

Biometria e armazenamento de sementes de genótipos de cacauero

Lucimara Ribeiro Venial¹, Rodrigo Sobreira Alexandre^{2*}, Henrique Camata¹, José Carlos Lopes¹, Rafael Fonsêca Zanotti³, Adésio Ferreira¹, Marco Antonio Galeas Aguiar⁴

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/nº, Bairro Guararema, CEP 29500-000, Alegre, ES, Brasil

²Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Governador Lindemberg, 316, Centro, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil

³Instituição Federal do Maranhão, BR-230, Km 319, Zona Rural, CEP 65840-000, São Raimundo das Mangabeiras, MA, Brasil

⁴Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Rod. Linhares-Vitória BR 101, Km 150, CEP 29900-000, Linhares, ES, Brasil

***Autor correspondente:**

rodrigossobreiraalexandre@gmail.com

Termos para indexação:

Theobroma cacao L.
Material genético
Germinação

Index terms:

Theobroma cacao L.
Genetic material
Germination

Histórico do artigo:

Recebido em 22/04/2016
Aprovado em 21/03/2017
Publicado em 31/03/2017

doi: 10.4336/2017.pfb.37.89.1239

Resumo - Genótipos de *Theobroma cacao* L. devem ser melhor estudados, para se identificar aqueles que produzem sementes mais desenvolvidas e viáveis após o armazenamento. Objetivou-se com este trabalho estudar a biometria e dois tempos de armazenamento de sementes de genótipos de cacauero. A biometria foi avaliada em oito genótipos de cacauero (tratamentos). Foram instalados testes de germinação em delineamento inteiramente ao acaso, no esquema fatorial 8 x 2 (genótipos: CCN51, PH16, CEPEC2002, Ipiranga, SJ02, PS1319, TSH1188 e Comum x dois períodos de armazenamento: 0 e dois dias). O genótipo TSH1188 apresentou maior comprimento, relação comprimento/largura, espessura e massa de 100 sementes. A absorção de água das sementes recém-colhidas dos genótipos é lenta, justificada pelos altos teores de água, o que não caracteriza padrão-trifásico. Os teores de água reduziram em média 2,3 vezes nas sementes armazenadas em relação às recém-colhidas. A germinação das sementes recém-colhidas dos genótipos foi de 100%. Após o armazenamento, as sementes do PS1319 apresentaram a menor redução da germinação (39%), enquanto as dos PH16, CEPEC2002 e SJ02 reduziram 96%. A velocidade de germinação foi maior e o tempo médio menor que dois dias nas sementes recém-colhidas do PS1319, indicando serem mais tolerante à dessecação. Sugere-se o uso dos genótipos TSH1188 e PS1319 em programas de melhoramento genético.

Biometrics and storage of cocoa seeds genotypes

Abstract - Genotypes of *Theobroma cacao* L. should be further studied to identify those that produce more developed and viable seeds after storage. The objective of this work was to study biometrics of cocoa seeds genotypes and two periods of seed storage. Seeds biometrics were evaluate in eight cacao genotypes (treatments). Germination tests were carried out in completely randomized design in a factorial 8 x 2 (genotypes: CCN51, PH16, CEPEC2002 Ipiranga, SJ02, PS1319, TSH1188 and Comum x two periods of storage: 0 and two days). TSH1188 showed higher length, length/width, thickness and weight of 100 seeds. Water absorption of freshly harvested seed of the genotypes is slow, justified by the high water content, which does not characterizes standard features. Water levels were reduced on average 2.3 times in stored seeds compared to freshly picked. Germination of freshly harvested seeds of any genotype was 100%. However, after storage, PS1319 seeds showed the least reduction in germination (39%), whereas PH16, CEPEC2002 and SJ02 reduced 96%. Germination rate was higher, and average time less than two days in freshly harvested seeds of PS1319, indicating tolerance to desiccation. It is suggested the inclusion of genotypes TSH 1188 and PS1319 in breeding programs seeds.

Introdução

As sementes de cacau apresentam várias utilidades, dentre elas como matéria prima para a fabricação de chocolates e para a produção de mudas, mais especificamente de porta-enxertos para a formação de lavouras de alta produtividade e para o re-agroflorestamento, que pode representar, segundo Schroth et al. (2016), a redução de emissões de até 135 mg C ha⁻¹ em comparação com o histórico cenário de plantar cacau após a derrubada da floresta.

Identificar genótipos que produzem amêndoas mais desenvolvidas e com qualidade química superior é fundamental para a produção de chocolate. Este processo pode ser iniciado por meio de análises de características biométricas (Cilas et al., 2010; Alexandre et al., 2015; Vazquez-Ovando et al., 2015) e químicas (Elwers et al., 2009; Vazquez-Ovando et al., 2015) de vários genótipos.

Além disso, é muito importante observar a viabilidade das sementes de cacau que são usadas como propágulos para a formação de porta-enxertos. Zink & Rochelle (1964) verificaram 12% de germinação de sementes de cacau cv. Comum, armazenadas em temperatura ambiente e acondicionadas em sacos de pano por 15 dias, germinação nula, quando armazenadas em recipiente de vidro hermético fechado com tampa de cortiça (semifechado) por 15 dias, e 2% de germinação quando mantidas em recipiente de vidro hermético por 60 dias. Verifica-se, portanto, perda de viabilidade das sementes, sendo importante a investigação desse comportamento nos materiais genéticos mais estudados atualmente no Brasil.

Objetivou-se com este trabalho estudar a biometria e dois tempos de armazenamento de sementes de genótipos de cacau (*Theobroma cacao* L.).

Material e métodos

Foram utilizados oito genótipos de *Theobroma cacao* CCN51, PH16, CEPEC 2002, Ipiranga, SJ02, PS1319, TSH1188 e Comum, disponibilizados pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) (2015) da unidade de Linhares, situada na Mesorregião e Microrregião da Baixada Espírito-Santense. O município está localizado a 19°23'48"S e 40°03'42"W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é o predominante tropical do tipo Af, correspondendo a uma região quente úmida, com chuvas no verão e inverno seco, possuindo o índice pluviométrico médio de 1.193 mm ano⁻¹ e

temperatura média de 23,4 °C, sendo a máxima de 32 °C e a mínima de 19,6 °C. Em relação ao relevo, 85,8% do município é plano.

As sementes foram retiradas manualmente dos frutos, sendo beneficiadas posteriormente. Isto consistiu na retirada da mucilagem por fricção, utilizando-se areia lavada. Após esse processo, as sementes foram colocadas para secagem sobre bancada coberta com papel Germitest® com circulação natural de ar por 3 h, sendo em seguida iniciado o teste de germinação em um dos lotes. O outro lote de sementes foi mantido nas mesmas condições sobre a bancada por dois dias. Nesse período, foi registrado no laboratório: temperatura média de 24 °C, máxima de 25,1 °C e mínima de 23,4 °C, umidade relativa média de 54%, máxima de 63% e mínima de 42%.

A biometria (comprimento, largura e espessura) das sementes dos genótipos utilizados foi feita em quatro repetições de 25 sementes cada. Após as avaliações, obteve-se a relação comprimento e largura (C/L). Para mensuração da massa fresca foram utilizadas 100 sementes. As avaliações do tamanho foram feitas com o auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm) e da massa em balança analítica com precisão de 0,0001 mg.

Para a realização do teste de germinação procedeu-se inicialmente a desinfestação das sementes com álcool etílico a 70% por 1 min e hipoclorito de sódio a 2,5% por 3 min. Após o tratamento de desinfestação, procedeu-se a lavagem em água destilada por três vezes. No teste de germinação das sementes recém-colhidas e armazenadas foram utilizadas caixas tipo gerbox, previamente limpas e forradas ao fundo com duas folhas de papel Germitest® devidamente esterilizadas em estufa à temperatura de 110 °C por 24 h. Após a montagem, as sementes foram embebidas com água destilada até a metade de sua espessura e mantidas em incubadoras do tipo *Biochemical oxygen demand (BOD)* à temperatura de 30 °C, com fotoperíodo de 12 h. A contagem da germinação foi realizada diariamente. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada genótipo.

O percentual de germinação (G) foi determinado pela razão da quantidade total de sementes germinadas ao fim da contagem, pela quantidade de sementes colocadas para germinar, multiplicando-se por 100 para obter o resultado em porcentagem. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado de acordo a equação de Maguire (1962): $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$, em que, G_1, G_2, \dots, G_n é igual ao número de sementes germinadas, e N_1, N_2, \dots, N_n correspondem ao número de dias após a semeadura.

Para o tempo médio de germinação (TMG) foi usada a equação de Laboriau (1983): $TMG = (\sum ni)/\sum ni$, em que, ni = número de sementes germinadas por dia; ti = tempo de incubação (dias).

Paralelamente, ao teste de germinação foi determinada a umidade das sementes recém-colhidas e das armazenadas por dois dias. Foram utilizadas duas repetições com dez sementes cada, que foram mantidas em estufa com temperatura de 105 ± 3 °C por 24 h. O teor de água das sementes foi determinado, segundo a equação: Umidade (%) = $100 (P-p)/P$, em que, P é o peso da semente úmida e p é o peso da semente seca (Brasil, 2009).

Para a curva de embebição foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada genótipo. Antes de iniciar a embebição, as sementes foram pesadas em balança analítica digital com precisão de 0,1 mg. Em seguida, foram colocadas em caixas tipo gerbox forradas com duas folhas de papel Germitest® ao fundo e embebidas com água destilada. Foram feitas pesagens de hora em hora, por um período de 12 h, e posteriormente, em intervalos de 24 h, até as sementes atingirem um mínimo de 50% de germinação, quando então se encerrou a curva de embebição. O ganho de peso (GP) das sementes foi calculado de acordo com a seguinte equação: $GP = (Pf - Pi)/Pi$, em que, Pf é peso final (ganho de umidade a cada período de embebição) e Pi é o peso inicial das sementes antes da embebição.

Na avaliação da biometria os tratamentos foram os oito genótipos de cacau e para os testes de germinação, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 8 x 2 (genótipos: CCN51, PH16, CEPEC 2002, Ipiranga, SJ02, PS1319, TSH1188 e Comum x, e dois períodos de armazenamento: 0 e dois dias).

Os dados foram submetidos, e à análise de variância, em que as médias entre os tempos de armazenamento foram comparadas pelo teste F e as médias de cada genótipo, comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade. A partir da divergência generalizada de Mahalanobis (D^2) foi estimada a divergência genética, por meio das características germinação (%), IVG, TMG, comprimento (C), largura (L), relação C/L e massa fresca de 100 sementes, representado pelo dendograma de dissimilaridade genética entre os genótipos de cacau. A proximidade entre as linhas sugere a semelhança dentro de um mesmo grupo gerado a partir da matriz de dissimilaridade. Logo, a verificação da proximidade entre elas acontece pelo coeficiente de correlação (gerado entre a matriz de dissimilaridade e os correspondentes da matriz cofenética) chamado de coeficiente de correlação cofenética. Em seguida, foi aplicado o método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Grouped Method Average*). As análises foram feitas utilizando o aplicativo computacional Genes (Cruz, 2016).

Resultados e discussão

Diferenças significativas entre os genótipos de *Theobroma cacao* foram observadas nas variáveis biométricas (Tabela 1). Em *T. cacao*, diferenças fenotípicas ocorre entre variedades em diversas características morfológicas, como a dimensão do fruto, e suas sementes e tipo e quantidade dos elementos de reserva nas sementes (Martini & Tavares, 2005). Estas variáveis são fundamentais quando se pretende selecionar precocemente genótipos de cacauzeiro, tanto para produção de sementes com qualidade superior para obtenção de porta-enxertos vigorosos quanto para a produção de amêndoas destinadas à fabricação de chocolate.

Tabela 1. Médias do comprimento (mm), largura (mm), relação comprimento/largura, espessura (mm) e massa de 100 sementes (g) de genótipos de *Theobroma cacao*.

Genótipos	Comprimento	Largura	Comprimento / Largura	Espessura	Massa (100 sementes)
PH16	23,11 d*	12,25 c	1,88 c	6,46 d	127,75 f
SJ02	24,99 b	12,23 c	2,04 b	7,76 b	157,64 c
Comum	21,83 e	11,35 d	1,92 c	5,52 e	97,68 h
CEPEC2002	21,84 e	11,96 c	1,82 d	6,46 d	121,91 g
TSH1188	26,08 a	12,13 c	2,15 a	8,63 a	184,47 a
CCN51	24,33 c	13,65 a	1,78 d	7,33 c	166,26 b
Ipiranga	22,45 d	11,43 d	1,96 c	7,92 b	137,29 e
PS1319	22,98 d	12,70 b	1,81 d	7,56 c	146,71 d

*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

Vázquez-Ovando et al. (2015) observaram em 45 acessos de cacau sementes com médias de 1,25 g de massa (variação de 0,63 a 1,85 g), 26,0 mm de comprimento (variação de 1,98 a 3,16 mm) e 1,82 mm de espessura (variação de 1,36 a 2,36 mm), compatível com a amplitude de resultados observados para todos os genótipos testados. No entanto, valores mais elevados de massa de 100 sementes de cacau (3 g) foram relatados por Martini et al. (2008) apesar dos mesmos autores terem encontrado espessura de sementes (6 mm) semelhante ao observado no trabalho atual. Silva et al. (2011) observaram que a probabilidade de encontrar duas sementes de irmãos completos dentro de uma mesma fruta é maior do que em diferentes frutas da mesma planta. Segundo estes autores, o número efetivo de doadores de pólen para a formação de um fruto é de 1,65 e entre frutas na mesma planta é de 10,1, justificando a variabilidade genética da espécie.

As sementes do genótipo TSH1188 apresentaram maiores valores para comprimento longitudinal (26,08 mm), relação C/L (2,15), espessura (8,63 mm) e massa de 100 sementes (184,47 g) (Tabela 1). Valores semelhantes foram observados por Santos et al. (2012) em sementes do genótipo TSH1188 para comprimento (27,2 mm) e espessura de sementes (8,9 mm). Alexandre et al. (2015) também observaram nas sementes do TSH1188 os maiores valores de comprimento (26,43 mm) e espessura (9,48 mm).

Segundo Cilas et al. (2010) a domesticação favorece sementes de tamanho maiores, como observado em genótipos derivados de cruzamentos entre cacauídeos cultivados, sendo esperado que o tamanho da semente tenha relação positiva com o vigor da planta. Dessa forma, o genótipo TSH1188, por apresentar características biométricas superiores, teria maiores chances de gerar plântulas maiores e com mais massa seca. O tamanho, teor de água, massa seca da semente, capacidade germinativa e ainda a massa seca da parte aérea das plântulas, foram os parâmetros que melhor determinaram a maturação fisiológica das sementes de *Inga striata*, espécie que apresenta características semelhantes de alta recalcitrância (Mata et al., 2013).

As sementes recém-colhidas dos diferentes genótipos absorveram lentamente a água (Figura 1). Todos os genótipos apresentaram comportamento semelhante,

devido aos altos teores de água que variaram de 10,1% (PS1319) a 18,3% (SJ02).

Protrusão da raiz primária foi verificada em 50% das sementes de todos os genótipos (Figura 1). O genótipo PS1319 apresentou alto vigor, com tempo de germinação 2,5 a 4,5 vezes menor, em relação aos demais genótipos (Figura 1). No entanto, esse resultado não permite caracterizar como padrão trifásico, conforme proposto por Bewley & Black (1994).

A umidade das sementes armazenadas de todos os genótipos reduziu em média 2,3 vezes se comparada às sementes recém-colhidas (Tabela 2). Segundo Fajardo et al. (2011b) a dessecação modifica a estrutura celular dos eixos de embriões de cacau. Os genótipos ‘Carmelo’, ‘Libra 7’ e ‘UF668’ apresentaram danos celulares (rugos no citoplasma, perda da afinidade dos ácidos nucleicos para safranina O e perda de núcleo) em 50% das células de embrião a uma umidade de 300 e 200 g de H₂O kg⁻¹ de massa fresca. Verifica-se que a queda expressiva na taxa de umidade influenciou na redução dos valores de germinação, IVG e TMG após o armazenamento.

Nas sementes recém-colhidas a germinação foi máxima em todos os genótipos (Tabela 2). Zink & Rochelle (1964) e Ferraz et al. (2012) também encontraram valores altos de germinação nas sementes recém-colhidas, respectivamente, de cacau (96%) e de cupuaçu (*T. grandiflorum*) (95%). Esses valores altos de germinação podem ser explicados pelos teores de lipídios em sementes de cacau que fornecem reservas de carbono e energia para os embriões germinarem (Argout et al., 2011).

As sementes de cacau armazenadas apresentaram redução do poder germinativo, atingindo em alguns genótipos percentagem de germinação próximo da nulidade, como PH 16 (4%), CEPEC2002 (7%) e SJ02 (7%). Os demais apresentaram germinação de 38% (Comum) a 61% (PS1319) (Tabela 2). O genótipo PS1319 apresentou a menor taxa de redução da germinação quando as sementes foram armazenadas, em relação às recém-colhidas. A manutenção de maiores valores de germinação de alguns genótipos, mesmo após armazenamento, pode estar relacionada à manutenção da viabilidade das sementes. Segundo Farjado et al. (2011a), isso poderia ocorrer em decorrência da maior proporção de rafinose:sacarose, que tem influência positiva na sensibilidade à dessecação.

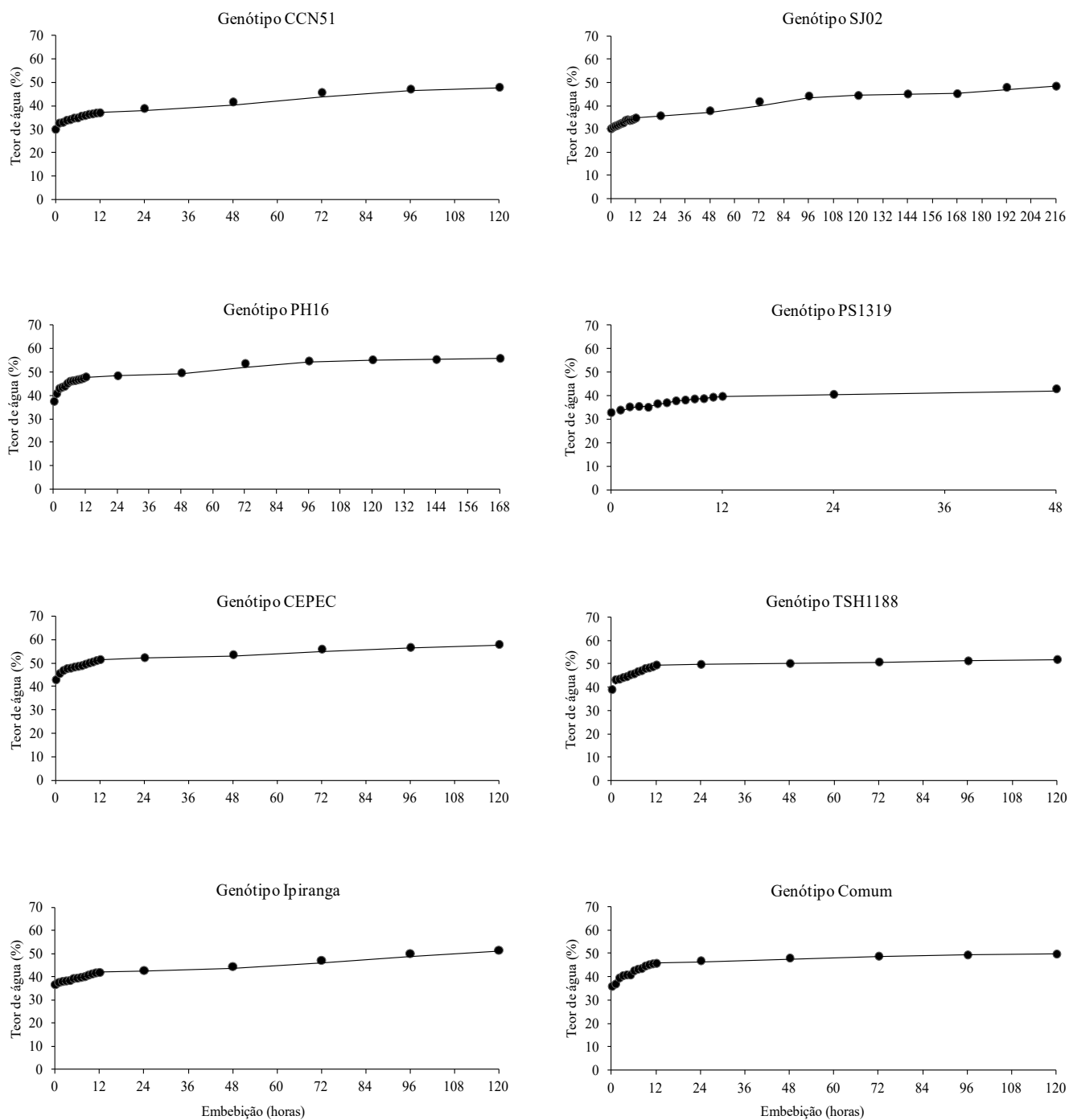


Figura 1. Teor de água (%) de sementes dos genótipos de cacauzeiro, CCN51, PH16, CEPEC2002 e Ipiranga, SJ02, PS1319, TSH1188 e Comum.

Em contrapartida, o armazenamento das sementes dos genótipos PH16, CEPEC2002 e SJ02 apresentou reduções de mais de 96% na taxa de germinação, em relação às recém-colhidas (Tabela 2). As sementes desses três genótipos foram as mais penalizadas com a

redução da germinação e da velocidade de germinação, pela redução da umidade das sementes. Segundo Cruz & Cícero (2008) a sensibilidade de sementes de cupuaçu com a redução do grau de umidade sugere que no armazenamento o teor de água das sementes deve ser mantido em valor superior a 41%.

Tabela 2. Umidade (%), germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG, dias) de sementes recém-colhidas e armazenadas (dias) de genótipos de cacauero.

Genótipos								
Dias	CCN51	PH16	CEPEC 2002	Ipiranga	SJ02	PS1319	TSH 1188	Comum
Umidade (%)								
0	30,05 aC*	37,63 aB	43,02 aA	36,71 aB	30,27 aC	33,01 aC	39,01 aB	36,07 aB
2	14,37 bA	16,97 bA	14,27 bA	17,86 bA	13,26 bA	13,95 bA	18,26 bA	15,83 bA
Germinação (%)								
0	100 aA	100aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
2	43 bC	4bD	7 bD	53 bB	7 bD	61 bA	42 bC	38 bC
IVG								
0	6,70 aC	5,15 aE	7,55 aB	7,93 aB	7,61 aB	7,54 aA	6,04 aD	5,97 aD
2	0,98 bA	0,07 bC	0,14 bC	1,66 bA	0,12 bC	1,59 bA	0,78 bB	0,73 bB
TMG (dias)								
0	4,18 aA	5,76 aA	4,13 aA	4,05 aA	3,93 aA	1,65 aB	4,85 aA	4,82 aA
2	11,74 bB	14,00 bA	13,31 bA	8,79 bC	14,18 bA	9,05 bC	13,63 bA	14,18 bA

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F e maiúscula na linha pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

Sabe-se que quanto maior o grau de instauração do ácido graxo, maior será a susceptibilidade à oxidação, o que influencia negativamente na germinação e no vigor das sementes. Maximova et al. (2014) verificaram alta expressão de genes envolvidos na síntese de ácidos graxos poli-insaturados em embriões zigóticos do genótipo do cacauero Scavina6 (SCA6). Isto pode ajudar em parte a explicar a superioridade de alguns genótipos em relação a outros quanto ao vigor.

Fajardo et al. (2012) observaram óvulo anátropo, crassinucelado e bitegumentado com endosperma nuclear no cacauero mexicano cv. Carmelo. Essas características são significativamente associadas à recalcitrância das sementes de 45 famílias de eudicotiledôneas. Segundo estes autores, outras características das sementes associadas à recalcitrância são sementes grandes, tegumento duro e impermeável e presença de arilos que reduzem a desidratação do embrião. No presente trabalho, independente do tamanho da semente, houve redução no teor de umidade das sementes após o armazenamento (Tabela 2). Nascimento & Carvalho (2012), observaram que as sementes de cupuí

(*T. subincanum*) perderam totalmente o poder germinativo quando o teor de água atingiu valores em torno de 12%. A taxa de germinação baixa pode estar associada à desorganização das membranas (Marcos Filho, 2015). Segundo Ferrão (2008) esta desorganização é ocasionada pelo processo de fermentação (que pode causar a morte das sementes por atingir temperaturas de 50-52 °C) em que substâncias polifenólicas, como as cianinas liberam a glucona (cianidina de cor violácea), que colore todas as células dos cotilédones. Isto pode ser um indicador bioquímico (a partir da mudança de coloração interna das sementes) da morte de sementes de cacau.

Segundo Zinck & Rochelle (1964), sementes de cacau armazenadas em saco de pano por 15 dias apresentaram germinação de 12% e aos 30 dias perderam totalmente a viabilidade (0% de germinação). É notório o comportamento recalcitrante das sementes dos genótipos de cacauero, pois com a redução no teor de água das sementes de 35,72% para 15,59% após dois dias de armazenamento, alguns praticamente perderam a viabilidade (Tabela 2). A velocidade de germinação foi maior e o tempo médio menor que dois dias nas sementes

recém-colhidas do genótipo PS1319, o que confere maior robustez para este genótipo. Nas sementes armazenadas, as maiores velocidades de germinação foram observadas nos genótipos CCN51, Ipiranga e PS1319 e os menores tempos médios com Ipiranga (8,79 dias) e PS1319 (9,05 dias). O tempo médio de germinação (TMG) em todos os genótipos estudados aumentou de 4,17 dias (sementes recém-colhidas) para 12,36 dias (armazenadas por dois dias) (Tabela 2). Este fato provavelmente ocorre porque sementes dessecadas precisam de mais tempo para reidratação, até atingirem um nível de umidade adequado para a germinação ocorrer (Cruz, 2007). Logo, quanto menor a umidade inicial das sementes maior será o tempo necessário para a germinação.

Entre espécies frutíferas, na qual as sementes não apresentam tolerância à dessecação do embrião a baixos conteúdos de umidade (recalcitrantes) (Fonseca & Freire, 2003), pode-se destacar o ingá (*Inga edulis*), em que as sementes recém-colhidas com umidade de 50% apresentam germinação de 98% e, após 14 dias de armazenamento em sacos de anagem (recipientes abertos), com a umidade reduzida para 21%, a germinação reduz para 1% (Bacchi, 1961); cupuaçu (*T. grandiflorum*) em que as sementes com umidade de 58,6% a germinação é 99% e, com redução da umidade para 16,1%, a germinação diminui para 10% (Cruz, 2007); jabuticabeira (*Plinia cauliflora*), em que as sementes perdem totalmente a viabilidade com teor de umidade próximo a 10% (Danner et al., 2011); nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.), cujas sementes perdem totalmente a viabilidade após 60 dias de armazenamento, quando o grau de umidade atinge valores em torno de 25% (Brasileiro et al., 2011); e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess.), em que sementes com a secagem até 5% apresentam redução de 77% para 15% de germinação (Scalon et al., 2012).

Por meio do método UPGMA, utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), verifica-se no dendograma a dissimilaridade genética dos genótipos de *T. cacao* (L.) (Figura 2). Verifica-se, portanto, a formação de dois grupos: o primeiro formado pelos genótipos PH16, CEPEC2002, Ipiranga, Comum e PS1319 e o segundo pelos genótipos CCN51, SJ02 e TSH1188.

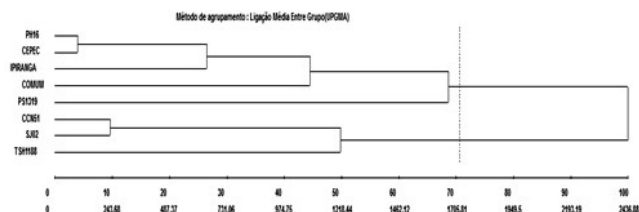


Figura 2. Dendrograma representativo da distância de Mahalanobis entre os genótipos CCN51, PH16, CEPEC2002, Ipiranga, SJ02, PS1319, TSH1188 e Comum de cacauzeiro, obtido pelo método UPGMA, por meio das características biométricas e de germinação. Coeficiente de correlação cofenético = 0,8216.

Os genótipos PH16 e CEPEC2002 foram os mais próximos entre si, e os que mais se aproximaram da nulidade do processo germinativo com o armazenamento, sugerindo maior recalcitrância. O genótipo mais distante foi o PS1319, que apresentou superioridade em todas as variáveis de germinação, quando comparado com os demais genótipos estudados. As medidas de dissimilaridade são de grande importância em estudos de diversidade genética, em que se procura identificar genitores a serem utilizados em programas de hibridação (Cruz et al., 2011).

Conclusões

As sementes de *Theobroma cacao* do genótipo TSH1188 apresentaram os maiores valores das variáveis biométricas.

As sementes dos genótipos de cacauzeiro CCN51, PH16, CEPEC2002, Ipiranga, SJ02, PS1319, TSH1188 e Comum são recalcitrantes.

As sementes do genótipo PS1319 são mais tolerantes à dessecação do embrião.

Sugere-se a inclusão dos genótipos TSH1188 e PS1319 em programas de melhoramento genético.

Referências

- Alexandre, R. S. et al. Caracterização de frutos de clones de cacauzeiros na região litorânea de São Mateus-ES. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 785-790, 2015. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p785-790.
- Argout, X. et al. The genome of *Theobroma cacao*. **Nature Genetics**, v. 43, p. 101-108, 2011. DOI: 10.1038/ng.736.
- Bacchi, O. Estudos sobre a conservação de sementes: IX – Ingá. **Bragantia**, v. 20, p. 805-814, 1961.

- Bewley, J. D. & Black, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 395 p.
- Brasileiro, B. G. et al. Qualidade fisiológica de sementes de nêspera armazenadas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 686-691, 2011. DOI: 10.1590/S0100-29452011000500096.
- Cilas, C. et al. Relations between several traits linked to sexual plant reproduction in *Theobroma cacao* L.: number of ovules per ovary, number of seeds per pod, and seed weight. **Tree Genetics & Genomes**, v. 6, n. 2, p. 219-226, 2010. DOI: 10.1007/s11295-009-0242-9.
- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/ListaClones.asp>>. Acesso em: 22 jun. 2015.
- Cruz, C. D. et al. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620 p.
- Cruz, C. D. Genes software: extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. DOI: 10.4025/actasciagron.v38i4.32629.
- Cruz, E. D. & Cícero, S. M. Sensitivity of seed to desiccation in cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. – Sterculiaceae). **Scientia Agricola**, v. 65, n. 5, p. 557-560, 2008. DOI: 10.1590/S0103-90162008000500017.
- Cruz, E. D. Drying and germination of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) K. Schum.) seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 197-201, 2007. DOI: 10.1590/S0101-31222007000300024.
- Danner, M. A. et al. Armazenamento a vácuo prolonga a viabilidade de sementes de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 246-252, 2011. DOI: 10.1590/S0100-29452011005000037.
- Elwers, S. et al. Differences between the content of phenolic compounds in Criollo, Forastero and Trinitario cocoa seed (*Theobroma cacao* L.). **European Food Research and Technology**, v. 229, p. 937-948, 2009. DOI: 10.1007/s00217-009-1132-y.
- Fajardo, MA. A. R. et al. Accumulation of sugars in cocoa (*Theobroma cacao* L.) seeds of three genetics origins and its relationship to desiccation tolerance. **Seed Science and Technology**, v. 39, p. 1-11, 2011a.
- Fajardo, MA. A. R. et al. Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo mexicano. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 35, n. 3, p. 189-197, 2012.
- Fajardo, MA. A. R. et al. Tolerancia a la desecación en semillas de tres orígenes genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 34, n. 3, p. 175-182, 2011b.
- Ferrão, J. E. M. A morte da semente. Sua importância na tecnologia pós-colheita do cacau. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 262-267, 2008.
- Ferraz, I. D. K. et al. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 905-914, 2012. DOI: 10.1590/S0100-29452012000300033.
- Fonseca, S. C. L. & Freire, H. B. Sementes recalitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003. DOI: 10.1590/S0006-87052003000200016.
- Maguire, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.
- Marcos Filho, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0007.
- Martini, M. H. et al. Localization of the cotyledon reserves of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum., *T. subincanum* Mart., *T. bicolor* Bonpl. and their analogies with *T. cacao* L. **Brazilian Journal of Botany**, v. 31, n. 1, p. 147-154, 2008. DOI: 10.1590/S0100-84042008000100013.
- Martini, M. H. & Tavares, D. Q. Reservas das sementes de sete espécies de *Theobroma*: revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 1, p. 10-19, 2005.
- Mata, M. F. et al. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 549-566, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n2p549.
- Maximova, S. N. et al. Genome-wide analysis reveals divergent patterns of gene expression during zygotic and somatic embryo maturation of *Theobroma cacao* L., the chocolate tree. **BMC Plant Biology**, v. 14, p. 2-17, 2014. DOI: 10.1186/1471-2229-14-185.
- Nascimento, W. M. O. & Carvalho, J. E. U. Sensibilidade de sementes de cupuí (*Theobroma subincanum*) à redução do grau de umidade e a exposição à baixa temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 915-920, 2012. DOI: 10.1590/S0100-29452012000300034.
- Santos, R. C. et al. Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 59, p. 327-345, 2012. DOI: 10.1007/s10722-011-9685-6.
- Scalon, S. P. O. et al. Sensibilidade à dessecação e ao armazenamento em sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess. (uvaia). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 269-276, 2012. DOI: 10.1590/S0100-29452012000100036.
- Schroth, G. et al. Commodity production as restoration driver in the Brazilian Amazon? Pasture re-agro-forestation with cocoa (*Theobroma cacao*) in southern Pará. **Sustainability Science**, v. 11, n. 2, p. 277-293, 2016. DOI: 10.1007/s11625-015-0330-8.
- Silva, C. R. S. et al. Understanding the genetic diversity, spatial genetic structure and mating system at the hierarchical levels of fruits and individuals of a continuous *Theobroma cacao* population from the Brazilian Amazon. **Heredity**, v. 106, p. 973-985, 2011. DOI: 10.1038/hdy.2010.145.
- Vazquez-Ovando, A. et al. Classification of cacao beans (*Theobroma cacao* L.) of Southern Mexico based on chemometric analysis with multivariate approach. **European Food Research and Technology**, v. 240, p. 1117-1128, 2015. DOI: 10.1007/s00217-015-2415-0.
- Zink, E. & Rochelle, L. A. Estudos sobre a conservação de sementes. XI – Cacau. **Bragantia**, v. 23, p. 111-116, 1964.