveis															
	BF	CF	DF	CF/DF	EA	EB	ELU	ELD	DS	DM	DI	CC	DC	CC/DC	MFP	
	(g)	(cm)			(cm)											(g)
Comum	521.53 c	14.19 e	29.02 b	0.48 f	1.94 d	1.91 d	1.30 b	1.38 b	5.67 c	8.55 b	5.32 b	10.34 e	5.86 a	1.76 a	15.58 d	
TSH-1188	931.79 a	21.28 a	33.27 a	0.64 c	2.68 b	3.23 a	1.75 a	1.75 a	6.29 b	9.66 a	5.53 b	15.37 a	6.15 a	2.49 a	36.33 a	
ESFIP-02	542.36 c	16.48 c	28.87 b	0.57 d	2.55 b	2.33 c	1.83 a	1.88 a	6.77 a	8.52 b	5.13 b	11.60 d	4.8 b	2.41 a	7.84 e	
CCN-51	670.73 b	20.48 a	30.23 b	0.68 b	2.33 c	2.34 c	1.19 b	1.21 c	5.24 d	8.57 b	4.37 c	15.81 a	6.16 a	2.56 a	22.88 c	
Ipiranga-01	659.84 b	21.01 a	29.46 b	0.71 a	3.12 a	2.71 b	1.19 b	1.20 c	4.82 e	8.55 b	4.54 c	15.17 a	6.15 a	2.46 a	16.77 d	
SJ-02	675.35 b	19.23 b	28.62 b	0.67 b	2.17 c	2.58 b	1.47 b	1.47 b	6.25 b	8.39 b	6.57 a	14.47 b	5.44 a	2.65 a	18.16 d	
PH-16	518.51 c	17.3 c	27.04 c	0.64 c	1.86 d	1.86 d	1.09 b	1.14 c	4.39 e	7.77 c	3.59 d	13.58 c	5.53 a	2.45 a	13.59 d	
PS-1319	653.35 b	17.35 c	29.08 b	0.59 d	1.96 d	2.29 c	1.31 b	1.30 c	6.34 b	8.67 b	6.27 a	13.11 c	6.04 a	2.17 a	30.94 b	
CEPEC-2002	397.24 d	14.44 e	25.26 d	0.57 d	2.01 d	2.24 c	1.59 a	1.47 b	4.56 e	7.03 d	4.05 d	10.18 e	3.95 a	3.84 a	8.77 e	
Catongo	498.75 c	15.33 d	28.56 b	0.53 e	2.29 c	2.05 d	1.37 b	1.39 b	5.55 c	8.38 b	5.29 b	11.00 d	5.60 a	1.95 a	12.83 d	

*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de probabilidade.

Tabela 4. Características físicas das sementes de dez genótipos de cacaueteiro avaliados: massa fresca da semente (MFS), número de semente (NS), peso de mil sementes (PMS), teor de umidade (U), comprimento da semente (CS), espessura da semente (ES), diâmetro apical (DA), diâmetro mediano (DM) e diâmetro basal (DB).

Genótipos	Variáveis								
	PFS	NS	PMS	U	CS	ES	DA	DM	DB
	(g)		(g)	(%)			(mm)		
Comum	105,95 d	39,96 a	2039,36 e	0,47 a	25,68 b	8,03 e	11,78 c	13,71 b	11,98 b
TSH-1188	149,37 b	30,42 a	2915,16 a	0,48 a	28,92 a	10,14 a	11,7 c	13,81 b	11,49 c
ESFIP-02	49,54 f	20,04 a	2587,71 b	0,69 a	26,42 b	9,65 b	12,17 b	13,57 c	11,63 c
CCN-51	174,16 a	41,04 a	2587,73 b	0,51 a	26,65 b	9,09 c	12,67 a	15,12 a	12,70 a
Ipiranga-01	140,72 b	39,72 a	2271,25 d	0,48 a	25,88 b	9,19 c	11,07 d	12,93 d	11,24 c
SJ-02	144,99 b	42,63 a	2396,53 c	0,59 a	26,69 b	8,66 d	11,37 d	13,52 c	11,48 c
PH-16	124,12 c	39,08 a	2585,25 b	0,48 a	24,88 c	9,85 b	11,82 c	13,81 b	11,97 b
PS-1319	169,85 a	42,66 a	2414,22 c	0,50 a	25,98 b	9,55 b	12,64 a	13,93 b	10,92 c
CEPEC-2002	83,59 e	39,8 a	1698,88 g	0,53 a	23,37 d	7,54 f	11,42 d	12,95 d	11,44 c
Catongo	101,03 d	40,5 a	1910,26 f	0,52 a	25,06 c	8,13 e	11,43 d	13,37 c	11,55 c

*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de probabilidade.

Tabela 5. Coloração do tegumento das sementes de dez genótipos de cacauzeiros no município de Linhares-ES.

Genótipo	L*	a*	b*	C*	h°	ICT
Comum	50.65 c	8.41 b	15.17 b	17.46 b	119.89 a	11.55 a
TSH-1188	47.23 c	6.13 c	8.87 c	11.03 c	125.01 a	16.31 a
ESFIP-02	57.99 b	6.30 c	10.48 c	12.25 c	122.17 a	10.85 a
CCN-51	48.73 c	12.67 a	20.46 a	25.71 a	127.06 a	12.77 a
Ipiranga-01	52.79 c	9.52 b	11.79 c	15.23 c	128.77 a	15.36 a
SJ-02	58.12 b	10.82 b	14.77 b	18.32 b	126.11 a	12.64 a
PH-16	55.11 b	12.46 a	17.22 b	21.30 b	126.14 a	13.47 a
PS-1319	56.64 b	13.47 a	20.25 a	24.35 a	123.94 a	12.01 a
CEPEC-2002	58.47 b	10.38 b	15.63 b	18.77 b	123.80 a	11.50 a
Catongo	67.94 a	0.90 d	18.03 a	19.38 b	110.79 b	0.74 b
CV (%)	6,82	30,87	18,81	16,63	4,16	2,81

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade. L*: Luminosidade; C*: Cromo; h°: Ângulo Hue; ICT: Índice da cor do tegumento.

Tabela 6. Médias dos resultados de peso total de polpa (g), rendimento de polpa (%), sólidos solúveis (°Brix), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (% de ácido cítrico), e Ratio, em dez genótipos de cacauero.

Genótipo	Peso de Polpa	Rendimento	Brix	pH	AT	Ratio
Comum	51,50 b	9,03 a	10,18 d	3,60 a	0,57 b	17,85 a
TSH-1188	95,09 a	8,66 a	15,59 b	3,24 b	0,91 b	17,13 a
ESFIP-02	48,75 b	4,70 b	20,78 a	3,34 b	0,65 b	31,96 a
CCN-51	80,97 a	9,94 a	16,55 b	3,21 b	1,45 a	11,41 a
Ipiranga-01	66,37 a	8,07 a	16,80 b	3,48 a	0,33 b	50,90 a
SJ-02	70,12 a	8,32 a	18,82 a	3,42 a	1,69 a	11,13 a
PH-16	67,65 a	9,77 a	14,79 c	3,48 a	0,66 b	22,40 a
PS-1319	54,30 b	11,70 a	11,73 d	3,62 a	0,90 b	13,03 a
CEPEC-2002	55,89 b	9,74 a	12,97 c	3,32 b	0,79 b	16,41 a
Catongo	48,57 b	10,62 a	14,26 c	3,56 a	0,31 b	46 a
CV (%)	10,08	32,85	20,82	4,36	30,20	13,51

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade.

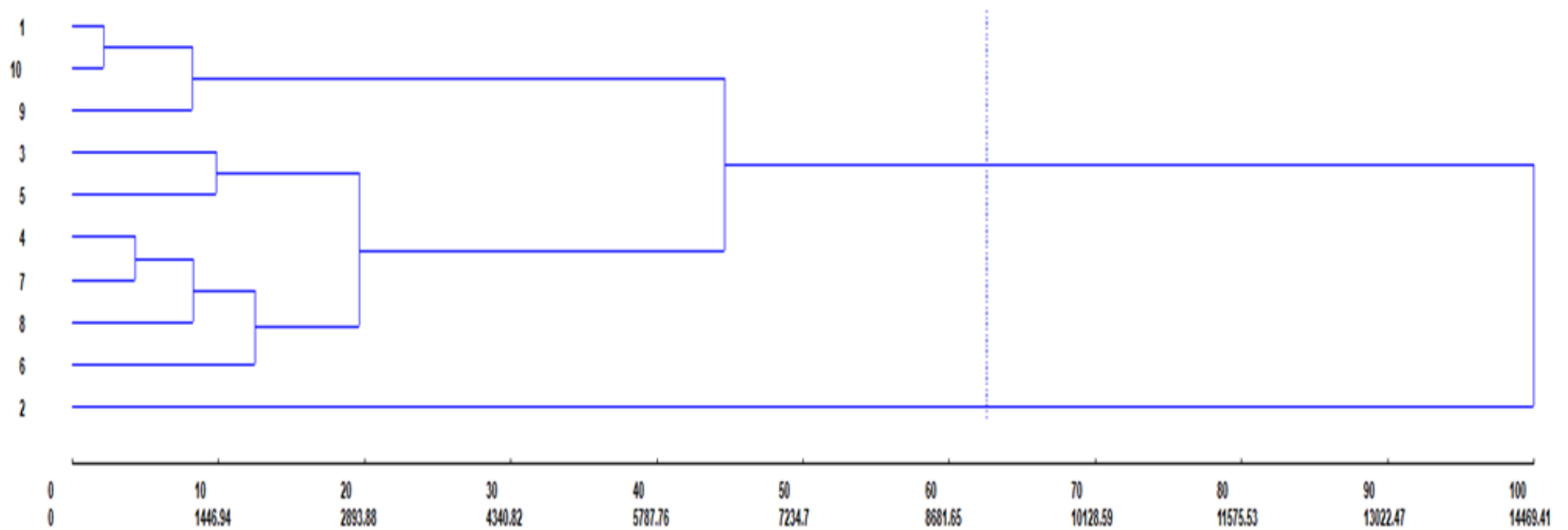


Figura 3. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre dez genótipos de cacauero, obtidos pelo método UPGMA utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis D^2 . No dendrograma para o ponto de corte foi utilizado o critério de Mojema com $K1 = 1,25$. 1. Comum; 2. TSH-1188; 3. ESFIP-02; 4. CCN-51; 5. Ipiranga-01; 6. SJ-02; 7. PH-16; 8. PS-1319; 9. CEPEC-2002; 10. Catongo.

1.2 ECOFISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO DOS GENÓTIPOS DE *Theobroma cacao* L.

“Preparado de acordo com as normas do Periódico Iheringia Série Botânica”

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar a interação dos genótipos (Comum, TSH-1188, ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319, CEPEC-2002 e Catongo) com temperaturas (15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C, 15-25 °C e 20-30 °C) e períodos de secagem (0, 2 e 4 dias) na germinação e no -desenvolvimento pós-germinativo do cacau. O estudo da interação entre genótipo e temperatura foi fatorial 10 x 8, enquanto a tolerância à dessecação foi fatorial 10 x 3. Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento Scott-Knott ($p < 0,05$). Para o ensaio de influência de temperatura, as médias obtidas foram submetidas ao teste de regressão. O genótipo TSH-1188 foi o único a apresentar comportamento bastante distinto, com germinabilidade e vigor acima das temperaturas testadas. Todos os genótipos avaliados tiveram redução significativa de vigor com a dessecação das sementes.

Palavras-chave: Dessecação, Porta-enxerto, Sementes, Temperatura

ABSTRACT: *Ecophysiology of germination of Theobroma cacao L. genotypes.* The objective of this work was to evaluate the interaction of the genotypes (common, TSH-1188, ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319, CEPEC-2002 and Catongo) (15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C, 15-25°C and 20-30°C) and drying periods (0, 2 and 4 days) in germination and post-germination development of cacao. The study of the interaction between genotype and temperature was a 10 x 8 factorial, while the desiccation tolerance was a factor of 10 x 3.

Analysis of variance was performed and the means were compared by the Scott-Knott grouping test ($p < 0.05$). For the temperature influence test, the means obtained were submitted to the regression test. The TSH-1188 genotype was the only one to present a quite distinct behavior, with germinability and vigor above the tested temperatures. All the evaluated genotypes had a significant reduction of vigor with the desiccation of the seeds.

Keywords: Desiccation, Rootstocks, Seeds, Temperature

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o sétimo maior produtor mundial de cacau, com uma área colhida de 704.122 ha, produção de 273.793 t e rendimento de 3.888 hg/ha⁻¹, segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2017). A maior parte das lavouras cacaueiras foi implantada com mudas advindas de sementes, no entanto, atualmente a propagação vegetativa por enxertia é a mais indicada para implantação das novas lavouras visando à resistência as doenças e ao aumento da produtividade. A propagação do porta-enxerto é predominantemente via seminal, sendo a germinação de sementes etapa crucial que se relaciona diretamente com o custo de produção das mudas (Venial et al., 2017).

Os genótipos TSH-1188 e Comum atualmente são os mais empregados no Espírito Santo como portaenxertos e apresentam características distintas em relação ao desenvolvimento. O TSH-1188 é um híbrido descendente do grupo Forastero e Trinitário, que apresenta elevado vigor vegetativo e tolerância a *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbr. & T.C. Harr. (Engelbrecht; Harrington, 2005) e *Moniliophthora perniciosa* Aime & Phillips-Mora (Aime; Phillips-Mora, 2005) ao estresse hídrico. No entanto, apresenta segregação quanto ao desenvolvimento vegetativo, o que acarreta em elevada desuniformidade no tamanho das mudas, dificultando a obtenção de plantas uniformes para se efetuar a enxertia (Laliberté; End, 2015). Esta desuniformidade exige que o viveirista efetue maior semeadura para obtenção de plantas com o padrão exigido para a enxertia. Por outro lado, o genótipo Comum, por ser uma variedade do grupo Forastero é bastante uniforme, no entanto, possui desenvolvimento mais lento, demandando um período maior de enviveiramento para atingir o padrão de enxertia (Arévalo et al., 2012).

No entanto, é fundamental a ampliação da base genética na obtenção do porta-enxerto, para reduzirem-se as probabilidades de perdas em decorrência do surgimento de fatores bióticos e abióticos estressantes advindos das mudanças climáticas. Sendo assim, a identificação de genótipos com maior plasticidade fenotípica às diversas condições edafoclimáticas, são de grande

interesse pelo setor produtivo de mudas (Schmitz et al., 2014; Madeira et al., 2016). Desta forma, consistindo a propagação dos porta-enxertos para cacauzeiros predominantemente via seminal, o conhecimento do processo germinativo é fundamental, pois diversos fatores interferem nesse processo.

A germinação das sementes é um processo fisiológico complexo que inicia com a embebição de água e culmina na protrusão radicular, sendo a etapa seguinte denominada desenvolvimento pós-germinativo, caracterizada pelo crescimento e desenvolvimento das plântulas. O processo germinativo é regulado por vários fatores ambientais, como a umidade, oxigênio, temperatura, luz e nutrientes (Penfield et al., 2005; Socolowski et al., 2008; Seo et al., 2009). A taxa inicial de embebição e a temperatura podem alterar acentuadamente a germinação e o vigor das sementes (Ataíde et al., 2016). A resposta aos fatores ambientais é dependente tanto da adaptação da espécie em função das características do seu centro de origem (Parent; Tardieu, 2012), quanto da sua plasticidade fenotípica.

A maioria das espécies de regiões tropicais germina em uma ampla faixa de temperatura (15 a 35°C), estando à temperatura mínima (infraótima) entre 10 °C a 15 °C e a máxima (supraótima) entre 35 °C a 40 °C (Amri, 2011). No entanto, existe uma faixa de temperatura considerada ótima, na qual a germinabilidade e o vigor são máximos, acima e abaixo da qual ocorre diminuição (Custódio et al., 2009; Lamarca et al., 2013). A capacidade de uma espécie de se estabelecer em um ambiente natural ou agrícola é definida pela adaptação aos extremos de temperatura, bem como pela sua plasticidade fenotípica a este fator ambiental. Portanto, a regeneração das populações a partir de sementes é definida pela resposta a temperatura (Dürr et al., 2015). Estudos sobre a temperatura ideal para germinação de genótipos do cacauzeiro são escassos, sendo relevante caracterizar a temperatura adequada nos genótipos utilizados como porta-enxerto.

O teor de umidade nas sementes é outro fator que influencia decisivamente no processo germinativo e na sua longevidade (Dousseau et al., 2011). As sementes de cacauzeiro são classificadas como recalcitrantes, sendo muito sensível a dessecação, o que se torna um obstáculo para a conservação, devido à rápida perda de viabilidade (Changrun; Wendell, 1999). Segundo Chandel et al. (1995), sementes e eixos embrionários submetidos à secagem rápida (4h em sílica gel) perderam totalmente a viabilidade e apresentou alteração na ultraestrutura (nucléolos, mitocôndria, retículo endoplasmático, complexo de golgi, ribossomos), aumento na condutividade hidráulica, na peroxidação lipídica e nos teores de carboidratos solúveis, indicando

haver perda da integridade da membrana e degradação do amido. De acordo com Changrun e Wendell (1999), a sensibilidade à dessecação varia em função do estágio de maturação da semente, ocorrendo um aumento progressivo na peroxidação lipídica durante a dessecação e uma diminuição na proteção enzimática.

Além de poucos estudos sobre a germinação de cacaueteiro, os existentes são de 1986 (Figueiredo, 1986a; Figueiredo, 1986b), destacando-se à importância de se caracterizar o processo germinativo dos principais genótipos cultivados na região norte do Espírito Santo, desta forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar a interação do genótipo com temperaturas e períodos de secagem na germinação e no desenvolvimento pós-germinativo do cacaueteiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados os genótipos: Comum, TSH-1188, ESFIP-02, CCN-51, Ipiranga-01, SJ-02, PH-16, PS-1319, CEPEC-2002 e Catongo, sendo os frutos coletados no ponto de maturação aparente (casca amarelada ou alaranjada), de plantas cultivadas no campo de manutenção de genótipos da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Linhares, Espírito Santo. O município de Linhares está localizado a uma latitude Sul de 19°23'59" e uma longitude Oeste de Greenwich de 40°04'01"W, a 28 m acima do nível do mar. Segundo a classificação climática proposta por Köppen, o município é caracterizado como Aw, ou seja, tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão, dada pela temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C e a precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm. As médias anuais de precipitação foram 1277 mm, enquanto que a evapotranspiração potencial anual é de 1224 mm e a deficiência hídrica 69 mm (Alvares et al., 2013).

Imediatamente após a coleta dos frutos, a mucilagem foi retirada por meio da fricção com as mãos em pó de serra seco (Corrêa et al., 2011) e levadas ao Laboratório de Sementes do INCAPER, onde foram lavadas em água corrente com auxílio de uma peneira e imersas em solução CAPTAN a 1% (p/v), por 15 minutos para desinfestação. Foram instalados dois ensaios, sendo um para avaliar a influência da temperatura e outro para a tolerância a dessecação.

As temperaturas avaliadas foram 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C e 40 °C constantes e 15-25 °C e 20-30 °C alternadas, em sistema de rolo utilizando papel Germitest, em germinador tipo Biochemical Oxygen Demand (B. O. D), com 58% de UR, em fotoperíodo de 12 horas.

No ensaio de tolerância à dessecação, o grau de umidade foi determinado em base úmida, pelo método da estufa a 105 °C ± 3 °C por 24 horas (Brasil, 2009), utilizando-se três repetições de 10

g de sementes. Após, a retirada da umidade superficial, as sementes foram mantidas sob bancada para secagem lenta, sendo avaliadas durante 0, 2 e 4 dias. Foram realizadas avaliações quanto ao teor de umidade (%U) expresso em base úmida de acordo com as Regras para análise de sementes-RAS (Brasil, 2009). Posterior ao período de secagem as sementes foram colocadas em BOD à 30 °C para a germinação.

Foram realizadas avaliações diárias da protrusão da radícula e calculadas a germinabilidade e índice de velocidade de germinação (IVG), segundo Maguire (1962). Após sete dias efetuou-se a análise de plântulas normais, as quais foram sendo classificadas de acordo com o seu desenvolvimento em Plântulas Normais Vigorosas e Fracas.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições de 25 sementes, em esquema fatorial. O estudo da interação entre genótipo e temperatura foi fatorial 10 (genótipos) x 8, (temperaturas) (15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C e 40 °C constantes e 15-25 °C e 20-30 °C alternadas), enquanto o ensaio de tolerância à dessecação foi fatorial 10 (genótipos) x 3 (períodos de secagem: 0, 2 e 4 dias). A análise estatística foi realizada mediante o uso do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2014). Foi realizada a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento Scott-Knott ($p < 0,05$), a 5% de probabilidade para ambos os ensaios (influência da temperatura e tolerância à dessecação). Para o ensaio de influência de temperatura, as médias obtidas foram submetidas ao teste de regressão e avaliado o ajuste ao modelo polinomial, utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação. Quando a resposta não se ajustou aos modelos propostos, procedeu-se a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Os pontos de máximo foram calculados com base nas equações estabelecidas.

Em ambos os ensaios foi utilizado o método de Singh (1981) para analisar os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética entre os genótipos avaliados, por meio da distância generalizada de Mahalanobis (D^2). Utilizaram-se as análises de agrupamento e variáveis canônicas para a indicação dos melhores genótipos. Estas análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Programa Genes (Cruz, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação de sementes é o primeiro estágio do biociclo vegetal e inicia-se com a embebição de água pela semente e culmina na protrusão radicular (Dousseau et al., 2011). A etapa seguinte é denominada de desenvolvimento pós-germinativo e refere-se ao

desenvolvimento da plântula. Estas duas etapas são distintas do ponto de vista fisiológico, onde os programas de desenvolvimento ativados são específicos para cada etapa, embora exista certa sobreposição de rotas metabólicas. Portanto, os fatores ambientais influenciam de maneira distinta nos processos germinativo e pós-germinativo (Penfield et al., 2005; Seo et al., 2009), conforme foi evidenciado neste trabalho quanto ao requerimento térmico.

A resposta à temperatura tem sido considerada uma característica da espécie, geralmente correlacionada com a adaptação ao seu centro de origem (Parent; Tardieu, 2012). No caso do cacauero, a resposta à temperatura nos processos germinativo e pós-germinativo foi muito influenciada pelo genótipo (Figura 1). Esta diferença entre os genótipos não pôde ser explicada pelo Centro de Origem, pois as características destes ambientes não apresentam diferenças marcantes. Portanto, há de se supor que os fatores genéticos determinam as características das sementes influenciando diretamente na sua capacidade de resposta a temperatura.

A temperatura influencia em diversos processos fisiológicos tanto na germinação, quanto na formação da plântula. A velocidade de embebição é muito dependente da temperatura, sendo observada uma maior velocidade de entrada de água na semente em temperaturas mais elevadas, que pode proporcionar lixiviação acentuada de eletrólitos no interior das células para o meio externo. Em baixas temperaturas é observada uma maior viscosidade do meio intracelular, que proporciona um decréscimo na mobilidade de íons e redução da condutividade elétrica, enquanto em temperatura elevadas, a viscosidade é reduzida e a dissociação de íons é maior, resultando em aumento da condutividade (Carvalho et al., 2009). Sendo assim, a quantidade e a velocidade de perda de lixiviados são dependentes da capacidade de manutenção da integridade das membranas durante a embebição.

A atividade enzimática também é dependente da temperatura, sendo que para cada enzima existe uma temperatura ideal para que a atividade seja máxima. Portanto as rotas metabólicas presentes tanto na germinação como na formação da plântula, são influenciadas pela temperatura, como a mobilização de reservas que em baixas temperaturas pode reduzir ou retardar o processo germinativo, devido à redução das atividades enzimáticas envolvidas no metabolismo da semente (Rosseto et al., 2009). Temperaturas elevadas durante a embebição das sementes pode atrasar ou inibir a germinação das sementes, um mecanismo chamado termoinibição (Linkies; Leubner-Metzger, 2012; Lloh et al., 2014). Esse estresse pode ser acarretado pela redução na síntese e desnaturação das proteínas, influenciando tanto na atividade enzimática quanto nos transportadores da membrana plasmática e na capacidade seletiva (Menezes et al., 2012). É

também evidenciado aumento nos níveis de peróxido de hidrogênio e na peroxidação lipídica (Ali et al., 2013), portanto, espécies tolerantes deverão ativar mecanismos antioxidantes, que poderão ser enzimáticos e não enzimáticos. O balanço hormonal também é alterado, sendo observado aumento nos teores de ácido abscísico (ABA), o que leva a dormência secundária (Toh et al., 2008; Nambara et al., 2010).

Os genótipos de cacauero apresentaram germinabilidade máxima na faixa de temperatura entre 24 °C a 32 °C, contudo, a velocidade de germinação foi superior entre 32 °C e 40 °C. Existem diversos trabalhos que comprovam que temperaturas elevadas proporcionam uma germinação mais rápida, contudo, a porcentagem é reduzida (Ferraz et al., 2012; Lloh et al., 2014; Holanda et al., 2015). O requerimento de temperatura para a formação da plântula foi mais restrito, variando apenas entre 28 °C e 29 °C para os genótipos estudados (Figura 1).

Considerando que o conceito de temperatura ideal é aquela onde se tem a máxima germinação no menor tempo (Marcos-Filho, 2015), não é possível definir uma única temperatura ótima para a espécie de cacauero, visto que, os genótipos apresentaram distintas respostas quanto às temperaturas estudadas (Figura 1). No entanto, ao se analisar o resultado do teste de agrupamento por meio dos componentes principais (Figura 2), pode-se recomendar a temperatura de 30°C para a condução dos testes de germinação do cacauero, uma vez que praticamente todos os genótipos apresentaram respostas semelhantes constituindo assim, um grupo, considerando o índice de velocidade de germinação e a porcentagem de plântulas normais vigorosas. Exceto o TSH-1188 que apresentou comportamento bastante distinto, com germinabilidade e vigor acima das temperaturas testadas. Figueiredo (1986b), não descreveu o genótipo de cacauero estudado, mas também considerou a temperatura de 30 °C ideal, uma vez que proporcionou o número máximo de plântulas no menor período de tempo. A 35 °C estes autores também observaram maior velocidade na emissão do eixo embrionário, contudo, a formação da plântula foi prejudicada.

Através do teste de agrupamento por meio dos componentes principais (Figura 2), foi possível verificar que as variáveis, índice de velocidade de emergência e plântulas normais vigorosas foram as que mais explicaram as respostas à temperatura. A variável germinabilidade não representa os tratamentos, pois, na maioria das sementes ocorreu a protrusão radicular. Sendo, portanto, recomendado que os ensaios que avaliem a resposta à temperatura considerem estas variáveis para a melhor interpretação dos resultados. Além disso, em ensaios que abordem a interação entre genótipos e temperaturas, deve ser priorizada a análise multivariada para a

obtenção de resultados mais precisos, ao invés de utilizar os testes de médias comumente empregadas.

Os genótipos de cacauero apresentaram tolerância distinta quanto aos extremos térmicos avaliados, sendo o TSH-1188 o único que manteve a germinabilidade próximo a 100% e o vigor elevado em todas as temperaturas avaliadas (Figura 1). O genótipo CEPEC-2002 apresentou a menor tolerância aos extremos térmicos, sendo tanto a germinabilidade quanto o vigor reduzidos nas temperaturas de 15 °C, 20 °C, 40 °C e 15-25 °C. A temperatura de 15 °C também promoveu redução severa no processo germinativo dos genótipos SJ-02 e Catongo. O genótipo PH-16 também teve a germinabilidade e o vigor bastante reduzidos na temperatura de 40 °C. Segundo Figueiredo (1986b), a faixa ideal de temperatura para germinação de cacauero está entre 18 a 30°C e seu limite inferior de temperatura letal é de 10 °C. No entanto, no presente ensaio, podemos concluir que esta sensibilidade aos extremos térmicos varia em função do genótipo.

A formação da plântula do cacauero foi severamente limitada nos extremos térmicos avaliados, sendo nula a porcentagem de plântulas normais vigorosas para todos os genótipos a 15 °C, 40 °C e 15-25 °C (Figura 1). O genótipo SJ-02 foi o mais sensível à baixa temperatura, sendo observada elevada inibição na formação da plântula a 15°C, chegando a 33% de plântulas normais fracas. Na temperatura de 20 °C apenas o TSH-1188 e o ESFIP-02 formaram plântulas normais vigorosas, sendo respectivamente 12% e 10%. A temperatura de 40 °C inibiu totalmente a formação da plântula, embora tenha ocorrido protrusão radicular, ocorreu logo em seguida à morte. Contudo, nas temperaturas de 15 °C, 20 °C e 15-25 °C a maioria dos genótipos manteve elevada porcentagem de plântulas normais fracas, sendo, portanto, um indicativo de inibição no desenvolvimento das estruturas da plântula, principalmente considerando os pelos radiculares, pois os mesmos foram um dos critérios utilizados na sua classificação. Segundo Pereira et al. (2001), em baixas temperaturas a plântula deixa de investir no sistema radicular para investir no desenvolvimento da parte aérea realizando a translocação de compostos para a manutenção da integridade do seu sistema. Figueiredo (1986b) relata que a 35 °C a raiz primária e o hipocótilo do cacauero se tornam escurecidos e necrosados, ao contrário do que observamos neste ensaio.

No presente ensaio pode-se verificar que a faixa de temperatura foi mais restrita para a formação da plântula do que para o processo germinativo. Este resultado pode ser explicado pelo fato do desenvolvimento pós-germinativo ser considerado mais complexo que a germinação, pois a formação da plântula é dependente de uma maior quantidade de processos fisiológicos, como os tropismos, a fotomorfogênese, expressão de pelos radiculares, crescimento da raiz e da parte

aérea. Além disto, é possível inferir que as características do cacauero quanto ao desenvolvimento da semente também influenciaram nesta resposta. Ou seja, como o embrião já está bem desenvolvido na dispersão da semente e o teor de umidade é elevado, o beneficiamento com a retirada da polpa propicia a germinação imediata. Devido aos altos teores de umidade das sementes do cacauero, a embebição é lenta e não caracteriza padrão-trifásico (Venial et al., 2017).

Para que ocorra a protrusão radicular é necessário o crescimento do eixo embrionário e ruptura do tegumento, sendo necessário energia e esqueletos de carbono, que geralmente advêm da mobilização de sacarose e oligossacarídeos. No caso das sementes do cacauero, o eixo embrionário é bastante desenvolvido, sendo relativamente menor a quantidade necessária de esqueletos de carbono e energia, para que ocorra a protrusão radicular, comparativamente com a formação da plântula. Provavelmente a energia e o carbono necessários advêm da mobilização da sacarose, que segundo Afoakwa et al. (2013) constitui 90% dos carboidratos armazenados. Sendo assim, pode-se considerar que a resposta à temperatura na protrusão radicular das sementes de cacauero é mais relacionada com a atividade enzimática e integridade da membrana plasmática, do que com a velocidade de embebição.

A má formação das plântulas pode ser justificada pelo efeito da temperatura na viscosidade do citosol, fluidez e integridade de membrana, atividade antioxidante e taxas de transcrição e tradução (Long et al., 2014). O estresse ocasionado por alta temperatura gera um aumento no nível de peroxidação lipídica e peróxido de hidrogênio. As enzimas antioxidantes podem desempenhar um papel importante na termotolerância por eliminação de radicais livres para proteger a peroxidação lipídica, e conseqüentemente, melhorar a termostase da membrana celular (Ali et al., 2013). Flores et al. (2014), verificaram que as atividades das enzimas antioxidantes superóxido dismutase e catalase apresentaram alterações ao longo da germinação em 15 °C e 40 °C, demonstrando que nestas temperaturas ocorrem danos oxidativos.

Na faixa infraótima ocorre à imobilização gradual dos compostos de reserva, reduzindo gradativamente a porcentagem de germinação (Lopes; Franke, 2011), em função principalmente da redução na atividade das enzimas envolvidas no metabolismo (Rosenteal et al., 2014). Temperaturas baixas também interferem nas propriedades da membrana plasmática, reduzindo a capacidade seletiva, pela redução na sua fluidez (Mertz et al., 2009), portanto, um mecanismo de tolerância que pode ser ativado é a alteração da composição dos lipídeos de membrana. Em temperaturas mais baixas é observado aumento nos níveis de giberelina (GA) (Penfield et al.,

2005; Toh et al., 2008), no entanto, até certo ponto, devido a redução na atividade das enzimas envolvidas na síntese hormonal. O desencadeamento de mecanismos associados ao estresse e o ABA pode levar ao aumento da síntese das moléculas antioxidantes, reduzindo a atividade da enzima catalase e consecutivamente melhorando o desempenho da germinação da semente (Lira et al., 2015).

O cacauieiro é uma espécie considerada recalcitrante, cuja formação da semente é caracterizada apenas pela embriogênese e pela maturação, não apresentando a etapa de dessecação (Figueiredo, 1896a). De acordo com Long et al. (2014), sementes sensíveis à dessecação são dispersas com elevado teor de umidade, que aliado ao seu estado metabolicamente ativo, proporciona geralmente uma rápida germinação.

Chandel et al. (1995) observou numerosos ribossomos no citoplasma das sementes de cacauieiro, indicando alta atividade metabólica. Muitas vezes estas sementes de cacauieiro já iniciam o desenvolvimento do eixo embrionário e até mesmo a protrusão radicular ainda dentro do fruto (germinação pós-colheita). A germinação pós-colheita é inibida pela presença da polpa (compostos inibidores e/ou potencial osmótico elevado) (Figueiredo, 1986c) e pela baixa relação ABA/GA. Esta germinação pós-colheita é comumente observada nos genótipos Catongo, Comum, PH-16 e CEPEC-2002.

O teor de umidade das sementes recém-colhidas dos genótipos de cacauieiro apresentou variação entre 49% e 58% (Tabela 1). O conteúdo de água em uma semente é uma característica variável em função da espécie, bem como do genótipo, sendo até certo ponto influenciada pelo ambiente. Está relacionada com a própria formação da semente, sendo muito influenciada pela sua composição química. No caso do cacauieiro, a composição química das sementes apresenta grande variação entre os genótipos sendo predominante lipo-proteicas, com conteúdo de lipídeos entre 19% a 60%, proteínas entre 10% a 30% e carboidratos entre 10 a 15% (Bucheli et al., 2001; Martini; Tavares, 2005).

Os resultados encontrados neste ensaio quanto ao teor de umidade foram diferentes do observado por Venial et al. (2017) estudando os genótipos CCN-51, PH-16, CEPEC-2002, Ipiranga-01, SJ-02, PS-1319, TSH-1188 e Comum, para os quais eles observaram valores entre 30% e 43% de umidade nas sementes recém-colhidas. Esta variação tão grande de conteúdo de umidade provavelmente ocorreu devido aos procedimentos que estes autores utilizaram durante o beneficiamento das sementes, principalmente a etapa de desinfestação com álcool etílico a 70% por 1 minuto, que acarretou em desidratação parcial.

A redução no teor de umidade das sementes ao longo do período de secagem também foi variável entre os genótipos (Tabela 1). Após dois dias de secagem o teor de umidade variou entre 27% e 38%, sendo observada redução variável entre 33% a 51% no conteúdo de umidade das sementes em relação às sementes recém-colhidas, sendo que o TSH-1188 apresentou a menor redução e o Comum a maior. O teor de umidade após quatro dias de secagem variou entre 14 e 21%, sendo observada redução acentuada para todos os genótipos, cujo valor variou entre 64% a 73% em relação às sementes recém-colhidas. No ensaio efetuado por Venial et al. (2017), a perda de umidade aos dois dias foi mais acentuada, variando entre 40 a 67%. A composição química da semente também influencia diretamente na taxa de perda de umidade, sendo, portanto fundamental explorar esta característica considerando os genótipos de cacaueteiro. Além disto, o tamanho da semente também pode ter influenciado na capacidade da estrutura de manter-se úmida ao longo da secagem, principalmente no caso do TSH-1188, cujas sementes são bem maiores que os demais genótipos (Venial et al., 2017).

O processo germinativo foi influenciado pela secagem das sementes, sendo a intensidade da resposta variável em função do genótipo (Tabela 1). A qualidade fisiológica das sementes recém-colhidas dos genótipos apresentou certa variação comparando com o ensaio de temperatura indicando haver diferenças entre os lotes estudados, possivelmente em função da época de colheita. No entanto, o genótipo TSH-1188, continuou sendo o mais vigoroso e foi o que apresentou menor sensibilidade a perda de umidade. O genótipo Catongo foi o mais sensível à secagem, apresentando a maior redução no vigor já aos dois dias de secagem e 0% de germinabilidade após quatro dias. Os resultados encontrados neste ensaio quanto ao processo germinativo também foram diferentes do observado por (Venial et al., 2017) ao efetuarem a secagem por dois dias também em bancada, no qual verificaram que a germinabilidade foi decrescente no PS-1319, Ipiranga-01 e TSH-1188.

Os genótipos TSH-1188 e Ipiranga apresentaram incremento no vigor com a secagem aos dois dias, mesmo apresentando redução de 33% e 40%, respectivamente, no teor de umidade. Os genótipos ESFIP-02 e CCN-51 mantiveram o vigor mesmo com a redução de cerca de 40% do teor de umidade inicial. Provavelmente o metabolismo germinativo não foi paralisado com a secagem aos dois dias e o desenvolvimento do eixo embrionário continuou mesmo com a redução na umidade. Esta perda de umidade provavelmente promoveu alterações fisiológicas nas sementes, contudo, principalmente os genótipos TSH-1188 e Ipiranga-01, devem ter apresentado alguns mecanismos de tolerância, que proporcionaram a protrusão radicular mais rápida nas

sementes secas a 35% de umidade. No entanto, com a continuidade da secagem não foi suficiente para manter a viabilidade.

Assim como observado no ensaio de temperatura, o processo pós-germinativo foi o mais afetado com a redução da umidade das sementes, sendo observada menor porcentagem de plântulas normais vigorosas para todos os genótipos (Tabela 1). Os genótipos TSH-1188, ESFIP-02 e Ipiranga-01 apresentaram a maior porcentagem de plântulas normais vigorosas aos dois dias de secagem, seguido do CCN-51 e SJ-02. Este resultado confirma o que foi observado no processo germinativo, reforçando o indicativo da presença de alguns mecanismos de tolerância com as sementes secas entre 28% e 35% de umidade. Aos quatro dias, com redução entre 64% a 73% do teor de umidade, todos os genótipos apresentaram valores praticamente nulos de plântulas normais vigorosas e fracas.

O teste de agrupamento por meio dos componentes principais (Figura 3), também foi eficiente na indicação de genótipos com comportamento distinto em relação à secagem. Nas sementes que foram secas durante dois dias pode-se observar a formação de grupos com níveis de sensibilidade diferenciada no agrupamento considerando o índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais vigorosas (Figura 3B). O TSH-1188 ficou totalmente isolado, enquanto o ESFIP-02 e Ipiranga-01 formaram um grupo com sensibilidade distinta dos demais. Pelo fato do TSH-1188 ser bastante vigoroso, a rápida germinação fez com que ele ficasse menos no teor intermediário de água, no qual ocorrem processos deletérios. Segundo Liang e Sun (2002), a tolerância à dessecação das sementes do cacaueteiro é melhorada quando elas ficam menos tempo no estado parcialmente seco.

As sementes do cacaueteiro são recalcitrantes, no entanto, os teores de umidade crítico e letal variam entre os genótipos, sendo os resultados encontrados na literatura similares aos obtidos neste trabalho. Segundo Fajardo et al. (2011), estudando a sensibilidade a secagem nos genótipos UF667 e UF668 (Trinitario), Pound e EET 48 (Forasteros) e Carmelo (Criollo), concluíram que a sensibilidade a dessecação varia entre os genótipos das três origens genéticas a 30%, contudo não toleram a secagem a 20%. Com espécies do gênero *Theobroma* este comportamento também é similar, ficando os teores críticos entre 30% e o letal cerca de 15% (Cruz; Cicero, 2008; Nascimento; Carvalho, 2012).

Diversos mecanismos estão relacionados com a tolerância a dessecação em sementes, sendo que os sintomas fisiológicos mais evidentes decorrentes da deterioração das sementes são aparentes durante a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas (Donadon et al., 2015).

A sensibilidade à secagem das sementes do cacauzeiro está muito relacionada com a diminuição da proteção enzimática contra os estresses oxidativos induzidos pela dessecação. Segundo Changrun e Wendell (1999), abaixo do teor de umidade crítico as atividades das enzimas de degradação de radicais livres (ascorbato peroxidase, peroxidase e superóxido dismutase) diminuíram rapidamente, sendo observado acentuado aumento na peroxidação lipídica e extravasamento de eletrólitos.

Em sementes recalcitrantes, a redução do volume celular durante o processo de secagem promove um dano mecânico acentuado, ocorrendo uma acentuada redução de volume celular, podendo ocasionar a ruptura de plasmodesma nos três sistemas de tecidos fundamentais (dérmico, fundamental e vascular), fazendo com que o conteúdo citoplasmático seja lixiviado refletindo nos altos valores de condutividade elétrica (Silva et al., 2007). Chandel et al. (1995), analisaram eixos embrionários do cacauzeiro submetidos a secagem até o nível crítico de umidade e observaram um dano geral na membrana, onde todas as inclusões ligadas à membrana, como núcleos, mitocôndrias, retículo endoplasmático e complexo de golgi foram completamente interrompidos.

São encontrados na literatura muitos estudos que avaliam as características bioquímicas das sementes de cacauzeiro, no entanto, a maioria deles abordam as alterações durante o processo de secagem e de fermentação, com objetivo principal de relacionar com a qualidade do chocolate (Chang et al., 2014; Febrianto et al., 2016; Gil et al., 2016). Praticamente inexistem trabalhos que abordem as alterações bioquímicas durante a germinação das sementes de cacauzeiro, principalmente considerando genótipos diferentes. Sendo assim, recomenda-se com base nos resultados obtidos, que sejam exploradas às características bioquímicas e anatômicas das sementes de genótipos contrastantes, para explicar a resposta diferenciada com relação ao estresse térmico e à secagem. Com relação aos extremos térmicos, o genótipo TSH-1188 pode ser considerado o mais tolerante, enquanto o CEPEC-2002, o mais sensível. O genótipo TSH-1188 pode ser considerado o mais tolerante a secagem enquanto o Catongo, o mais sensível. É fundamental compreender quais são os mecanismos de tolerância, para que este conhecimento possa ser utilizado nas estratégias de melhoramento do cacauzeiro.

4. CONCLUSÕES

1. A resposta à temperatura foi influenciada de maneira distinta pelo genótipo.

2. Os genótipos estudados apresentam máxima germinabilidade entre 24 °C a 32 °C. A maior velocidade de germinação ficou entre 32 °C e 40° C, exceto por TSH-1188 e Ipiranga-01 que tiveram sua maior velocidade acima de 40 °C.
3. Com relação aos extremos térmicos, o genótipo TSH-1188 pode ser considerado o mais tolerante, enquanto o CEPEC-2002, o mais sensível.
4. A formação de plântulas foi severamente limitada pelos extremos térmicos avaliados (15 °C, 40 °C e 15-25 °C).

5. REFERÊNCIAS

- Afoakwa, E. O., Kongor, J. E., Takrama, J & Budu, A. S. 2013. Changes in nib acidification and biochemical composition during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. International Food Research Journal 20: 1843-1853. <https://pdfs.semanticscholar.org/8f7f/2de7f0f1bf2ed3c7af2ea8a75f4ef5d4c945.pdf>
- Aime, M. C & Phillips-Mora, W. 2005. The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. Mycologia 97: 1012-1022. https://pdfs.semanticscholar.org/57ee/e1a59399e998fd14fa3d3240e9e96bedb031.pdf?_ga=2.198860587.583741432.1515412905-470843665.1515412905.04.Ago.2017
- Ali, M. K., Azhar, A & Galani, S. 2013. Response of rice (*Oryza sativa* L.) under elevated temperature at early growth stage: physiological markers. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences 20:11-19. [Doi:10.18551/rojas.2013-08.02](https://doi.org/10.18551/rojas.2013-08.02)
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M & Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22(6): 711-728. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)
- Amri, E. 2011. Germination of *Terminalia sericea* Buch. Ex DC seeds: The effects of temperature regime, photoperiod, gibberellic acid and potassium nitrate. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology 2: 104-110. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04086.x>
- Araujo, J. R. G., Cerqueira, M. C. M., Guissem, J. M., Martins, M. R., Santos, F. N & Mendonça, M. C. S. 2009. Imbibition and position of seed on the germination of seedlings of dwarf-precocious cashew rootstocks. Revista Brasileira de Fruticultura 31(2): 552-558. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000200033>
- Arévalo, E., Ram, A & Valle, R. R. 2012. Integração de práticas de manejo no cultivo de cacaueteiro. In: Valle, R. R. (eds) Ciência, Tecnologia e manejo do cacaueteiro. CEPLAC, Itabuna, p.545-595.
- Ataíde, G. M., Borges, E. E. L., Gonçalves, J. F. C., Guimarães, V. M & Flores A. V. 2016. Alterações fisiológicas durante a hidratação de sementes de *Dalbergia nigra* ((Vell.) Fr. All. ex Benth.). Ciência Florestal 26: 615-625. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509822761>
- Brasil. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 395p.
- Bucheli, P., Rousseau, G., Alvarez, M., Laloi, M & McCarthy, J. 2001. Developmental Variation of Sugars, Carboxylic Acids, Purine Alkaloids, Fatty Acids, and Endoproteinase Activity

- during Maturation of *Theobroma cacao* L. Seeds. J. Agric. Food Chem 49: 5046-5051. doi: 10.1021/jf010620z
- Carvalho, L. F., Sediyaama, C. S., Reis, M. S., Dias, D. C. F. S & Moreira, M. A. 2009. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. Revista Brasileira de Sementes 31: 009-017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100001>.
- CEPLAC - A Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Lista de clones. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/cacau>. Acessado em: 15 Mai. 2017.
- Chandel, K. P. S., Chaudhury, R., Radhamani, J & Malik, S. K. 1995. Desiccation and Freezing Sensitivity in recalcitrante seeds of tea, cocoa and jackfruit. Annals of Botany Company 76: 443-450. <https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1118>
- Chang, J. V., Torres, C. V., Moran, D. P., Rodríguez, W. M., Véliz, J. M & Remache, R. R. 2014. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. Revista Ciencia y Tecnología 7(2): 21-34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.99>
- Changrun, L & Wendell, Q. S. 1999. Desiccation sensitivity and activities of free radical-scavenging enzymes in recalcitrant *Theobroma cacao* seeds. Seed Science Research 9: 209-17. <https://doi.org/10.1017/S0960258599000215>
- Corrêa, F. L. O., Mendonça, V., Araújo, I. P., Vichiatto, M., Cidin, A. C. M & Mendonça, L. F. M. 2011. Substratos e fertilizantes de liberação controlada na produção de mudas de cacaueiro (*Theobroma cacao* L.). Agrotrópica 23: 87-94.
- Cruz, C. D. 2006. Programa Genes - Análise multivariada e simulação. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV.
- Cruz, E. D & Cicero, S. M. 2008. Sensitivity of seed to desiccation in cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. – sterculiaceae. Scientia Agricola 65: 557-560. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000500017>
- Custódio, C. C., Vivian, M. R., Nunes, R. C. A & Agostini, E. A. T. 2009. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de sementes de feijão. Revista Brasileira de Sementes 31: 131-143. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100015>
- Dias, L. A. S., Neto, E. F., Souza, C. A. S & Aguilar, A. M. G. Cultivar. In: Souza, C. A. S., Dias, L. A. S & Aguilar, M. A. G. Borém A (eds) Cacau do plantio a colheita. UFV, Viçosa, 2016. p.123-137.
- Donadon, J. R., Bessa, J. F. V., Resende, O., Castro, C. F. S., Alves, R. M. V & Silveira, E. V. 2015. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 19: 231-237. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p231-237>
- Dousseau, S., Alvarenga, A. A., Guimarães, R. M., Lara, T. S., Custódio, T. N & Chaves, I. S. 2011. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Campomanesia pubescens*. Ciência Rural 41:1362-1368. <http://www.redalyc.org/html/331/33119312005/>
- Dürr, C., Dickie, J. B., Yang, X-Y & Pritchard, H. W. 2015. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. Agricultural and Forest Meteorology 200: 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.09.024>
- Engelbrecht, C. J. B & Harrington, T. C. 2005. Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. Mycologia 97: 57–69. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832839>
- Fajardo, M. A. R., Tellez, L. C., Andrade, A. P. L., Alvarado, A. D., Mancera, H. A. Z & Monter, Y. A. V. 2011. Tolerancia a la desecacion en semillas de tres orígenes geneticos de cacao

- (*Theobroma cacao* L.). Revista Fitotecnia Mexicana 34: 175-182. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n3/v34n3a8.pdf>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Acessado em: 30 Jul. 2017.
- Febrianto, N. A., Yang, T. A & Wan-Abdullah, W. A. 2016. Cocoa-like flavor compound development of rambutan seed fat as the effect of fermentation and roasting. International Food Research Journal 23(5): 2166-2174. [http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20\(05\)%202016/\(44\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20(05)%202016/(44).pdf).
- Ferraz, I. D. K., Albuquerque, M. C. F., Calvi, G. P & Farias, D. L. 2012. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. Revista Brasileira de Fruticultura 34: 905-914. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000300033>
- Ferreira, D. F. 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciência e Agrotecnologia 38(2): 109-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Figueiredo, S. F. L. 1986a. Conservação da viabilidade da semente de cacau. I. Cinquenta anos de estudos, uma revisão bibliográfica. Revista Theobroma 16(1): 17-29.
- Figueiredo, S. F. L. 1986b. Conservação da viabilidade da semente de cacau. II. Tipificação do fruto e descrição da semente e da germinação. Revista Theobroma 16(2): 75-88.
- Figueiredo, S. F. L. 1986c. Conservação da viabilidade da semente de cacau. III. Solução de éteres celulósicos. Revista Theobroma 16(3): 115-126.
- Flores, A. V., Borges, E. E. L., Guimarães, V. M., Gonçalves, J. F. C., Ataíde, G. M & Barros, D. P. 2014. Atividade enzimática durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. Cerne 20: 401-408. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420031399>
- Gil, M., Orrego, F., Cadena, E., Alegria, R & Londono-Londono, J. 2016. Effect of Pectin Lyase Enzyme on Fermentation and Drying of Cocoa (*Theobroma cacao* L.): An Alternative to Improve Raw Material in the Industry of Chocolate. Food and Nutrition Sciences 7: 215-226. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2016.74023>
- Holanda, A. E. R., Filho, S. M & Diogo, I. J. S. 2015. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth. - Fabaceae). Gaia Scientia 9: 22-27. <http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/18535/13191>
- Labiberte, B., End, M.(eds.) Sena Gomes, A. R., Andrade Sodré, G., Gultinan, M., Lockwood, R & Maximova, S. 2015. Supplying new cocoa planting material to farmers: a review of propagation methodologies. Bioversity International, Rome, Italy, 189 p.
- Lamarca, E. V., Bonjovani, M. R., Faria, J. M. R & Barbedo, C. J. 2013. Germinação em temperatura sub-ótima de embriões de *Inga vera* subsp. *Affinis* obtidos sob diferentes condições ambientais. Rodriguésia 64: 877-885. <http://www.scielo.br/pdf/rod/v64n4/v64n4a15.pdf>
- Liang, Y & Sun, W. Q. 2002. Rate of dehydration and cumulative desiccation stress interacted to modulate desiccation tolerance of recalcitrant cocoa and ginkgo embryonic tissues. Plant Physiology 128: 1323–1331. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.010616>
- Linkies, A & Leubner-Metzger, G. 2012. Beyond gibberellins and abscisic acid: how ethylene and jasmonates control seed germination. Plant Cell Rep 31: 253–270. doi: 10.1007/s00299-011-1180-1
- Lira, J. M. S., Lara, T. S., Rodrigues, A. C., Dousseau, S., Magalhães, M. M & Alvarenga, A. A. 2015. Cross-tolerance mechanism induction in melon seeds by priming prior drying. Ciência e Agrotecnologia 39: 131-137. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542015000200004>

- Lloh, A. C., Omatta, G., Ogbadu, G. H & Onyenekwe, P. C. 2014. Effects of elevated temperature on seed germination and seedling growth on three cereal crops in Nigeria. *Scientific Research and Essays* 9: 806-813. <https://doi.org/10.5897/SRE2014.5968>
- Long, R. L., Gorecki, M. J., Renton, M., Scott, J. K., Olville, L., Goggin, D. E., Commander, L. E., Westcott, D. A., Herry, H & Finch-Savage, W. E. 2014. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. *Biological Reviews* 90: 31-59. <https://doi.org/10.1111/brv.12095>
- Lopes, R. R & Franke, L. B. 2011. Aspectos térmico-biológico da germinação de sementes de cornichão anual sob diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40: 2091-2096. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011001000004>
- Madeira, N. R., Amaro, G. B., Melo, R. A. C., Ribeiro, C. S. C & Reifschneider, F. J. B. 2016. Compatibilidade de portaenxertos para pimentão em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira* 34: 470-474. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620160404>
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science Madson* 2: 176-177. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Marcos-Filho, J. 2015. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola* 72: 363-374. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Martini, M. H & Tavares, D. Q. 2005. Reservas das sementes de sete espécies de *Theobroma*: revisão. *Revista Instituto Adolfo Lutz* 64: 10-19. <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v64n1/v64n1a02.pdf>
- Menezes, N. L., Pasqualli, L. L., Barbieri, A. P. P., Vidal, M. D & Conceição, G. M. 2012. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 42: 430-436. <http://www.scielo.br/pdf/pat/v42n4/v42n4a11>
- Mertz, L. M., Henning, F. A., Soares, R. C., Baldiga, R. F., Peske, F. B & Moraes, D. M. 2009. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. *Revista Brasileira de Sementes* 31: 254-262. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n2/v31n2a31.pdf>
- Nambara, E., Okamoto, M., Tatematsu, K., Yano, R., Seo, M & Kamiya, Y. 2010. Abscisic acid and the control of seed dormancy and germination. *Seed Science Research* 20: 55-67. <https://doi.org/10.1017/S0960258510000012>
- Nascimento, W. M. D. O & Carvalho, J. E. U. 2012. Sensibilidade de sementes de cupuí (*Theobroma subincanum*) à redução do grau de umidade e a exposição à baixa temperatura. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 915-920. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000300034>
- Parent, B & Tardieu, F. 2012. Temperature responses of developmental processes have not been affected by breeding in different ecological areas for 17 crop species. *New Phytol* 194: 760-774. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04086.x>
- Penfield, S., Josse, E. M., Kannangara, R., Gilday, A. D., Halliday, K. J & Graham, I. A. 2005. Cold and light control seed germination through the bhlh transcription factor spatula. *Current Biology* 15: 1998-2006. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.11.010>
- Pereira, J. E. S., Fortes, G. R. L & Silva, J. B. 2001. Efeito da aplicação de baixa temperatura em plantas de macieira sobre o crescimento durante a aclimatização. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36: 89-95. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100011>
- Rodrigues, F. A., Freitas, G. F., Moreira, R. A & Pasqual, M. 2010. Characterization of fruits and seeds germination of rootstock trifoliata Flying Fragon and citrumelo Swingle. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32: 1180-1188. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000121>

- Rosental, L., Nonogaki, H & Fait, A. 2014. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research* 24: 1-15. <https://doi.org/10.1017/S0960258513000391>
- Rosseto, J., Albuquerque, M. C. F., Neto, R. M. R & Silva, I. C. O. 2009. Germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (Fabaceae) em diferentes temperaturas. *Revista Árvore* 33: 47-55. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000100006>
- Schäfer, G., Bastianel, M & Dornelles, A. L. C. 2001. Citriculture rootstocks in use. *Ciência Rural* 31: 723–733. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000400028>
- Schmitz, J. D., Pasa, M. S., Fischer, D. L. O., Fachinello, J. C & Bianchi, V. J. 2014. Desempenho de portaenxertos em diferentes sistemas de cultivo na produção de mudas do pessegueiro ‘Chimarrita’. *Revista Ceres* 61: 155-160. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200020>.
- Seo, M., Nambara, E., Choi, G & Yamaguchi, S. 2009. Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. *Plant Molecular Biology* 69: 463–472. doi: 10.1007/s11103-008-9429-y
- Silva, P. A., Diniz, K. A., Oliveira, J. A & Pinho, E. V. R. V. 2007. Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes* 29: 15-22. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000200003>
- Singh, D. 1981. The relative importance of caracteres affecting genetic divergence. *Indian Journal of Genetic and Plant Breeding* 41: 237-245.
- Socolowski, F., Vieira, D. C. M & Takaki, M. 2008. Interaction of Temperature and Light on Seed Germination in *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 723-730. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620160404>
- Toh, S., Imamura, A., Watanabe, A., Nakabayashi, K., Okamoto, M., Jikumaru, Y., Hanada, A., Aso, Y., Ishiyama, K., Tamura, N., Iuchi, S., Kobayashi, M., Yamaguchi, S., Kamiya, Y., Nambara, E & Kawakami, N. 2008. High temperature-induced abscisic acid biosynthesis and its role in the inhibition of gibberellin action in arabidopsis seeds. *Plant Physiology* 146: 1368–1385. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.107.113738>
- Venial, L. R., Alexandre, R. S., Camata, H., Lopes, J. C., Zanotti, R. F., Ferreira, A & Aguilar, M. A. G. Biometria e armazenamento de sementes de genótipos de cacauero. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.37, n.89, p.39-46, 2017. [Doi: 10.4336/2017.pfb.37.89.1239](https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.89.1239)

Tabela 1 Caracterização dos processos germinativo e pós-germinativo das sementes submetidos ao período de secagem (recém-colhidas, 2 e 4 dias) de dez genótipos de cacauzeiros no município de Linhares-ES.

	Comum	TSH 1188	ESFIP-02	CCN-51	Ipiranga-01	SJ-02	PH-16	PS-1319	CEPEC-2002	Catongo
Dias	Umidade (%)									
Recém-colhidas	52 Ba	52 Ba	58 Aa	49 Ba	54 Ba	52 Ba	58 Aa	53 Ba	57 Aa	52 Ba
2	27 Bb	35 Ab	35 Ab	28 Bb	31 Bb	28 Bb	38 Ab	33 Ab	28 Bb	28 Bb
4	14 Bc	16 Bc	16 Bc	15 Bc	16 Bc	14 Bc	21 Ac	18 Ac	16 Bc	16 Bc
CV (%)	7									
	Germinabilidade (%)									
Recém-colhidas	100 Aa	100 Aa	97 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	96 Aa	94 Aa	100 Aa
2	96 Aa	99 Aa	99 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	94 Ba	91 Ba	97 Aa	88 Bb
4	23 Db	80 Ab	58 Bb	75 Ab	30 Db	28 Db	28 Db	53 Bb	40 Cb	0 Ec
CV (%)	6.68									
	Índice de Velocidade de Germinação									
Recém-colhidas	11,03 Ca	13,79 Ab	12,33 Ba	10,61Ca	12,13 Bb	12,03 Ba	11,62 Ba	9,64 Ca	10,10 Ca	14,62 Aa
2	7,16 Fb	17,18 Aa	11,25 Ca	9,54 Da	13,96 Ba	8,28 Eb	7,43 Fb	6,52 Fb	6,85 Fb	4,96 Gb
4	1,04 Cc	5,66 Ac	3,51 Bb	4,01 Bb	1,53 Cc	1,25 Cc	1,23 Cc	2,52 Cc	1,71 Cc	0,00 Dc
CV (%)	10.25									
	Plântulas Normais Vigorosas (%)									
Recém-colhidas	87 Aa	84 Aa	72 Ba	78 Ba	93 Aa	77 Ba	78 Ba	56 Ca	78 Ba	94 Aa
2	11 Cb	63 Ab	50 Ab	32 Bb	56 Ab	29 Bb	17 Cb	12 Cb	3 Cb	17 Cb
4	0 Ac	2 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ab	0 Ac
CV (%)	20.61									
	Plântulas Normais Fracas (%)									
Recém-colhidas	12 Cb	15 Cb	24 Bb	22 Bb	7 Cb	21 Bb	23 Bb	40 Ab	14 Cb	4 Cb
2	85 Aa	32 Ea	48 Da	62 Ca	43 Da	70 Ba	76 Ba	77 Ba	91 Aa	75 Ba
4	0 Ac	5 Ab	1 Ac	10 Ac	0 Ab	3 Ac	5 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ab
CV (%)	26.59									

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na linha comparam os genótipos em cada período de secagem e letras minúsculas na coluna comparam a resposta de cada genótipo entre os períodos de secagem, pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade.

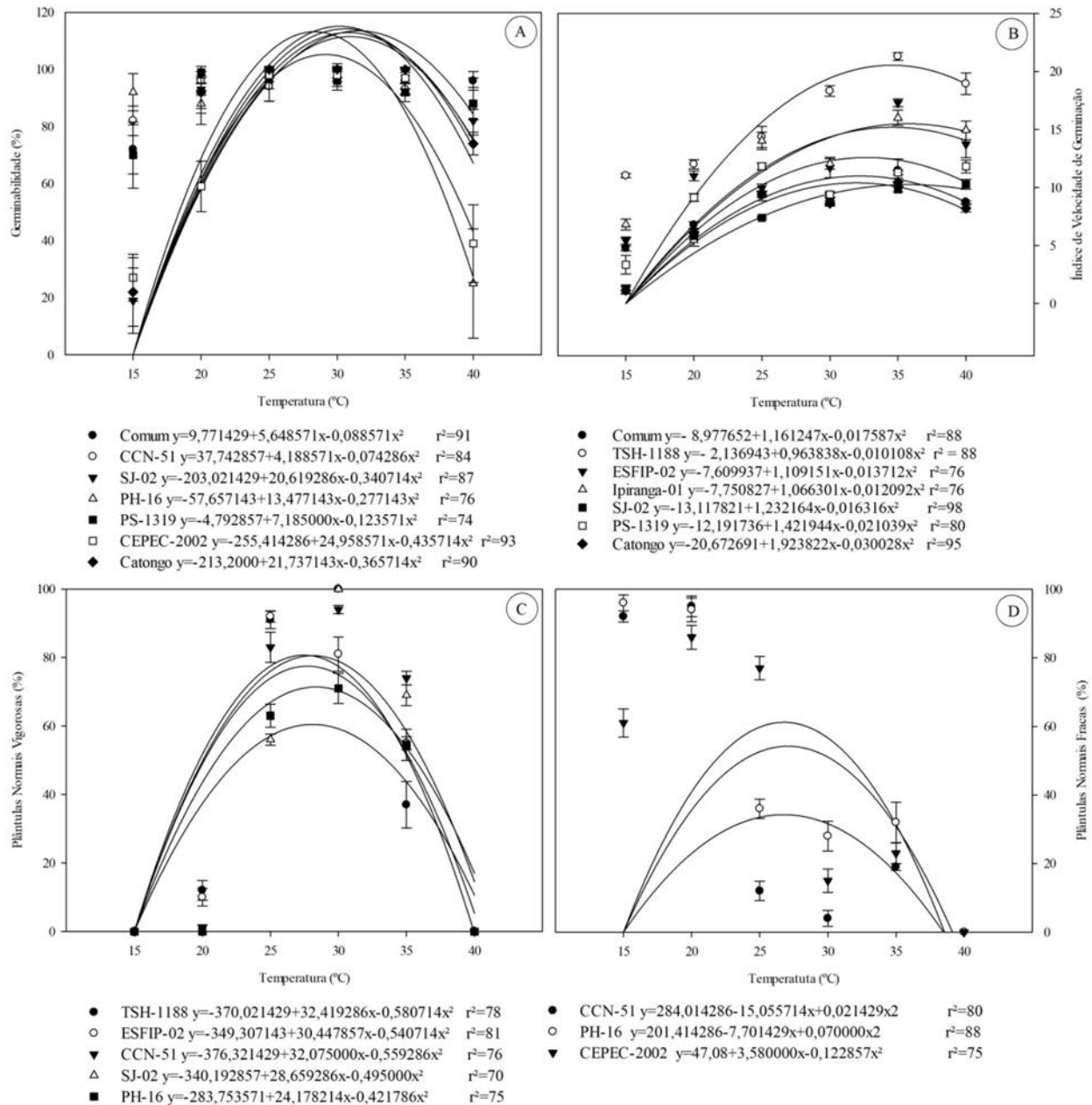


Figura 1. Comportamento germinativo e pós-germinativo de sementes de dez genótipos de cacauero, submetidos a temperaturas constantes (15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C e 40 °C) no município de Linhares-ES (a) germinabilidade (%) (b) índice de velocidade de germinação (c) plântulas normais vigorosas (%) (d) plântulas normais fracas (%).

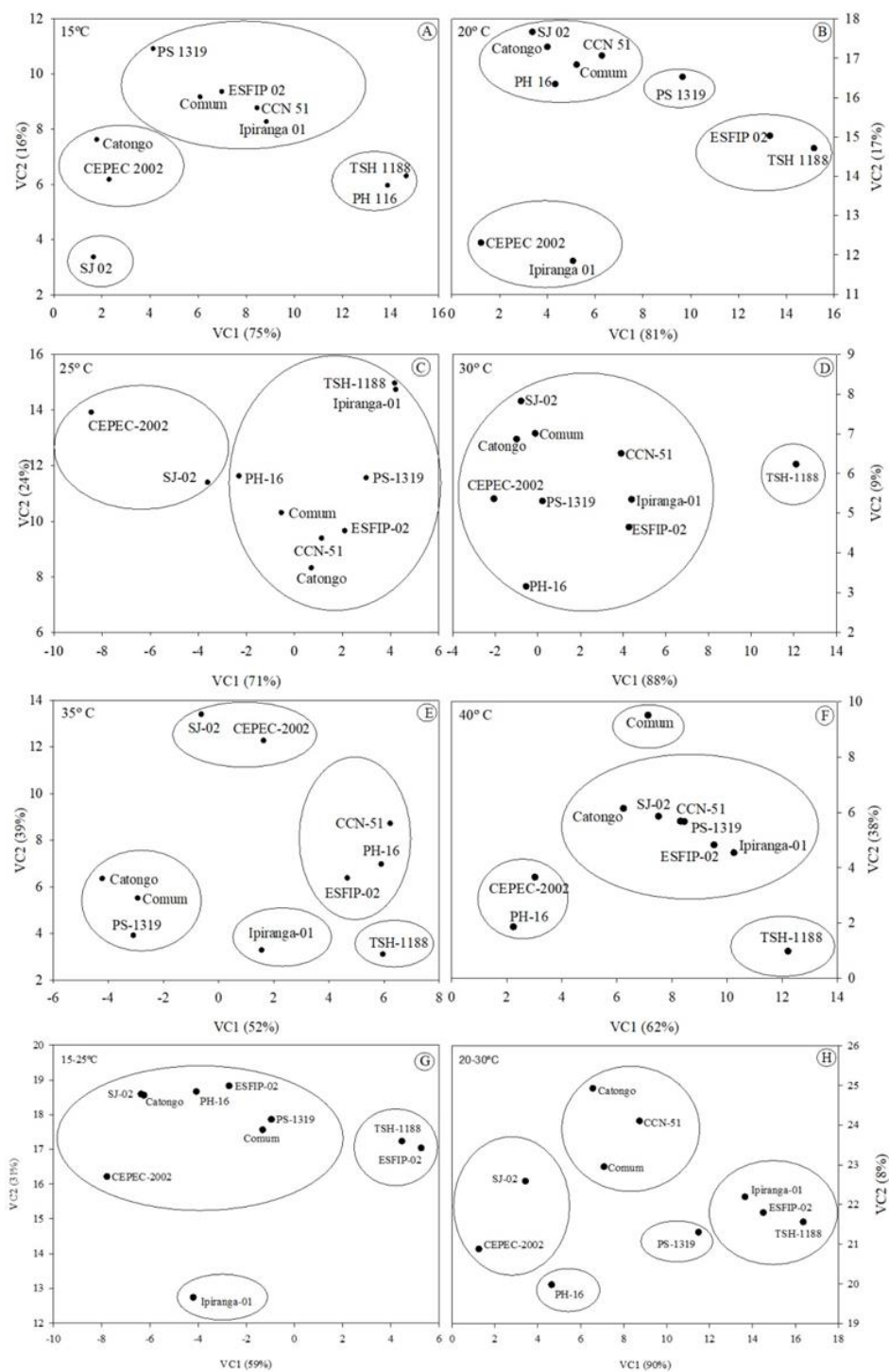


Figura 2. Dispersão de dez genótipos de cacaveiro da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira no município de Linhares/ES, usando as coordenadas obtidas da matriz de distâncias generalizada de Mahalanobis (D^2), pelo procedimento estatístico baseado na minimização das diferenças entre as distâncias originais e aquelas no gráfico. Os agrupamentos se estabeleceram de acordo com a temperatura, sendo: A. 15 °C; B. 20 °C; C. 25 °C; D. 30 °C; E. 35 °C e F. 40 °C, G 15-25 °C e H 20-30 °C.

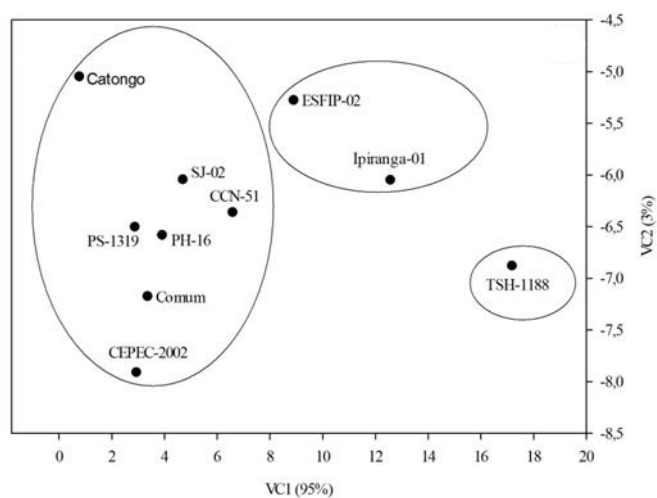


Figura 3. Dispersão de dez genótipos de cacaueteiro da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira no município de Linhares/ES, usando as coordenadas obtidas da matriz de distâncias generalizada de Mahalanobis (D^2), pelo procedimento estatístico baseado na minimização das diferenças entre as distâncias originais e aquelas no gráfico para o período de secagem de dois dias