



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

ELAINE RODRIGUES SANTOS

PRODUTIVIDADE E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES POR CACAUEIROS

Ilhéus- BA
2018



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

ELAINE RODRIGUES SANTOS

PRODUTIVIDADE E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES POR CACAUEIROS

Ilhéus-BA
2018



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

ELAINE RODRIGUES SANTOS

PRODUTIVIDADE E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES POR CACAUEIROS

28 de fevereiro de 2018

Banca Examinadora

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. José Olímpio de Souza Júnior
(Orientador)
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Dr. George Andrade Sodré
Centro de Pesquisas do Cacau – CEPLAC

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Júlio Cesar Lima Neves
Universidade Federal de Viçosa – UFV

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Dr. Eduardo Cezar Medeiros Saldanha
Yara Fertilizantes S.A.

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Quintino Reis de Araujo.
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

DEDICO,

*Aos meus pais, Sérgio e Luzia, que em todo tempo foram
meu alicerce e exemplo de amor.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar e acima de todas as coisas, a **Deus**, pela certeza de que o Senhor é comigo e por tudo o que tenho recebido até aqui pela sua graça.

Assim como tudo na vida existe um cenário e seus personagens que fazem a história acontecer e é pra eles que vai o meu agradecimento.

Aos meus queridos pais, Sérgio Santos e Maria Luzia Santos, que investiram na minha educação e desde cedo me ensinaram a lutar por meus objetivos.

Ao meu esposo, Enoch Pedreira, pelo amor, companheirismo, compreensão e incentivo durante esses últimos meses do doutorado.

Aos meus irmãos, Evandro e Érica, minha cunhada Regina e ao meu sobrinho, Evandro William, que mesmo longe estavam comigo em pensamento.

À Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, com todo seu corpo docente e funcionários, por me proporcionarem condições para realização do curso.

A FAPESB pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador prof. Dr. José Olímpio de Souza Júnior pela confiança depositada, pela orientação, apoio e sugestões durante o curso, que foram fundamentais.

Às amigas Ana Cristina, Adriane, Nádia e Rafaela pelos singulares momentos que passamos juntas durante estes quatro anos.

Aos colegas de curso: Junea, Joedson, Bruno, Viviane, Durval, Giovana, Pedro, Gedeon e Tacila.

Aos professores do curso pelas trocas de experiência e aprendizado.

Ao Sr. Jorge Gabrielli e seus colaboradores da Fazenda São José por todo auxílio durante a condução do experimento em campo sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Aos funcionários e técnicos da UESC e UFV por todas as vezes que me auxiliaram durante as análises em laboratório.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, e ainda que não sejam citados, jamais serão esquecidos.

MUITO OBRIGADA A TODOS!

CARACTERÍSTICAS DE PRODUTIVIDADE E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES POR CACAUEIROS

RESUMO

Estudos sobre a demanda de nutrientes por clones de cacau (*Theobroma cacao* L.) tolerantes à vassoura de bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) são limitados, assim como informações a respeito da produtividade dos mesmos em diferentes sistemas de cultivo, inclusive com relação a níveis de radiação (ou sobreamento) e em sistemas irrigados. Objetivou-se quantificar a produção de amêndoas e de cascas, avaliar o estado nutricional e a exportação de macro e micronutrientes por frutos de clones de cacaueiros tolerantes à vassoura de bruxa. A área experimental está localizada no município de Uruçuca no Sul da Bahia. Foram coletadas amostras de folhas e frutos dos clones: CCN-51, CCN-10, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319. Avaliando-se as seguintes variáveis: biomassa seca da folha (BSF), casca (BSC) e amêndoa (BSA); proporção de amêndoa por fruto (PAF); índice de frutos (IF); produção de amêndoas (PA), resíduo de frutos (RF) e teores de macro e micronutrientes em folhas, cascas e amêndoas, coletadas em duas épocas. Com base nos teores dos nutrientes nas cascas e nas amêndoas e do número de frutos colhidos em 12 meses, calculou-se a exportação anual de nutrientes pelas amêndoas e pelo fruto (amêndoa + casca). Realizou-se a análise de variância, teste de média por Scott Knott ao nível de significância em 5 % de probabilidade e a análise de agrupamento hierárquico aglomerativo pelo método de Ward. Os genótipos CCN-51 e o PS-1319 possuem o melhor perfil agrônomico com características superiores em relação à produção de amêndoas chegando a 7.555 e 5.377 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, e baixo IF por tonelada de amêndoas secas; além de apresentarem, de modo geral, menor exportação de nutrientes. O clone CEPEC 2005 foi o que apresentou, no conjunto, os piores indicadores agrônomicos. Há diferença e também há similaridade entre os materiais genéticos estudados com relação aos teores de nutrientes nas folhas, nas amêndoas e nas cascas, refletindo nas demandas e nas exportações de nutrientes pelos mesmos. Há variações nos teores de alguns nutrientes nas folhas e nas cascas, em função da época de amostragem; contudo, para as amêndoas não se observou essa variação entre épocas para nenhum macronutriente, nem para cobre e zinco. A extração/exportação de nutrientes é maior pela casca do que pela amêndoa do cacau, exceto para N, P e Cu.

Palavras-chave: rendimento , nutrição de plantas, partição de nutrientes.

CHARACTERISTICS OF PRODUCTIVITY AND EXPORTATION OF NUTRIENTS BY CACAO TREES

ABSTRACT

Studies on nutrient demand by witch broom tolerant (*Moniliophthora perniciosa*) clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) are limited, as well as information on their productivity in different cropping systems, including with respect to radiation levels (or overcrowding) and in irrigated systems. The objective of this study was to quantify the production of fruits and beans, to evaluate the nutritional status and the export of macro and micronutrients by fruits of cacao clones tolerant to witches' broom. The experimental area is located in the municipality of Uruçuca in the Southern Bahia, Brazil. Leaf and fruit samples were collected from the clones: CCN-51, CCN-10, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 and PS-1319. The following variables were evaluated: dry leaf biomass (BSF), bark (BSC) and almond (BSA); proportion of almond per fruit (PAF); fruit index (IF); production of beans (PA) and fruit residue (RF). The N contents were determined from the sulfur digestion extract. The contents of P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn were measured from the extract of the nitro-perchloric digestion and the contents of B were obtained from the material incinerated in muffle at 500 ° C. Based on the nutrient contents in the compartments (peels and beans) and the number of fruits harvested in 12 months, the annual export of nutrients by beans and fruit (almond + bark) was calculated. We performed the analysis of variance, mean test by Scott Knott at the significance level at 5% probability and the agglomerative hierarchical grouping analysis by the Ward method. The genotypes CCN-51 and PS-1319 have the best agronomic profile with superior characteristics in relation to the production of beans, reaching 7.555 and 5.377 kg ha⁻¹ year⁻¹, respectively, and low IF for each ton of dry beans. The CEPEC-2005 clone showed high IF (20,630 fruits per t). In the leaves the decreasing order of the contents was: N > K > Ca > Mg > P > S. In general, the order of export of the macronutrients in the fruit was: K > N > P > Mg > Ca > S, the exports were higher in the bark than the almond. The CEPEC-2002 clone showed the highest export and the clones CCN-51 and PS-1319 showed the lowest exports of macronutrients. In general, there was variation of the micronutrient contents in the leaf, the almond and the bark among the genetic materials studied, reflected in the differentiated export. The export of micronutrients to all compartments was similar, with Fe > Mn > Zn > B > Cu. Clones CCN-51 and PS-1319 are high yield clones that have the lowest micronutrient exports.

Keywords: yield, plant nutrition, nutrient partitioning.

SUMÁRIO

	RESUMO	iv
	ABSTRACT	v
1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1	Importância econômica	2
2.2	Produção e produtividade de cacauzeiros	3
2.3	Disponibilidade de nutrientes e nutrição de cacauzeiros	7
2.4	Referências	9
3	VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E PRODUTIVIDADE DE CACAUEIROS	12
	Resumo	12
	Abstract	13
3.1	Introdução	14
3.2	Material e métodos	15
3.3	Resultado e discussão	17
3.4	Conclusões	26
3.5	Referências	26
4	ANÁLISE DO TEOR E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM SETE CLONES DE CACAUEIROS	29
	Resumo	29
	Abstract	30
4.1	Introdução	31
4.2	Material e métodos	32
4.3	Resultado e discussão	35
4.3.1	Macronutrientes	35
4.3.2	Micronutrientes	48
4.4	Conclusões	60
4.5	Referências	61
5	CONCLUSÕES GERAIS	64

1 - INTRODUÇÃO

A produção cacaueteira brasileira mesmo após a crise advinda com a vassoura de bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) e de outras doenças, ainda possui um importante papel no cenário da produção mundial, sendo o 7º maior produtor mundial e um dos principais da América Latina com produção em torno de 270 mil de toneladas, na safra de 2016/2017 (ICCO, 2017; IBGE, 2017). Atualmente, o Estado da Bahia é o principal produtor de cacau do país sendo responsável por 54,1 % da produção nacional (IBGE, 2017).

No Brasil, estima-se que a área cultivada com cacaueteiros esteja nas três principais regiões com distinção no manejo adotado, níveis tecnológicos e produtividade, sendo: a região Sul da Bahia, região Amazônica e a região dos Tabuleiros Costeiros do Extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo (CUENCA e NAZÁRIO, 2004). Estas regiões se destacam por diferenças nos materiais genéticos (predominância do cacau forasteiro), tecnologia adotada e dos sistemas de cultivo, entre os quais se destacam o cultivo sob a mata como “cacau-cabruca”, cultivo em sistema agroflorestal conhecido como SAF (consórcio do cacau com espécies florestais comerciais) e o cultivo a pleno sol irrigado (CONAB, 2014).

O crescimento da produção cacaueteira brasileira nos últimos anos tem sido estimulado pela demanda interna e pelos avanços na pesquisa. Os avanços nas pesquisas concentram-se nos materiais genéticos mais resistentes às doenças e mais produtivos. Outras linhas de pesquisas estão direcionadas para novos sistemas de produção e cultivo em regiões não tradicionais, como o cacaueteiro irrigado a pleno sol e o cultivo em regiões semiáridas (CUENCA e NAZÁRIO, 2004; CODEVASF, 2009). Esse conjunto tecnológico tem impulsionado o aumento progressivo da produção cacaueteira nacional (CHEPOTE et al., 2005).

O conhecimento do balanço de nutrientes de determinada cultura é uma importante ferramenta para avaliar o uso dos fertilizantes aplicados na cultura. O balanço de nutrientes com saldo negativo, no qual a remoção excede a oferta, leva à diminuição da fertilidade do solo e, eventualmente, à redução da produtividade, uma vez que a disponibilidade de nutrientes cai abaixo dos níveis críticos (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2011). A composição mineral dos frutos e a quantidade de nutrientes por eles extraídos é uma importante ferramenta para a formulação de recomendações de adubação (MALAVOLTA et al., 1997). Neste contexto, o manejo nutricional deve proporcionar o equilíbrio entre as exportações e as adições de nutrientes em níveis que suportem uma boa produção da cultura.

A produção de qualquer cultura tem relação com a quantidade de nutrientes que extrai durante seu ciclo produtivo. Parte destes nutrientes é estocada na planta, outra parte é reciclada na queda das folhas e ramos e outra parte é exportada pelos frutos. Embora existam limitações devido aos fatores como diferença entre materiais genéticos e sistemas de produção, bem como ampla diversidade de clima e, principalmente, de solo no cultivo do cacaueteiro, o conhecimento da exportação de nutrientes pela colheita dá a direção sobre a necessidade de reposição nutricional por meio das fertilizações (LAVIOLA e DIAS, 2008).

Com base nesses princípios e por haver uma reduzida quantidade de estudos a respeito da produtividade dos clones individualmente, exportação de nutrientes pela produção, requerimentos nutricionais em plena fase produtiva e ajuste do balanço nutricional para cacaueteiros no Brasil, impulsionou o desenvolvimento deste estudo com o levantamento das hipóteses da tese que serviram de base ao trabalho:

- a) Em condições semelhantes de cultivo e manejo há diferenças de produtividade entre os materiais genéticos.
- b) Há diferença na exportação de nutrientes entre materiais genéticos, seja pelas diferenças de: produtividade, proporção entre casca do fruto e amêndoa e/ou composição mineral destes componentes do fruto.
- c) Materiais genéticos distintos podem ser agrupados por semelhança entre variáveis biométricas e/ou composição mineral de suas seu componentes (folha, amêndoa e casca).

Para testar as hipóteses acima foi desenvolvido este trabalho com o objetivo de quantificar a produção de amêndoas e de cascas, quantificar a exportação de nutrientes por estes compartimentos do fruto de clones de cacaueteiros, de modo que as informações auxiliem em futuros ajustes das recomendações de adubação para o cacaueteiro.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Importância econômica

A ocorrência do cacaueteiro se dá de forma espontânea desde o Sul do México até a Bolívia e nas margens dos rios da Floresta Amazônica, de onde se dispersou em duas direções distintas, através dos Andes até ao Sul do México e descendo o Rio Amazonas para o Norte do Brasil e as Guianas, resultando nas cultivares conhecidas e denominadas Crioulos e Forasteiros, respectivamente (MORAIS et al., 1981; BARTLEY, 2005).

Acredita-se que o centro de origem da espécie esteja situado no Alto Amazonas, nestas condições o cacauero é encontrado no estrato inferior das florestas, em clareiras e bordas dos rios, onde predominam condições de temperatura e umidade elevadas, típicas das regiões de florestas tropicais (VALLE, 2012; LADERACH et al., 2013).

A concentração das maiores áreas produtoras de cacau está entre 10° N e 10° S do Equador, onde o clima é adequado para o cultivo do cacauero (HARTEMINK & DONALD, 2005). A maioria dos sistemas de produção de cacaueros estão estabelecidos em sistemas agroflorestais sob a sombra de grandes árvores, e mais recentemente, têm se introduzido sistemas de monocultivos com crescente expansão (GOCKOWSKI & SONWA, 2011).

Os cacaueros possuem uma grande importância econômica, social e ambiental, pois seu sistema de produção contribui para a conservação ambiental e preservação da biodiversidade nos biomas nos quais está inserido (Mata Atlântica e Amazônia); também gera emprego intensivamente, contribuindo para a fixação do homem no campo; além de poder ser cultivado em consórcio ou em sistemas agroflorestais (SAFs), com diversas espécies florestais e frutíferas, que contribui para o aumento da renda do produtor (SOUZA et al., 2016).

Segundo o ICCO (2010), as questões com o meio ambiente, a sustentabilidade econômica e social desempenham papel de destaque na produção cacauera. O cacauero é uma cultura predominantemente de pequenos agricultores, pois mais de 80 % da produção mundial provém de pequenas propriedades. Calcula-se que mais de três milhões de agricultores estejam diretamente envolvidos com seu cultivo (SOUZA et al., 2016).

A semente seca (amêndoa) dos frutos do cacauero é a matéria-prima para a fabricação de chocolate, manteiga de cacau, líquido ou massa de cacau e subprodutos que são base das indústrias alimentícias, farmacêuticas e de cosméticos. Sua cadeia produtiva é longa e complexa, pois envolve desde os produtores, compradores, indústrias processadoras, chocolateiros e os consumidores, tornando-se a base de um arranjo produtivo que envolve 60 bilhões de dólares anuais a nível mundial (ROSENBLUM, 2006; SOUZA et al., 2016). Em virtude disso, o cacau é classificado como *commodity*, em razão do seu preço ser formado nas bolsas de valores de Londres e Nova York, em virtude do grande volume comercializado, cujo número chega a milhões de toneladas anualmente (SOUZA et al., 2016).

2.2 - Produção e produtividade de cacaueros

A distribuição geográfica da atual produção cacauera no mundo compreende três áreas: a costa oeste da África que corresponde a 73,3 % da produção mundial; Américas (16,7

%) e Ásia (11 %). Na última década, a produção mundial está concentrada, principalmente, nos países Costa do Marfim e Gana, seguido pela Indonésia (FAO, 2015; FAOSTAT, 2015; ICCO, 2017).

A produção mundial de amêndoas de cacau na safra 2015/2016, segundo o ICCO (Organização Internacional do Cacau), ultrapassou 3,9 milhões de toneladas métricas (Tabela 2.1). Somente a Costa do Marfim produziu mais de um milhão e quinhentos mil toneladas na safra 2015/2016, o equivalente a 39,7 % da produção mundial (Figura 2.1). Nota-se que o Brasil representou apenas 3,8 % da produção nesta safra, reflexo da queda na produção brasileira no cenário mundial, saindo da quinta para sétima posição, sendo ultrapassado pelo Equador (5,8 %).

Tabela 2.1 – produção mundial de amêndoas secas de cacau, de 2010/2011 a 2016/2017, em milhões de toneladas métricas

Safra	Produção	Moagem	Estoques
2010/11	4.304	3.914	1.777
2011/12	4.085	3.992	1.706
2012/13	3.929	4.083	1.640
2013/14	4.355	4.281	1.565
2014/15	4.251	4.154	1.626
2015/16	3.981	4.128	1.410
2016/17*	4.700	4.282	1.781

Fonte: ICCO, 2017; Adaptado de Souza et al. (2016).*Previsão em 31/08/2017.

Entretanto, se por um lado o Brasil não tem sido um produtor de destaque, por outro lado tem assumido o papel de mercado consumidor de cacau em constante crescimento, pois atualmente é o sexto maior parque moageiro de cacau no mundo (ICCO, 2017). O consumo anual *per capita* de chocolate está em torno de 2,5 kg por habitante, considerado baixo se comparado aos principais países consumidores, onde o consumo *per capita* está acima de 6,5 kg (MIDDLEJ; SANTOS, 2012; ABICAB, 2014).

No cenário nacional, o cacauzeiro é cultivado em 707 mil hectares, distribuídos em seis estados brasileiros: Bahia, Pará, Espírito Santos, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia. Na safra 2016, juntos somaram uma produção de 214.741 mil toneladas com produtividade média de 304 kg ha⁻¹ (Tabela 2.2). Observa-se que o rendimento da produção brasileira é baixo (IBGE, 2017).

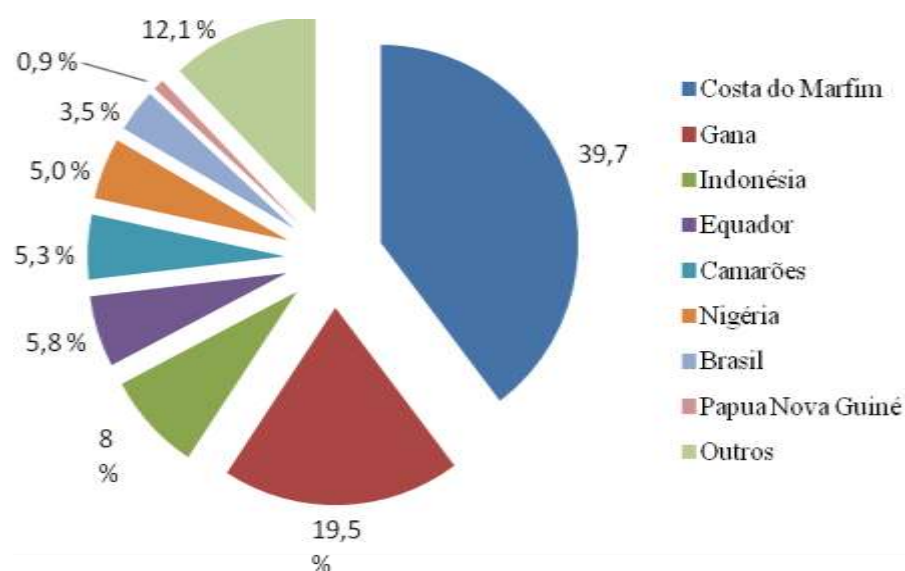


Figura 2.1 – Principais países produtores de cacau e produção percentual.

Fonte: ICCO (2017); Adaptado de Souza et al. (2016).

A produção mundial de cacau de modo geral, é feita sob sistemas tradicionais e os rendimentos são baixos, com média de 550 kg ha^{-1} , exceto em algumas condições muito particulares, com o CCN 51 atingindo, no Equador $2,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e na Indonésia até $3,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (FAO, 2010).

Tabela 2.2 – Produção e produtividade brasileira de amêndoas secas de cacau, de 2010 a 2017, em toneladas

Ano	Área colhida (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg ha^{-1})
2010	660.711	235.389	356
2011	680.484	248.524	365
2012	684.333	253.211	370
2013	692.435	256.186	372
2014	704.122	273.793	389
2015	676.102	273.124	403
2016	707.169	214.741	304
2017	697.190	274.874	394

Fonte: IBGE, 2015; 2017; Adaptado de Souza et al., 2016.

O estado da Bahia é o maior produtor nacional (54,1 %), com um área cultivada de 540 mil hectares, com 33.910 produtores envolvidos diretamente com o cultivo do cacau. A produção baiana em 2016 foi de 116.122 toneladas e, produtividade média de 215 kg ha^{-1} IBGE (2017). No Pará, o segundo maior produtor nacional (40 %), a lavoura gera 40 mil empregos diretos, sendo o cultivo desenvolvido por 15 mil produtores, dos quais 79 % são

agricultores familiares (SOUZA et al., 2016). Segundo dados do IBGE (2015), a área plantada chega a 130 mil ha, com crescimento acentuado, anos após ano. A produção paraense em 2016 chegou a 85.826 toneladas e rendimento médio de 661 kg ha⁻¹, acima da média nacional (IBGE, 2017).

Os rendimentos potenciais de uma cultura são determinados pela localização e características específicas da cultura sob condições ideais, tais como: condições ambientais e fisiologia e fenologia da cultura. Radiação, temperatura, precipitação pluvial e disponibilidade de água, de oxigênio e de nutrientes no solo são exemplos de fatores que afetam a produtividade das culturas, bem como o manejo das mesmas. É frequente que os rendimentos reais sejam menores que os rendimentos potenciais como resultado dos fatores limitantes, em determinado local, conseqüentemente são grande as diferenças de rendimentos, para uma mesma cultura, entre localidades (VAN VLIET et al., 2015).

Na produção cacaeira, três fatores principais influenciam o rendimento, o clima, o solo e os requisitos da cultura, que são os elementos necessários para definir as estratégias de manejo do sistema produtivo. Para melhorar a produção de cacau, os fatores ambientais e suas interações devem ser considerados (RAMOS et al., 2000; VAN VLIET et al., 2015).

O cacaeiro cultivado a pleno sol, com água e nutrientes adequados, protegido do vento, produz muito mais do que sob a sombra. Quando a disponibilidade de nutrientes não é um fator limitante ao desenvolvimento da planta, há uma correlação positiva entre os rendimentos e a intensidade da luminosidade (COSTA et al., 2001; ALMEIDA & VALLE, 2007; SNOECK, 2008).

Em estudo sobre a produção de frutos de cacaeiros a pleno sol e consorciado com outras frutíferas na Costa do Marfim, a produção foi de 64 frutos por árvore por ano (equivalente a 2,54 kg de amêndoas secas de cacau por árvore) para o sistema de cacaeiros solteiros a pleno sol. Entretanto, o rendimento dos cacaeiros consorciados com frutíferas alcançou 50 % a menos da produção do cultivo a pleno sol. Neste trabalho a luminosidade foi importante para o aumento da produção do cacaeiro (KOKO et al., 2013).

O impacto no crescimento e na produtividade depende da genética, que determina as características fisiológicas e morfológicas. Entre os fatores climáticos, a temperatura; o regime pluviométrico, apesar da sua importância, pode ser complementado com irrigação; a radiação solar e a umidade relativa interferem nos mecanismos fisiológicos da planta (TAIZ E ZEIGER, 2013).

2.3 - Disponibilidade de nutrientes e nutrição de cacauzeiros

Os solos minerais contêm entre 90 e 99 % de minerais e de 1 a 10 % de matéria orgânica, como fontes primárias de nutrientes. No entanto, as fontes reduzem com o tempo, a depender do tipo de solo e da intensidade de sua utilização pela agricultura. Neste caso, faz-se necessário adicionar os nutrientes que estão em insuficiência (HARTEMINK & DONALD, 2005). Para alcançar alta produtividade, o cacauzeiro exige solo de média a alta fertilidade. Em muitas áreas de cultivo do cacauzeiro, o teor de nutrientes do solo sem aplicação de fertilizantes é baixo, especialmente se foi cultivado por muito tempo (HARTEMINK & DONALD, 2005; BALIGAR et al., 2006).

De acordo com a intensidade da demanda, os nutrientes minerais são classificados em macro elementos: N, P, K, Ca, Mg e S; e micro elementos: Cu, Fe, Mn, Ni, Z, B, Cl e Mo. No entanto, todos são igualmente essenciais para o metabolismo e desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA, 2006). As plantas absorvem quantidade de nutrientes do solo em proporções específicas e é importante que essas proporções no solo permaneçam equilibradas para facilitar sua absorção. Embora os nutrientes tenham diferentes funções no desenvolvimento da planta, todas as deficiências de nutrientes acabarão por reduzir a produtividade.

Os nutrientes associados ao metabolismo são encontrados em maior concentração nos estágios iniciais da formação de uma folha ou outro órgão. Em seguida, há uma diminuição nesse concentração, em consequência de aumento da parede celular durante a expansão da folha e pela redistribuição de nutrientes durante a senescência foliar (MARSCHNER, 1995; EPSTEIN e BLOOM, 2006; TAIZ E ZEIGER, 2013).

Com relação à nutrição do cacauzeiro faz-se necessário entender como os nutrientes são acumulados e exportados pela cultura. Os conceitos da nutrição de plantas como extração, partição e exportação auxiliam no entendimento de como os nutrientes são transportados nos diferentes compartimentos da planta. A extração pode ser definida como a quantidade total dos nutrientes extraídos ou acumulados pela lavoura em um período de tempo; a partição consiste na distribuição diferencial dos nutrientes para os órgãos da planta e a exportação refere-se a quantidade de nutrientes que são retirados da lavoura durante a colheita (EPSTEIN e BLOOM, 2006). No caso do cacauzeiro as perdas por exportação ocorrem especificamente pelas amêndoas que são comercializadas e retiradas da lavoura, enquanto as folhas e as cascas permanecem na área de cultivo, porém na maioria dos cultivos estas cascas não são uniformemente distribuídas na área (SOUZA JÚNIOR et. al., 2012).

Na fase de estabelecimento, o cacaueteiro imobiliza quantidades de nutrientes, para formar a estrutura da copa. No estágio produtivo, essa tendência diminui, uma vez que grande parte dos minerais são utilizados na formação dos frutos (AMORES et al., 2009). Sánchez et al. (2005) destacam a importância de fornecer os nutrientes adequados, de acordo com o desenvolvimento e produção da cultura em geral, e inclui estimativas da quantidade de nutrientes absorvidos pelo cacaueteiro em diferentes estágios de desenvolvimento.

No estudo sobre a partição da biomassa de cacaueteiro Silva (2009), observou que os órgãos que mais extraem nutrientes são os galhos, raízes e folhas, sendo que a maior produção de biomassa se concentra nos galhos. O acúmulo de biomassa é crescente até a fase madura. Entre os nutrientes mais requeridos está o nitrogênio (N) e o potássio (K). Nas folhas foram extraídos em torno de 622 kg ha⁻¹ de N e 248 kg ha⁻¹ de K, enquanto nos frutos a casca exportou 18,3 kg ha⁻¹ de N e 69,4 kg ha⁻¹ de K, e as amêndoas retiraram 38,7 kg ha⁻¹ de N e 20,4 kg ha⁻¹ de K.

Sujatha e Bhat (2013) observaram que a fertirrigação aumenta a produtividade quando atende a demanda nutricional da planta. Ao compararem três anos de produção de cultivos solteiros e consorciados observaram que houve aumento dos teores foliares de N e K entre duas safras, estes autores observaram que a cultura poderia ser sustentada com apenas NPK, mas a análise foliar sugeriu maior exigência nutricional que poderia refletir no aumento da produção além daquele que foi encontrado, logo concluíram que a aplicação dos fertilizantes deve ser baseada no rendimento da produção associado à análise de solo e da análise foliar da planta.

O suprimento anual de nutrientes para repor aqueles que foram exportados pelas plantas de cacaueteiros pode ser calculado a partir do balanço nutricional. Alguns autores indicam valores de referência ou enfatizam índices ótimos entre nutrientes (SNOECK et al., 2010, SOUZA JUNIOR et al., 2012).

O conhecimento do balanço de nutrientes de determinada cultura é uma importante ferramenta para avaliar o uso dos fertilizantes aplicados na cultura e representa a diferença entre a exportação de nutrientes pela colheita e a entrada de nutrientes no sistema. O balanço de nutrientes com saldo negativo, no qual a remoção excede o uso, leva à diminuição da fertilidade do solo e, eventualmente, à redução da produtividade, uma vez que o suprimento de nutrientes cai abaixo dos níveis críticos (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2011). Neste contexto, o manejo nutricional deve proporcionar o equilíbrio entre as exportações e as

adições de nutrientes em doses que suportem uma boa produção da cultura e com reduzida perda dos nutrientes.

2.4 – Referências

ABICAB – Associação Brasileira da Indústria de Chocolate, Amendoim, Balas e Derivados, 2014. <http://www.agricultura.gov.br/camaras-setoriais/o-potencial-de-mercado-para-o-chocolate.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2018.

AMORES, F.; PALACIOS, A.; JIMÉNEZ, J.; ZHANG, D. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nororiente de la provincia de esmeraldas. **Boletim Técnico**. Quevedo, Los Ríos, Equador: INIAP. n. 135, 2009. 120 p.

BALIGAR, V. C., FAGERIA, N. K., MACHADO, R. C.; MEINHARDT, L. Concentration and uptake of P, Zn and Fe as influenced by soil acidity, and levels and forms of N, P and Fe in cacao. 15th International Cocoa Research Conference. COPAL, Costa Rica. 2006. p. 723-729. Anais.

BARTLEY, B. G. D. **The Genetic Diversity of Cacao and its Utilization**. CABI Publishing, Wallingford. 2005.

CHEPOTE, R. E. et al. **Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacau no Sul da Bahia - 2ª aproximação**. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC, 2005. 36p.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Cadeia produtiva de cacau: oportunidade de investimento em cacauicultura no Vale do São Francisco e do Parnaíba**. Centro de Conhecimento em Agronegócios. Brasília, DF: CODEVASF, 2009. 33 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Mensal**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_06_11_11_38_00_cacaumaio2013.pdf. Acesso em: 01 de junho de 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária – Safra 2014/2015**. Brasília: CONAB, v.2, 2014, 155 p.

COSTA, L. C. B.; ALMEIDA, A. A. F.; VALLE, R. R. Gas exchange, nitrate assimilation and dry-matter accumulation of *Theobroma cacao* seedlings to different irradiances and assimilation nitrogen levels. **J. Hort. Sci. Biotech.** 762:224-230. 2001.

CUENCA, M. A. G.; NAZÁRIO, C. C. **Importância Econômica e Evolução da Cultura do Cacau no Brasil e na Região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia entre 1990 e 2002**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004.25p.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira (1988 a 2010). **Informações Agronômicas**, INPI- Piracicaba, n.135, 2011, 7p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAO - Food and Agricultural Organization. **Commodity Market Review**. Rome: Italy, 2010. 189 p.

FAO - Food and Agricultural Organization. **FAO statistics**. Rome: Italy, 2015. FAOSTAT Database Gateway. Disponível: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 15 de setembro de 2016.

FAOSTAT . Download data (<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>). Production Quantity; Cocoa, beans; All countries; 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Accessed: 21-01-2017.

GOCKOWSKI, J.; SONWA, D. Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO₂ emissions, biodiversity conservation, and rural livelihoods in the Guinea Rainforest of West Africa. **Environmental Management**, v.48, p.307-321, 2011.

HARTEMINK, A. E.; DONALD, L. S. Nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: A review. **Advances in Agronomy**, 2005 . pp. 227-253. Academic Press.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. v.30, n.1, 81 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal - Cultura temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. v.42, 57p.

ICCO - International Cocoa Organization. **Anais da Conferência das Nações Unidas sobre o Cacau**. Genebra, 21 a 25 de junho de 2010. Convenção Internacional do Cacau, 2010, 37p.

ICCO - International Cocoa Organization. **Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics - Cocoa year 2013/14**. Volume 40, No. 2, 2014. 102p.

ICCO - International Cocoa Organization. **Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics - Cocoa year 2016/17**. London (UK): ICCO, 2017. v. 43, n. 3, 2017. 10p.

KOKO, L. K. et al. Cacao-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire. **Agroforestry Systems** Vol. 87: 1043-1052, 2013. DOI 10.1007/s10457-013-9619-8.

LÄDERACH, P. et al. Predicting the future climatic suitability for cocoa farming of the world's leading producer countries, Ghana and Côte d'Ivoire. **Climatic Change**, v.119, 841-854.2013.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1995. 902p.

MIDDLEJ, R. R.; SANTOS, A. M. Economia do cacau. In: VALLE, R.R. (Ed.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**. 2 ed. Brasília, DF: CEPLAC/MAPA, 2012. p. 655-672.

- MONTEIRO, W. R.; AHNERT, D. **Melhoramento genético do cacau** In: VALLE, R. R. (Ed.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**. Brasília, DF: CEPLAC, 2012. p. 11-29.
- MORAIS, F. I. de O.; SANTANA, M. B. M.; SANTANA, C. J. L. de. **Nutrição mineral e adubação do cacau**. Comunicado técnico N° 88 Belém, CEPLAC/DEPEA/COPEP, 1981. 51p.
- RAMOS, G., RAMOS, P.; AZÓCAR, A. **Manual del productor de cacao**. Producciones Karol. Mérida, Venezuela. p. 27-28. 2000.
- ROSENBLUM, M. **Chocolate – uma saga agridoce preta e branca**. Tradução por Talita M. Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 2006. 381 p.
- SÁNCHEZ, L. et al. Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con N P K, en el sureste del estado Táchira, Venezuela. En: **Bioagro** 17(2): 119-122. 2005. Nota Técnica.
- SILVA, V. O. **Produção e partição de biomassa e nutrientes e parametrização de um sistema para recomendação de N, P e K para cacaueiros**. 2009. 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.
- SNOECK, D. et al. Mapping fertilizer recommendations for cocoa production in Ghana using soil diagnostic and GIS tools. **West African Journal of Applied Ecology**, 17, 97-107, 2010.
- SNOECK, D. The soil diagnostic method for formulating fertilizer requirements of cocoa in Ghana. CIRAD. 15th International cocoa research Conference. 2008. 387-396 p.
- SOUZA JÚNIOR, J. O. et al. **Diagnose Foliar na Cultura do Cacau**. In: Prado, R. M. (Ed.). **Diagnose de plantas: diagnose foliar em frutíferas**. p. 443-476. 2012.
- SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. S.; AGUILAR, M. A. G. Importância Econômica e Social. In: SOUZA, C. A. S. et al. (Ed.) **Cacau: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. p. 9-40.
- SUJATHA, S.; BHAT, R. Impact of drip fertigation on arecanut–cocoa system in humid tropics of India. **Agroflorestry Systems** v. 87: 643-656, 2013. DOI 10.1007/s10457-012-9585-6.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.
- VAN VLIET, J. A., SLINGERLAND, M.; GILLER, K. E. **Mineral nutrition of cocoa**. A Review. Wageningen University and Research Centre, Wageningen. 2015. 57p.

3 - VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E PRODUTIVIDADE DE CACAUEIROS

RESUMO

O cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) é uma das espécies de relevante importância econômica no Brasil, como um dos principais produtores mundiais de cacau. O objetivo deste estudo foi avaliar parâmetros biométricos de sete clones de cacauzeiros tolerantes à vassoura de bruxa (CCN-10, CCN-51, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319). Utilizaram-se quatro plantas por parcela e oito repetições. Os cacauzeiros, com espaçamento de 3 x 3 m, tinham seis anos e cultivados em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis*), com fileiras espaçadas a cada 21 m. Procedeu-se a colheita e contagem de frutos durante um ano, sendo amostrado em duas épocas folhas e frutos, visando a obtenção das seguintes variáveis: biomassa seca da folha (BSF), casca (BSC) e amêndoa (BSA); proporção de amêndoa por fruto (PAF); Índice de frutos (IF); produção de amêndoas (PA) e resíduo de frutos (RF). Realizou-se análise de variância, teste de média por Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade e análise de agrupamento hierárquico aglomerativo pelo método de Ward. Os clones CCN-51 e PS-1319 apresentaram o melhor perfil agrônomico com características superiores em relação à produção de amêndoas chegando a 7.555 e 5.377 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, e baixo índice de frutos para cada 1000 kg de amêndoas secas. O clone CEPEC 2005 foi o que apresentou, no conjunto, os piores indicadores agrônomicos.

Palavra-chave: *Theobroma cacao*, rendimento, agrupamento hierárquico.

BIOMETRIC VARIABLES AND PRODUCTIVITY OF CACAO TREES

ABSTRACT

Cacao (*Theobroma cacao* L.) is one of the most important species of economic importance in Brazil, being among the main world producers of Cacao. The objective of this study was to evaluate the biometric parameters of witch-broom tolerant cacao trees, in which seven clones were studied (CCN-10, CCN-51, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 and PS-1319). The cultivation of cacao, with spacing of 3 x 3 m, was carried out in a consortium with rubber tree (*Hevea brasiliensis*). Sampling was carried out at two sampling times where leaves and fruits were collected, and the following variables were evaluated: leaf dry biomass (BSF), bark (BSC) and almond (BSA); proportion of almond per fruit (PAF); Fruit index (IF); production of beans (PA) and fruit residue (RF). We performed the analysis of variance, mean test by Scott Knott at the 5% probability level and the agglomerative hierarchical grouping analysis by the Ward method. Clones CCN-51 and PS-1319 presented the best agronomic profile with superior characteristics in relation to almond production reaching 7,555 and 5,377 kg ha⁻¹ year⁻¹, respectively, and low fruit index for each 1000 kg of dried beans. The CEPEC 2005 clone should be avoided in cash crops because it has a high fruit index (20,630 fruits per ton).

Keywords: *Theobroma cacao*, yield, hierarchical grouping.

3.1 - Introdução

O cacau possui grande importância econômica, social e ambiental, pois seu sistema de produção contribui para a conservação ambiental e preservação da biodiversidade nos biomas nos quais está inserido no Brasil (Mata Atlântica e Amazônia) gera emprego no campo, além de poder ser cultivado em consórcio ou em sistemas agroflorestais (SAFs) com diversas espécies florestais e frutíferas, que contribui para o aumento da renda do produtor (SOUZA et al., 2016).

A concentração das maiores áreas produtoras de cacau estão entre as latitudes 10° ao norte e 10° ao sul da linha do Equador, onde o clima é adequado para o cultivo de cacau (HARTEMINK & DONALD, 2005). A maioria dos sistemas de produção de cacau estão estabelecidos em sistemas agroflorestais sob a sombra de grandes árvores, e mais recentemente, têm se introduzido sistemas de monocultivos com crescente expansão (GOCKOWSKI & SONWA, 2011).

A introdução de novos cultivares na cacauicultura brasileira pode ser uma alternativa para a problemática referente a baixa produtividade e a alta incidência de doenças fúngicas, dentre as quais se destacam a Vassoura de bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) e a podridão parda (*Phytophthora* spp.). O controle destas doenças ocorre por meio de podas de saneamento, controle químico e uso de genótipos resistentes (OLIVEIRA e LUZ, 2005). Na seleção de materiais genéticos tolerantes/resistentes às doenças fúngicas outras características são associadas, como: alta produtividade, maior qualidade de amêndoa, melhor arquitetura de copa ou de baixo porte, o que permite maior densidade de plantas e facilidade na aplicação das práticas agrícolas, como: poda, controle fitossanitário e colheita (PEREIRA e VALLE, 2012). Pereira e Valle (2012) listaram as variedades de clones indicadas para o plantio comercial que apresentam produtividade e tolerância satisfatórias a doenças fúngicas dentre eles estão os clones CCN-10, CCN-51, CEPEC-2002, CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319.

Além da tolerância às doenças, outro fator que deve ser considerado é o tipo de solo onde é cultivada a cultura, pois o solo é tão importante quanto o material genético para obter-se uma melhor produtividade. Para expressarem plenamente seu potencial genético algumas plantas necessitam serem cultivadas em condições favoráveis aos fatores relacionados com o crescimento e desenvolvimento vegetal (NAKAYAMA et al., 1998; COSTA, 2006).

Independente da grande difusão de clones tolerantes às doenças fúngicas nas regiões cacaueiras, há limitada informação sobre o real potencial produtivo destas plantas em diferentes categorias edáficas, climáticas e de manejo (SOUZA JÚNIOR et al., 2012).

Portanto, esse estudo foi realizado com o objetivo de quantificar a produção mensal e anual de frutos de sete clones de cacauzeiros cultivados a pleno sol.

3.2 – Material e métodos

A área de estudo está situada na Fazenda São José, na latitude 14°20'30'' Sul e longitude 39°08'31'' Oeste, localizada a 30 km da sede do município de Ilhéus, Região Sul da Bahia. A altitude média da região é de 100 m, com predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo e com vegetação primária de Mata Atlântica, que foi substituída por pastagem e posteriormente pela lavoura de cacau. O clima é Af, conforme a classificação de Köppen, com chuvas bem distribuídas e ausência de estação seca, com temperatura média variando entre 21°C e 27°C, precipitação anual média variando entre 1700 a 1900 mm (ALMEIDA, 2001).

A área experimental tem sistema de irrigação localizada, com microaspersores espaçados de 6 x 6 m, ou seja, um microaspersor para cada quatro plantas, com vazão de 32 L h⁻¹. No período experimental, na maioria dos meses a precipitação foi acima de 100 mm (Figura 3.1), ficando acima da evapotranspiração, sendo que nestes meses o sistema de irrigação foi utilizado apenas para a aplicação de fertilizantes. Contudo, nos últimos meses do experimento, a partir de setembro de 2015, a precipitação mensal foi baixa (figura 3.1) e o sistema de irrigação foi utilizado para o fornecimento complementar de água para as plantas, sendo que nos períodos sem chuvas destes meses fizeram-se irrigações a cada dois dias, sendo o tempo de irrigação em torno de três horas.

Os materiais genéticos escolhidos para compor o estudo são tolerantes a vassoura de bruxa, sendo sete clones auto-compatíveis: CCN-10, CCN-51, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319, todas as plantas com seis anos em fase de produção. Os cacauzeiros, com espaçamento de 3 x 3 m, tinham seis anos e cultivados em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis*), com fileiras espaçadas a cada 21 m. O arranjo experimental para cada clone foi de oito repetições, com a unidade experimental de quatro plantas, totalizando 224 plantas, em delineamento inteiramente casualizado.

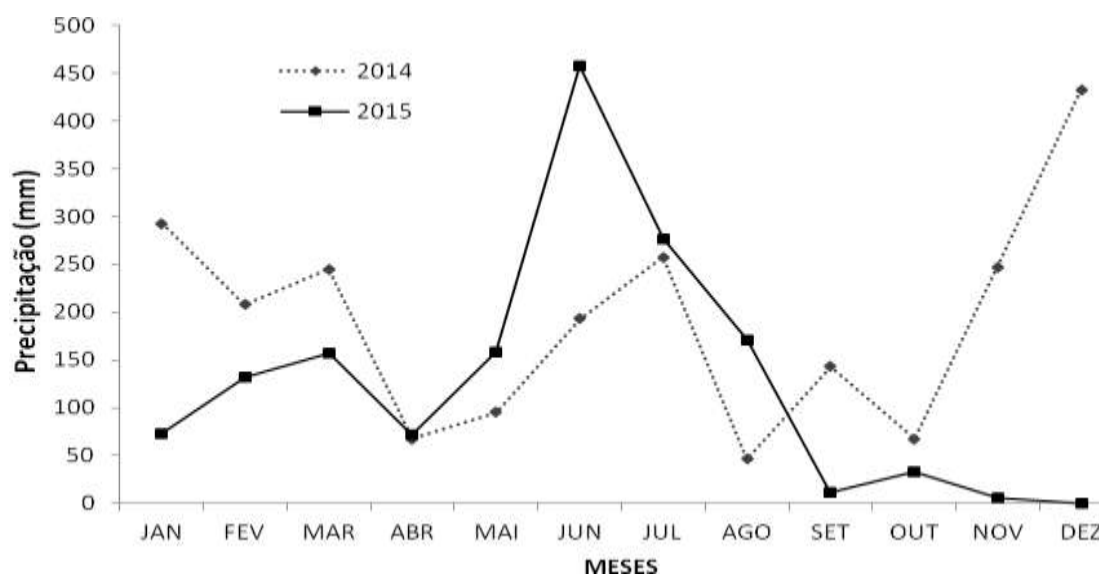


Figura 3.1 – Precipitação pluviométrica da área experimental da Fazenda São José / Ilhéus-BA, nos anos de 2014 e 2015.

Fonte: Estação Meteorológica da área experimental

Nos meses de janeiro/fevereiro de 2015 e agosto/setembro de 2015 coletou-se um fruto de tamanho médio por planta para análise química. Em janeiro de 2015 e janeiro de 2016 foram coletadas quatro folhas-diagnóstico por planta para avaliação dos teores de nutrientes (CHEPOTE et al., 2012; SOUZA JÚNIOR et al., 2012). As amostras foram processadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

O fruto foi pesado visando à obtenção de sua biomassa fresca, posteriormente foi separado em casca (neste caso, entenda-se casca mais placenta) e amêndoa, sendo que estes componentes do fruto e as folhas foram secas em estufa de circulação forçada a 65 °C, até massa constante, visando obtenção da massa seca. Todo o material foi triturado em moinho tipo Willey para posteriores análises químicas.

As variáveis analisadas foram: biomassa seca da folha (BSF); biomassa fresca do fruto (BFF); biomassa seca da casca (BSC); biomassa seca amêndoa (BSA); proporção de amêndoa por fruto ($PAF = [BSA / (BSC + BSA)] \times 100$); índice de frutos (IF) que corresponde ao número de frutos por tonelada de amêndoa seca; produção anual de amêndoas (PA) e resíduo anual de frutos (RF). Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo os clones as parcelas e as épocas da coleta de folhas e de frutos as subparcelas.

Para a estimativa da produção mensal e anual de amêndoas secas, procedeu-se, duas vezes por mês, a contagem e colheita dos frutos maduros por planta, no período de novembro

de 2014 a outubro de 2015. Posteriormente o número de frutos colhidos por mês foi multiplicado pela BSA do fruto amostrado em cada semestre. Raciocínio semelhante foi utilizado para estimar a produção anual de casca ou resíduo de fruto (RF).

Procedeu-se a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Scott Knott, visto que este teste visa a separação de médias de tratamentos em grupos distintos, por meio da minimização da variação dentro e maximização da variação entre grupos. Posteriormente, executou-se a análise de agrupamento hierárquico aglomerativo, com ênfase no método aplicado de Ward, que consiste em determinar como a similaridade é definida entre agrupamento de múltiplos membros no processo (HAIR et al., 2009). O método de Ward difere de outros métodos de agrupamentos no sentido de que a similaridade entre dois agrupamentos não é uma única medida de similaridade, mas a soma dos quadrados dentro dos agrupamentos feita sobre todas as variáveis, ou seja, tem como estratégia a agregação baseado na variância.

3.3 – Resultado e discussão

3.3.1 - Variáveis biométricas

Dos compartimentos folha, casca e amêndoa de cacau em função das duas épocas de coletas, apenas para a biomassa seca da folha (BSF) houve diferença estatística entre as épocas de coleta, indicando que os pesos dos componentes do fruto (casca e amêndoa) foram pouco influenciados pelo período de coleta, o oposto do ocorrido para folha (Tabela 3.1). As variáveis biométricas relacionadas à produção – biomassa fresca do fruto (BFF), biomassas secas da casca (BSC) e da amêndoa (BSA), proporção de amêndoa por frutos (PAF) e índice de fruto (IF) – não sofreram interferência em função da época de coleta e também apresentaram menores coeficientes de variação (CVs), evidenciando baixa variabilidade destas características entre épocas. Por outro lado, ocorreu o oposto para as variáveis produção de amêndoa (PA) e resíduo de fruto (RF), que refletem a produção total de frutos, ou seja, houve diferença significativa entre as épocas e CV elevado, indicando alta variabilidade entre épocas para estas variáveis (Tabela 3.1).

Houve efeito significativo ($p < 0,05$), entre os clones, para todas as variáveis da biomassa seca dos compartimentos estudados (Tabela 3.2). Os CVs das BSF, BFF, BSC e BSA apresentaram uma variabilidade semelhante ao de outros estudos (PINTO, 2013;

SILVA, 2015; ALEXANDRE et al., 2015). Porém, para as variáveis PA e RF a variabilidade entre os clones foi alta (42,9 e 40,2 %, respectivamente).

Tabela 3.1 – Componentes biométricos em função da época de coleta

Coleta	BSF	BFF	BSC	BSA	PAF	IF	PA	RF
	g por folha	----- g por fruto -----			%	frutos por t	---- kg ha ¹ ano ¹ ----	
Coleta 1	1,83 a	644,8 ns	69,2 ns	56,8 ns	44,8 ns	18.896 ns	1.043 b	1.125 b
Coleta 2	1,09 b	615,1 ns	65,8 ns	55,8 ns	45,9 ns	19.374 ns	3.454 a	3.726 a
CV ¹ (%)	22,1	15,9	19,5	15,8	9,9	20,8	50,6	50,7

Biomassa seca da folha (BSF); biomassa fresca do fruto (BFF); biomassa seca da casca (BSC); biomassa seca amêndoa (BSA); proporção de amêndoa por fruto (PAF); índice de frutos (IF); produção de amêndoa (PA) e resíduo de frutos (RF). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Nenhuma significância (ns) observada em relação aos tratamentos. ¹ Coeficiente de variação do experimento.

Os clones PS-1319, CCN-51 e CEPEC-2007 apresentaram as maiores médias para a variável BSF. Os clones analisados apresentaram valores médios de BFF variando de 494,1 g a 766,1 g, sendo o peso médio dos clones, do fruto fresco, de 629,7 g (Tabela 3.2).

Quanto à biomassa seca da casca por fruto (BSC), os clones foram separados em dois grupos, aqueles clones que produziram mais biomassa de casca (CCN-10, CCN-51 e CEPEC-2007), com médias entre 73,9 e 81,4 g, e os que produziram menos biomassa de casca (PH-15, PS-1319, CEPEC-2002 e CEPEC-2005), com médias entre 53,6 e 64,2 g (Tabela 3.2). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Silva (2015), que trabalhou com estes mesmos clones, em que os CCN-10 e CCN-51 apresentaram as maiores médias com 89,6 e 86,2 g, respectivamente. Pinto (2013), em seu trabalho com o clone PH-16 na região úmida do Sul da Bahia, encontrou média de 64,5 g de BSC, resultado este que se assemelha aos clones de menor acúmulo de massa deste estudo e aos resultados de Silva (2015).

No que se refere à biomassa seca de amêndoa por fruto (BSA), os clones foram divididos em três grupos, sendo CCN-10, CCN-51 e CEPEC-2007 com as maiores médias (64,3 a 71,1 g), PS-1319 com 56,2 g, e os menores valores de média nos clones PH-15, CEPEC-2002 e CEPEC-2005, que produziram entre 42,8 e 47,0 g de BSA (Tabela 3.2). No ano de 2014 e na mesma área experimental, com as plantas mais jovens (cinco anos de idade), Silva (2015) encontrou resultados de BSA semelhante para o clone CCN-51 (69,9 g), superior para o CCN-10 (70,9 g) e inferior para os demais clones.

Tabela 3.2 – Componentes biométricos dos sete clones estudados

CLONE	BSF	BFF	BSC	BSA	PAF	IF	PA	RF
	g por folha	----- g por fruto -----			%	frutos por t	----- kg ha ¹ ano ¹ -----	
CCN 10	1,32 b	739,0 a	81,4 a	64,3 a	45,5 b	14.141 b	3.878 c	4.611 b
CCN 51	1,55 a	766,1 a	81,0 a	71,1 a	48,7 a	12.652 b	7.555 a	7.937 a
CEPEC 2002	1,39 b	572,3 b	57,4 b	42,8 c	45,2 b	21.397 a	3.746 c	4.451 b
CEPEC 2005	1,42 b	499,3 c	64,2 b	46,4 c	44,8 b	20.630 a	1.859 d	2.173 c
CEPEC 2007	1,49 b	710,1 a	73,9 a	66,7 a	50,7 a	13.687 b	3.911 c	3.913 b
PH 15	1,37 b	494,1 c	53,6 b	47,0 c	48,6 a	21.034 a	3.174 c	3.268 c
PS 1319	1,69 a	627,0 b	63,9 b	56,2 b	49,3 a	16.172 b	5.377 b	5.507 b
Média	1,46	629,7	67,9	56,4	47,5	17.102	4.214	4.551
CV ¹ (%)	8,7	17,8	16,3	19,9	4,9	22,3	42,9	40,2

Biomassa seca da folha (BSF); biomassa fresca do fruto (BFF); biomassa seca da casca (BSC); biomassa seca amêndoa (BSA); proporção de amêndoa por fruto (PAF); índice de frutos (IF); produção de amêndoa (PA) e resíduo de frutos (RF). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. ¹ Coeficiente de variação entre os clones.

Quanto à variável proporção de amêndoa por fruto (PAF), que é uma variável de interesse para o produtor, pois informa de maneira integrada a proporção de amêndoa e de casca que está sendo produzida por fruto (Tabela 3.2), os clones CCN-51, CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319 agruparam-se com as maiores médias de PAF (entre 50,7 a 48,7 %), sendo superiores às médias encontradas por Alexandre et al. (2015) e Silva (2015), que avaliaram os mesmos materiais genéticos. Na pesquisa realizada por Silva (2015), também no sul da Bahia, os clones CCN-51 e PS-1319 similarmente ao encontrado nesta pesquisa destacaram-se em PAF.

O índice de fruto (IF) corresponde à quantidade de frutos necessária para a produção de uma tonelada de amêndoas secas, sendo que quanto maior for o peso da amêndoa por fruto, menor será a quantidade de frutos necessária para se alcançar uma tonelada de amêndoas secas. Ou seja, é uma variável interessante no que se refere à operacionalidade da colheita, que envolve a quebra e o descaroçamento do fruto. Como observado na tabela 3.2, os clones CEPEC-2002 e CEPEC-2005 apresentam as maiores médias de IF (21.397 e 20.630 frutos por tonelada, respectivamente) e também as menores médias de BSA (42,8 e 46,4 g por fruto, respectivamente), tal característica torna estes clones menos interessantes, pois requer mais mão-de-obra para a quebra de maior número de frutos que são necessários para a obtenção de uma tonelada de amêndoas secas, ressaltando-se que predominantemente a quebra do cacau do campo é feita de forma manual.

Na área experimental observa-se que a produção amêndoas (PA) por ano, de todos os clones, foi muito superior à média brasileira, a qual tem oscilado nos últimos anos entre 300 a 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (IBGE, 2017). Verifica-se que a maior média de produção de amêndoas (PA) foi para o clone CCN-51 (7.555 kg ha⁻¹ ano⁻¹), este também apresentou em relação ao resíduo de fruto (RF) a maior média entre os clones estudados, sendo 7.937 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 3.2). Mas, destaca-se que os clones que apresentaram as melhores médias para PA foram os clones CCN-51 e PS-1319 (5.377 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e, conseqüentemente, também apresentaram médias baixas de IF. O clone CEPEC-2005 foi o clone com o menor produtividade, alcançando média de 1.859 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Mora et al. (2011) avaliando o efeito de três níveis de adubação em cacauzeiros sombreados e com densidade de 1200 plantas por hectare, encontraram produtividade de 2.851 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de amêndoas secas. Páramo et al. (2014) avaliando a produção de clones sob diferentes níveis adubação com NPK e densidade de 952 plantas por hectare, encontraram 2.020 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de amêndoa seca para o clone CCN-51, sendo 73 % menor ao encontrado neste estudo.

Nos resultados encontrados por Alexandre et al. (2015), o clone CCN-51 também obteve resultado superior em produção de amêndoas quando comparado com os clones: CEPEC-2002, PH-15 e PS-1319. Estudos realizados por Pereira e Valle (2012), comprovaram que além da produtividade satisfatória, o clone CCN-51 apresentou tolerância a doenças fúngicas, o que corrobora para a eficiência produtiva desse clone. Em estudos realizados por Costa et al. (2014), também no sul da Bahia, encontrou-se incidência de vassoura de bruxa inferior a 5 % nas folhas do clone CCN-51, o que certamente contribui para uma maior produção de frutos.

3.3.2 – Produção mensal

Na Figura 3.2 encontra-se a distribuição mensal da produtividade em kg ha⁻¹ de amêndoas secas de cacau para os sete clones estudados. O gráfico evidencia que todos os clones produziram em todos os meses, porém a produção concentrou-se entre os meses de julho a setembro.

De acordo com a CEPLAC (2015) a “safra principal” abrange os meses de novembro a fevereiro, mas durante o experimento a produção mensal neste período foi menor. A produção da área experimental ascende a partir do mês de maio, coincidindo com a chamada safra temporã, que compreende os meses de abril a agosto. Os clones CCN-51, PS-1319,

CCN-10 e PH-15 obtiveram os picos de produção no mês de julho com 2.757, 1.344, 886 e 647 kg ha⁻¹, respectivamente. Enquanto os clones CEPEC-2007, CEPEC-2002 e CEPEC-2005 apresentaram picos máximos de produção no mês de setembro com 1.162, 1.002 e 625 kg ha⁻¹, respectivamente.

O clone CCN-51 obteve nos meses de junho e julho picos de produção superiores aos demais clones pesquisados. Os resultados deste estudo foram superiores aos informados em literatura para estes materiais genéticos (VALLE, 2012; SILVA, 2015; SOUZA et al., 2016).

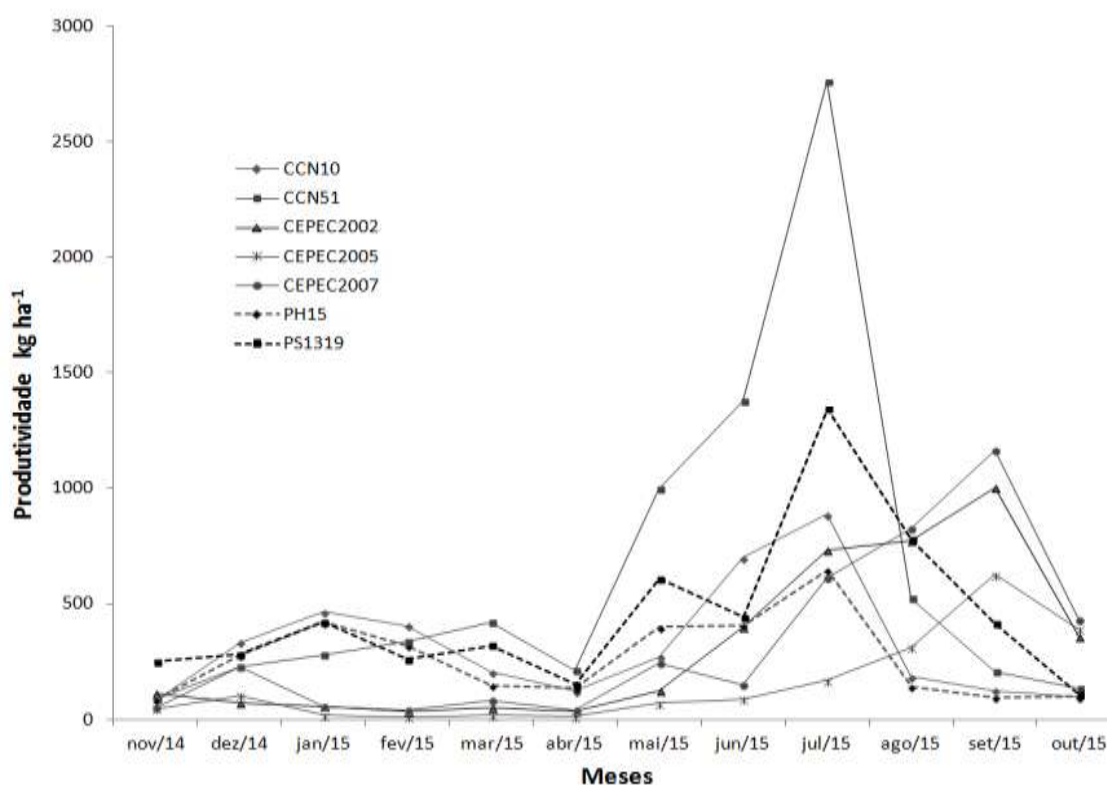


Figura 3.2 – Distribuição da produção mensal de amêndoas secas de sete clones de cacauzeiros.

3.3.3 – Agrupamento entre épocas de coleta

A Figura 3.3 mostra o dendrograma da análise de agrupamento para os clones considerando as variáveis biométricas das coletas inicial e final, nesta figura identificam-se os clones que tem características similares entre si. Os dados foram coletados em dois momentos, condições climáticas normais e durante a estiagem (coleta inicial e final), nos quais foram analisadas as variáveis biométricas das plantas de cacauzeiros. Neste caso a

análise de agrupamento ficou restrita às variáveis de produção (PAF, IF, RF e PA) dos frutos, além de que estas variáveis são características agrônômicas que determinam o perfil desejável de um material genético comercial.

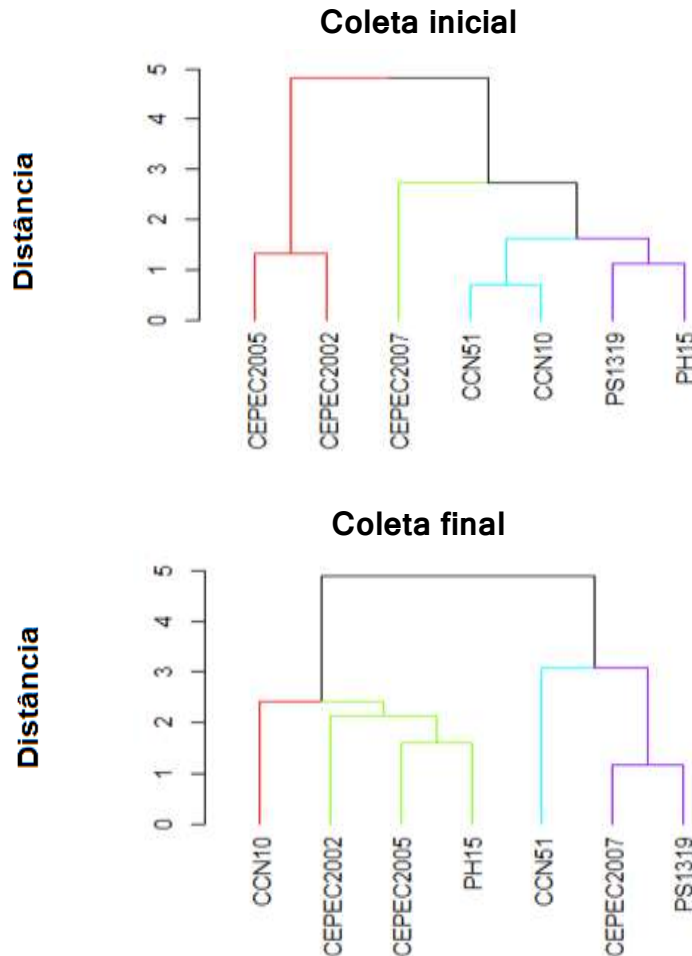


Figura 3.3 – Agrupamento hierárquico para os componentes de produção de sete clones de cacaueros em função da época de coleta.

O IF, o RF e a PA foram as variáveis biométricas que mais expressaram a diversidade genética dos quatro grupos observados. Alexandre et al. (2015), ao avaliarem sete clones de cacau e dentre eles os clones CCN-51, CCN-10, CEPEC-2002 e PH-15, encontraram maior diversidade genética nas características: peso total do fruto, peso total da casca e peso total da polpa. Ao estudar a produtividade e a exportação de nutrientes em cacauero, Silva (2015) relata que maior produtividade pode estar associada a outros fatores como: o sistema de cultivo, os índices pluviométricos e a adubação.

Na coleta inicial observa-se que há quatro grupos de clones distintos: O grupo 1 com os clones CEPEC-2002 e CEPEC-2005; o grupo 2 apenas com o clone CEPEC-2007; o grupo

3 com os clones CCN-10 e CCN-51 e o grupo 4 com os clones PH-15 e PS-1319 (Figura 3.4). Observa-se que os genótipos mais distantes foram CEPEC-2002 e CEPEC-2005 (grupo 1), os quais apresentaram baixa produção de amêndoas e resíduos de fruto, além de elevado IF, que conferem um grupo com perfil não desejável em termos agronômicos, se considerar apenas a coleta inicial (Figura 3.4).

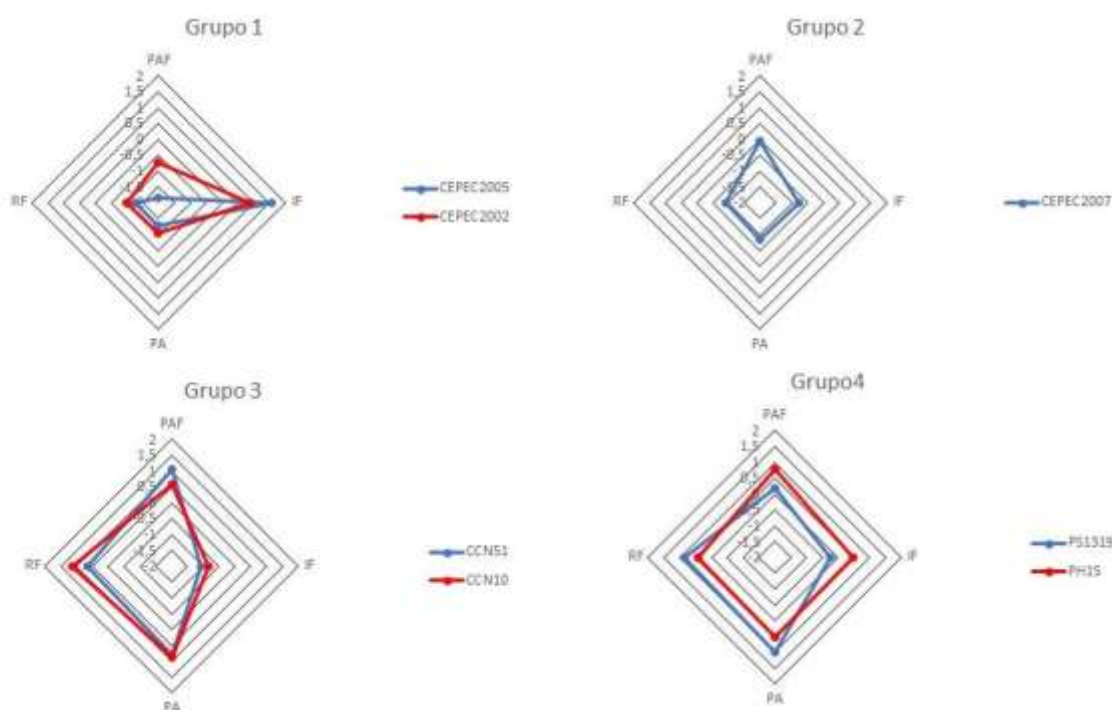


Figura 3.4 – Perfil individual para os componentes biométricos a partir da análise de agrupamento da coleta inicial.

Na Figura 3.5 também encontra-se o arranjo da análise de agrupamento considerando as variáveis biométricas na coleta final que apresentou uma formação diferente da coleta inicial. Pois, no grupo 1, o clone CCN-10 ficou isolado com as menores valores, o que sugere ser reflexo do efeito da estiagem, pois este clone apresentou redução para todas as variáveis, em comparação à coleta inicial (Figura 3.5). O grupo 2, formado pelos clones CEPEC-2002, CEPEC-2005 e PH-15, tem os maiores IF e valores baixos para PA e PAF que caracteriza o grupo de clones com os piores indicadores agronômicos relacionados à produtividade. E o grupo 3 é formado pelo clone CCN-51, sendo o grupo com as maiores distâncias de PA e RF, ou seja, é o clone com o melhor perfil agronômico em termos de produtividade, que mesmo durante a estiagem não apresentou redução na produção. No grupo 4, está os clones CEPEC-2007 e PS-1319, os quais representam o grupo com o maior distância em PAF e valores

intermediários para IF, PA e RF. Os genótipos CEPEC-2007 e PS-1319 foram os mais próximos entre si em similaridade e o clone CCN-10 foi o que mais se distanciou dos demais genótipos avaliados.

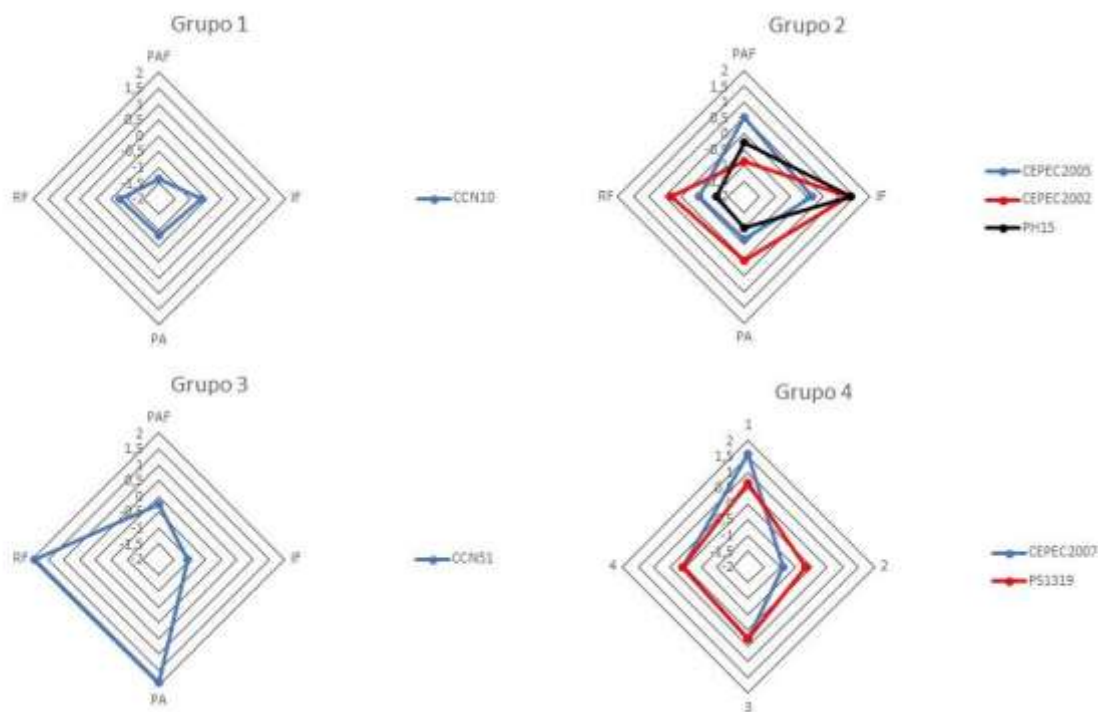


Figura 3.5 – Perfil individual para as variáveis biométricas a partir da análise de agrupamento da coleta final.

Na figura 3.5 pode-se observar que as variáveis na coleta final apresentaram considerável variação em relação à coleta inicial, houve mudança na construção dos agrupamentos dos clones e provavelmente a diferença hídrica entre as coletas contribuiu para este comportamento. Entre estes clones, apenas CCN-51 e PS-1319 mantiveram elevada produção mesmo em condições de baixa precipitação.

3.3.4 – Agrupamento independente da época de coleta

Quando se analisou as variáveis em conjunto (Figura 3.6), independentes da época de coleta, houve um novo arranjo no agrupamento dos genótipos. Formou-se quatro grupos, aqueles com características agrônômicas desejáveis (grupos 3 e 4), como menor IF e maior PAF e PA, e os com características não são desejáveis (grupos 1 e 2), por apresentarem IF elevado e menor PA (Figura 3.7). Os clones CCN-51 e PS-1319 foram os genótipos que mais se destacaram positivamente entre os clones de melhor rendimento, sendo os mais similares

entre si. Os clones CCN-10 e CEPEC-2007 se enquadram na faixa intermediária para os componentes avaliados.

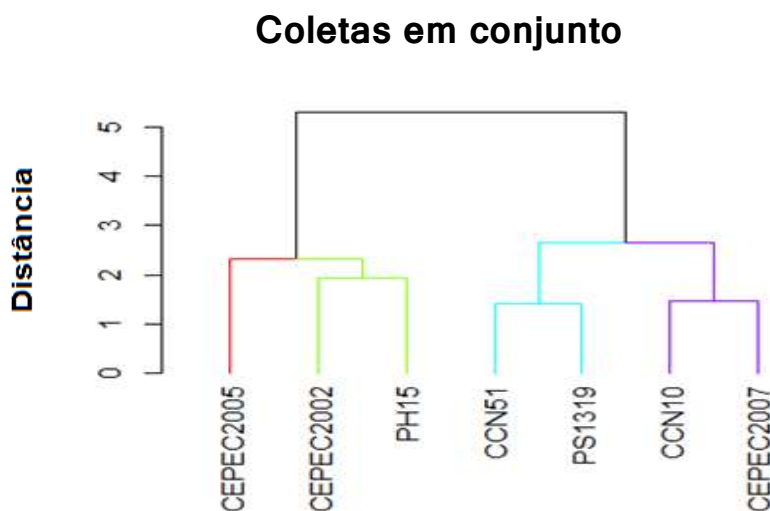


Figura 3.6 – Agrupamento hierárquico para as variáveis biométricas de sete clones de cacauzeiros independente da época de coleta.

A similaridade entre indivíduos (objetos) é uma medida de associação entre dois objetos baseada nas variáveis de agrupamento, a proximidade entre cada par de objetos pode ser determinada pelas medidas de distância. A distância é convertida em uma medida de similaridade pelo uso de uma relação inversa, ou seja, com as menores distâncias ou diferenças representam maior similaridade. Cruz et al. (2011) considera as medidas de similaridade de extrema importância para a avaliação genética, principalmente quando se objetiva utilizar clones na melhoria da produção.

Neste estudo, devido ao destaque na produção de amêndoas, indicam-se os clones CCN-51 e PS-1319 em virtude de apresentarem o menor IF e maior PA, o que lhes confere características desejáveis para um grupo genético de alta produtividade. Somada a melhor produtividade, o clone CCN-51 ainda se destaca por apresentar baixa infecção de doenças em frutos (COSTA et al., 2014). O clone PS-1319 também apresenta comportamento semelhante ao CCN-51 no que se refere à resistência moderada da vassoura de bruxa e podridão parda, além de que ambos são adaptados ao pouco sombreamento (ARÉVALO et al., 2012).

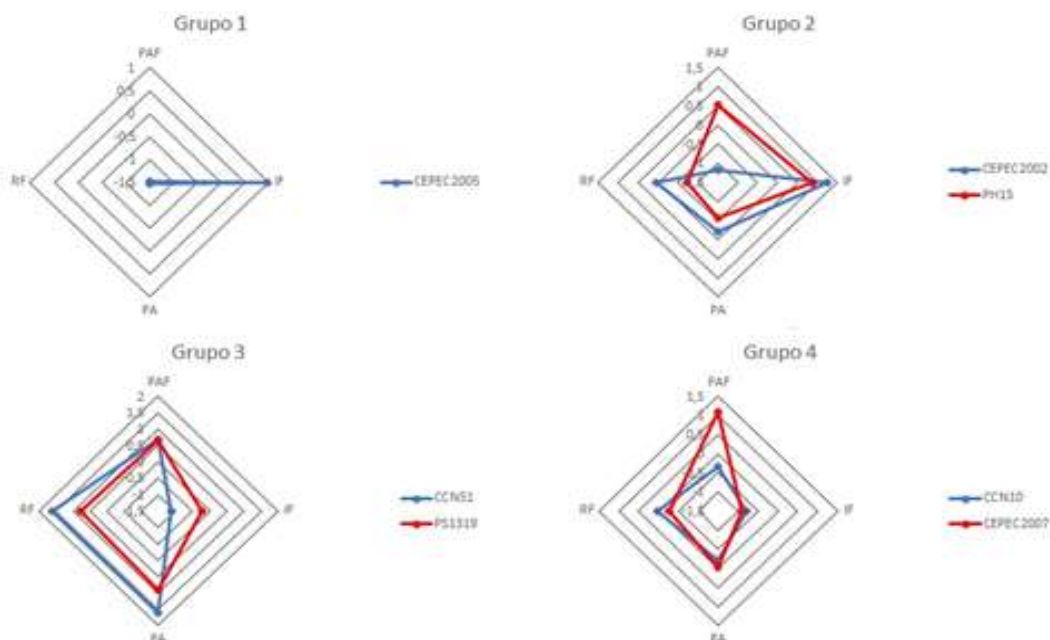


Figura 7 – Perfil individual para os componentes biométricos de sete clones de cacauzeiros independente da época de coleta.

3.4 – Conclusões

Os clones CCN-51 e PS-1319 apresentaram o melhor perfil agrônômico com características superiores em relação à produção de amêndoas chegando a 7.555 e 5.377 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, e baixo índice de frutos para cada 1000 kg de amêndoas secas. O clone CEPEC 2005 foi o que apresentou, no conjunto, os piores indicadores agrônômicos.

3.5 – 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**, Campina Grande, v.19, n.8, p.785-790. 2015.

ALMEIDA, H. A. de. **Probabilidade de ocorrência de chuva no sudeste da Bahia**. Ilhéus: CEPLAC-CEPEC, 2001. 32p. (Boletim Técnico, 182)

ARÉVALO, E.; RAM, A.; VALLE, R. R. Integração de práticas de manejo no cultivo do cacauzeiro. In: VALLE, R. R. (Ed.) **Ciência, tecnologia e manejo do cacauzeiro**. 2 ed. Brasília, DF: CEPLAC, p. 545-595, 2012.

CEPLAC (COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA). **Características Gerais do Cacau**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cacau.htm>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

CHEPOTE, R. E. et al. Aptidão Agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacaueteiro. In: VALLE, R. R. M. **Ciência, tecnologia e manejo do cacaueteiro**. Brasília, DF, 2012. 67-113 p.

COSTA, E. L. **Exportação de nutrientes em frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em três solos da Amazônia Central**. 2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - INPA, UFAM, Manaus, 2006.

COSTA, T. M. et al. Produtividade e tolerância a doenças fúngicas de variedades clonais de cacaueteiros em área sob transição agroecológica no sul da Bahia. In: IX Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2014, Resumos... São Luís-MA.

CRUZ C. D; FERREIRA F. M; PESSONI L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

GOCKOWSKI, J.; SONWA, D. Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO₂ emissions, biodiversity conservation, and rural livelihoods in the Guinea Rain Forest of West Africa. **Environmental Management**, v.48, p.307-321, 2011.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HARTEMINK, A. E.; DONALD, L. S. Nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: A review. **Advances in Agronomy**. Academic Press. 2005. p. 227-253.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE. v. 30, n. 1, 2017. 81 p.

MONTEIRO, W.R.; AHNERT, D. Melhoramento genético do cacaueteiro. In: VALLE, R. R. (Ed.) **Ciência, tecnologia e manejo do cacaueteiro**. 2 ed. Brasília, DF: CEPLAC, 2012, p. 11-29.

MORA, J. R.; BURBANO, O. H.; BALLESTEROS, P. W. Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.). **Revista de Ciencias Agrícolas**, v. 28, n. 2, p. 81-94, 2011.

NAKAYAMA, L. H. I.; ANDEBRHAN, T. ; ALMEIDA, L. C. . Resistência de *Theobroma cacao* L. à *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer: A experiência da Amazônia brasileira. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 10, n. 2, p. 49-60, 1998.

OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. **Identificação e manejo das principais doenças do cacaueteiro no Brasil**. Ilhéus, BA: CEPLAC/CEPEC/SEFIT, 2005. 135 p.

PEREIRA, J. L.; VALLE, R. R; Manejo Integrado da Vassoura de Bruxa do Cacaueteiro. In: VALLE, R. R. (Ed.) **Ciência, tecnologia e manejo do cacaueteiro**. 2 ed. Brasília, DF: CEPLAC, p. 357-375, 2012

PINTO, F. C. **Fertilidade do solo e partição de nutrientes em cacauzeiros**. 2013. 103 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2013.

PUENTES-PÁRAMO, Y. J. et al. Absorción y distribución de nutrientes em clones de cacao y sus efectos em el rendimiento. **Acta Agronómica**, v.63, n.2, p.145-152, 2014.

SILVA, P. H. L.; **Produtividade e exportação de nutrientes catiônicos por cacauzeiros no Sul da Bahia**. 2015. 50f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2015.

SOUZA JÚNIOR, J. O. et. al. Diagnose Foliar na Cultura do Cacau. In: Prado, R.M. (Ed.). **Diagnose de plantas: diagnose foliar em frutíferas**. 2012. p. 443-476.

SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. S.; AGUILAR, M. A. G. Importância Econômica e Social. In: SOUZA, C. A. S. et al. (Ed.) **Cacau: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. p. 9-40.

4 - ANÁLISE DO TEOR E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM SETE CLONES DE CACAUEIROS

RESUMO

O conhecimento da composição mineral dos frutos e da quantidade de nutrientes por eles removida é uma ferramenta importante para se formularem recomendações de adubação, visando restituir ao solo os nutrientes exportados em quantidades necessárias para a manutenção da produtividade. Objetivou-se avaliar o estado nutricional e a exportação de macro e micronutrientes nos compartimentos folha e frutos (casca e amêndoa) de clones de cacauzeiros. Foram coletadas amostras de folhas e frutos dos clones: CCN-51, CCN-10, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319. Os teores de N foram determinados por colorimetria a partir dos extratos da digestão sulfúrica. Para os extratos da digestão nitro-perclórica foram determinados os teores de: P e S por espectrofotometria de absorção molecular; K por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram dosados por espectrometria de absorção atômica com chama. Os teores de B foram obtidos a partir do material incinerado em mufla a 500°C com determinação por espectrofotometria de absorção molecular. Com base nos conteúdos dos nutrientes nos compartimentos (cascas e amêndoas) e do número de frutos colhidos em 12 meses, calculou-se a exportação anual de nutrientes pelas amêndoas e pelo fruto (amêndoa + casca). Os dados foram submetidos à ANOVA, teste de média por Scott Knott a 5 % de probabilidade e análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward. Diferenças e similaridades entre os materiais genéticos estudados com relação aos teores de nutrientes nos compartimentos da planta refletem nas demandas e nas exportações de nutrientes que devem ser consideradas em futuras tabelas de interpretação de análises foliares e para recomendação de adubações específicas, em função da similaridade, por demanda nutricional, entre os materiais genéticos. Há variações nos teores de alguns nutrientes nas folhas e nas cascas, em função da época de amostragem; contudo, para as amêndoas não se observou essa variação entre épocas. A extração/exportação de nutrientes é maior pela casca do que pela amêndoa do cacau, exceto para N, P e Cu; o que evidencia a importância do retorno distribuído destas cascas ao solo, propiciando ciclagem dos nutrientes, e menor demanda por fertilizantes externos.

Palavra-chave: *Theobroma cacao*, nutrição de plantas, partição de nutrientes.

ANALYSIS OF THE CONTENT AND EXPORT OF NUTRIENTS IN SEVEN CLONES CACAO TREES

ABSTRACT

The knowledge of the mineral composition of fruit and the quantity of nutrients they removed is an important tool to formulate recommendations for fertilizing, aiming to restore the soil the nutrients exported in quantities necessary for the maintenance of productivity. Understand how the nutrients are accumulated and exported by the culture is part of prior knowledge about the nutritional requirements of the cacao tree. This study aimed to assess the nutritional status and the export of macro and micronutrients in the compartments leaf vegetables and fruits (peels and almonds) cocoa clones grown in full sun. Samples were collected from leaves and fruits of the clones: CCN-51, CCN-10, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 and PS-1319. The contents of N were determined by colorimetry from extracts of sulfuric acid digestion. For the extracts of nitro-perclórica digestion were determined levels of P and S by molecular absorption spectrophotometry; K by flame photometry; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn were assayed by atomic absorption spectrometry with flame. The levels of B were obtained from the material burned in the oven at 500°C with determination by molecular absorption spectrophotometry. Based on the contents of nutrients in the compartments (peel and almonds) and the number of fruits harvested at 12 months, we calculated the annual export of nutrients by almonds and fruit (almond + bark). The data were subjected to ANOVA test, average per Scott Knott at 5% of probability and hierarchical cluster analysis by the method of Ward. Differences and similarities between the genetic materials studied in relation to nutrient contents in the compartments of the plant reflect on the demands and exports of nutrients that should be considered in future tables of interpretation of foliar analyzes and to recommend specific fertilizations, due to the similarity, by nutritional demand, among genetic materials. There are variations in the contents of some nutrients in the leaves and in the barks, depending on the time of sampling; however, for almonds this variation between seasons was not observed. The extraction / export of nutrients is greater by the bark than by the almond of the cocoa, except for N, P and Cu; which evidences the importance of the distributed return of these barks to the soil, favoring nutrient cycling, and less demand for external fertilizers.

Key words: *Theobroma cacao*, plant nutrition, nutrient partition.

4.1 - Introdução

A produção cacaueteira brasileira reduziu nas últimas décadas, mas ainda possui um importante papel no cenário agrícola, sendo o 6º maior produtor mundial e um dos principais da América Latina com produção anual em torno de 230 milhões de toneladas, juntamente com o Equador que produziu 61 milhões de toneladas na safra de 2014/15 (ICCO, 2017). O estado da Bahia é o principal produtor de cacau do país responsável por 59,3 % da produção nacional, seguido do estado do Pará com 31,4 % (IBGE, 2014).

No Brasil, estima-se que a área cultivada com cacaueteiros esteja em torno de 723 mil hectares. Os estados brasileiros produtores destacam-se por diferenças nos materiais genéticos, tecnologia adotada e dos sistemas de cultivo (CONAB, 2014; IBGE, 2014). Vale ressaltar que o cultivo está migrando para áreas não tradicionais, nos quais os solos apresentam limitações de fertilidade, menores níveis de sombreamento e novas tecnologias que viabilizam maior produtividade (SOUZA et al., 2016).

Os baixos rendimentos na produção do cacau (*Theobroma cacao* L.) estão em parte relacionados com os fatores físicos e químicos do solo, manejo do cultivo e potencial genético das cultivares (NAKAYAMA, 2010). Dentre os fatores que dificultam o aumento do rendimento, destacam-se o baixo potencial produtivo de muitos materiais genéticos utilizados, a incidência de doenças e a baixa fertilidade atual de muitos solos cultivados com cacaueteiros, a qual vem sendo reduzida em consequência da diminuição do aporte de nutrientes via adubação.

O papel da nutrição mineral equilibrada afeta diretamente a produtividade e também indiretamente, pois plantas mal nutridas são mais suscetíveis às doenças e pragas. Os nutrientes minerais exercem importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando o crescimento e a produção das plantas, além de aumentar a resistência da mesma a determinados patógenos (NAKAYAMA et al., 1998). Pereira e Valle (2012) listaram os clones de cacau que apresentam alto rendimento e tolerância a doenças fúngicas, tais como: CCN-10, CCN-51, CEPEC-2002 e PH-15.

A disponibilidade, a absorção e a distribuição de nutrientes na planta estão relacionadas com sua taxa de crescimento e são fatores que exerce grande influência sobre o rendimento do cultivo (MARSCHNER, 1995). Soma-se ainda o conhecimento da exigência nutricional nas diversas fases da lavoura, bem como as diferenças entre os genótipos, a fim de evitar excessos, ocasionando prejuízos econômicos para o produtor rural e perdas ao meio ambiente (SCHLINDWEIN e GIANELLO, 2008).

Quanto às exigências nutricionais do cacauzeiro, faz-se necessário entender como os nutrientes são acumulados e exportados pela cultura. Os conceitos da nutrição de plantas como extração, partição e exportação auxiliam nesse entendimento. No caso do cacauzeiro as perdas por exportação ocorrem pelas amêndoas que são colhidas, visto que as folhas e, geralmente as cascas, permanecem na área de cultivo, porém na maioria dos cultivos estas cascas não são uniformemente distribuídas na área sendo acumuladas em casqueiros (SOUZA JÚNIOR et al., 2012). Contudo, quando se retira todo fruto da área, os nutrientes na casca também são exportados.

O estudo da composição mineral dos frutos, sobretudo, dos órgãos que são levados para fora da lavoura, e a quantidade de nutrientes nestes órgãos que são exportados geram informações fundamentais para a recomendação da adubação, visando restituir ao solo os nutrientes exportados em quantidades necessárias para obtenção de altas produtividades (MALAVOLTA et al., 1997; LAVIOLA e DIAS, 2008).

Independente da grande difusão de clones tolerantes às doenças fúngicas nas regiões cacauzeiras, há limitada informação sobre o real potencial produtivo destas plantas em diferentes categorias edáficas, climáticas e de manejo (SOUZA JÚNIOR et al., 2012), e igualmente de suas exigências nutricionais em plena fase de produção. Portanto, esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o estado nutricional, a exportação de macro e micronutrientes por clones de cacauzeiros tolerantes à vassoura de bruxa, cultivados a pleno sol.

4.2 – Material e Métodos

A área de estudo está situada na Fazenda São José, na latitude 14°20'30" Sul e longitude 39°08'31" Oeste, localizada a 30 km da sede do município de Ilhéus, Região Sul da Bahia. A altitude média da região é de 100 m, com predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo e com vegetação primária de Mata Atlântica que foi substituída por pastagem e posteriormente pela lavoura de cacau. O clima é Af, conforme a classificação de Köppen, com chuvas bem distribuídas e ausência de estação seca, com temperatura média variando entre 21°C e 27°C, precipitação anual média variando entre 1700 a 1900 mm (ALMEIDA, 2001).

A área experimental tem sistema de irrigação localizada, com microaspersores espaçados de 6 x 6 m, ou seja, um microaspersor para cada quatro plantas, com vazão de 32 L h⁻¹. No período experimental, na maioria dos meses a precipitação foi elevada (Figura 4.1), ficando acima da evapotranspiração, sendo que nestes meses o sistema de irrigação foi

utilizado apenas para a aplicação de fertilizantes. Contudo, nos últimos meses do experimento, a partir de setembro de 2015, a precipitação mensal foi baixa (Figura 4.1) e o sistema de irrigação foi utilizado para o fornecimento complementar de água para as plantas, sendo que nos períodos sem chuvas destes meses fizeram-se irrigações a cada dois dias, sendo o tempo de irrigação em torno de três horas.

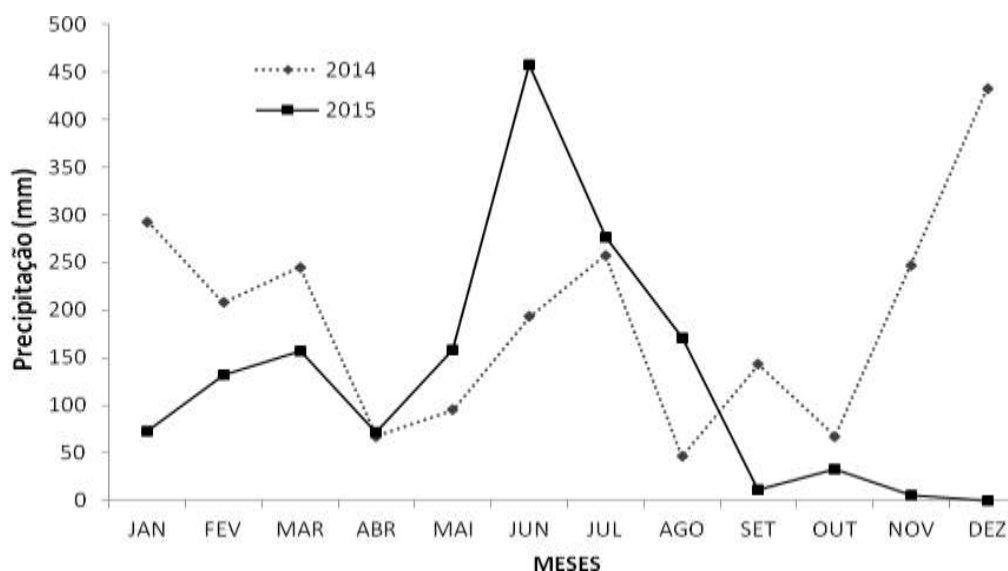


Figura 4.1 – Precipitação pluviométrica da área experimental da Fazenda São José / Ilhéus-BA, no ano de 2014 e 2015.

Na Tabela 4.1 apresenta-se a análise do solo da área. Visando elevar a saturação por bases para 70 %, considerando uma profundidade de reação de 7 cm, aplicaram-se 800 kg de calcário dolomítico por hectare. A adubação anual, em kg ha⁻¹, foi de 410 (N), 325 (P₂O₅), 480 (K₂O), 23 (S), 0,5 (B), 2,8 (Cu), 12 (Mn) e 5,3 (Zn), na forma de ureia, fosfato monoamônio (MAP), cloreto de potássio, ácido bórico e sulfatos de amônio, de cobre, manganês e de zinco. Com exceção do MAP, que foi aplicado manualmente três vezes ao ano, todos os fertilizantes foram aplicados via fertirrigação, parcelados em 24 adubações com intervalo de aproximadamente 15 dias.

Tabela 4.1 – Resultado da análise química do solo

Camada	pH	P	S	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	V	B	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	CaCl ₂	mg dm ⁻³			-----cmolc dm ⁻³	-----	-----		%	-----	mg dm ⁻³	-----		
0-10	5,0	22	14	0,06	2,3	0,9	0,0	4,7	41	0,28	2,1	9,0	441	7,2

pH em CaCl₂; P extraído por resina; Ca, Mg e Al por KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄²⁻ por fosfato monocalcio 0,01 mol L⁻¹; K, Cu, Fe, Mn e Zn por Mehlich-1 e B em água quente.

Os materiais genéticos escolhidos para compor o estudo são tolerantes a vassoura de bruxa, sendo sete clones autocompatíveis e com seis anos: CCN-10, CCN-51, CEPEC-2002, CEPEC-2005, CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319. O cultivo do cacaueteiro, com espaçamento de 3 x 3 m, foi realizado em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis*), com fileiras espaçadas a cada 21 m, ou seja, funcionando como quebra-vento e gerando mínimo sombreamento aos cacaueteiros. O arranjo experimental foi de oito repetições por clone, com a unidade experimental de quatro plantas, totalizando 224 plantas, em delineamento inteiramente casualizado.

Nos meses de janeiro/fevereiro de 2015 e agosto/setembro de 2015 coletou-se um fruto de tamanho médio por planta para análise química. Em janeiro de 2015 e janeiro de 2016 foram coletadas quatro folhas-diagnóstico por planta (CHEPOTE et al., 2012; SOUZA JÚNIOR et al., 2012). As amostras foram processadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

O fruto foi separado em casca (neste caso, entenda-se casca mais a placenta) e amêndoa. Estes e as folhas foram secas em estufa de circulação forçada a 65 °C, até peso constante, visando obtenção da massa seca. Todo o material foi triturado em moinho tipo Willey para a determinação dos teores de macro e micronutrientes, conforme metodologia recomendada pela EMBRAPA (2009). O N foi determinado por titulometria, a partir dos extratos da digestão sulfúrica. A partir dos extratos da digestão nitro-perclórica foram dosados: P e S por espectrofotometria de absorção molecular; K por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrometria de absorção atômica com chama. Os teores de B foram obtidos a partir do material incinerado em mufla a 500°C com determinação por espectrofotometria de absorção molecular (EMBRAPA, 2009).

As variáveis analisadas foram: teores de nutrientes na folha; na amêndoa e na casca e exportação de nutrientes pela amêndoa e pela casca, sendo a soma destes equivalente à exportação pelo fruto.

Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo os clones as parcelas e as subparcelas as épocas referentes à coleta de folhas e de frutos para análise química.

Para as análises estatísticas, primeiramente, procedeu-se a análise de variância (ANOVA), em seguida aplicou-se o teste de Scott Knott, com o objetivo de obter a separação de médias de tratamentos em grupos distintos, através da minimização da variação dentro e maximização da variação entre grupos. Posteriormente, executou-se a análise de agrupamento

hierárquico aglomerativo, com ênfase no método aplicado de Ward, que consiste em determinar como a similaridade é definida entre agrupamento de múltiplos membros no processo (HAIR et al., 2009). O método de Ward tem como estratégia a agregação baseado na variância.

4.3 – Resultado e discussão

4.3.1 - Macronutrientes

4.3.1.1 - Teor de macronutrientes

Quando foram comparados os teores de macronutrientes entre épocas de coleta, nos componentes da planta (folha, amêndoa e casca do fruto), nota-se que houve diferença estatística apenas para os nutrientes N, Ca e Mg na folha e K, Ca e Mg na casca do fruto (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Teor de macronutrientes dos compartimentos: folha, casca e amêndoa em função da época de coleta

Épocas	Micronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Teor foliar						
----- g kg ⁻¹ -----						
Coleta 1	20,5 b	1,9 ns	14,9 ns	9,93 b	4,53 b	1,5 ns
Coleta 2	23,3 a	1,9 ns	15,4 ns	11,5 a	5,32 a	1,6 ns
CV ¹ %	13,4	24,1	15,7	28,5	18,6	14,7
Teor na casca						
----- g kg ⁻¹ -----						
Coleta 1	10,7 ns	1,6 ns	28,1 b	2,4 b	3,0 b	1,3 ns
Coleta 2	10,8 ns	1,6 ns	32,5 a	2,7 a	3,2 a	1,4 ns
CV ¹ %	20,5	16,5	13,9	14,9	14,2	15,1
Teor na amêndoa						
----- g kg ⁻¹ -----						
Coleta 1	19,5 ns	4,6 ns	9,0 ns	1,2 ns	3,0 ns	1,2 ns
Coleta 2	19,2 ns	4,4 ns	8,7 ns	1,2 ns	3,0 ns	1,2 ns
CV ¹ %	5,7	13,9	10,0	16,3	7,8	50,0

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Nenhuma significância (ns) observada em relação aos tratamentos. ¹ Coeficiente de variação do experimento.

Os teores de macronutrientes nos compartimentos dos sete clones de cacauzeiros são apresentados na tabela 4.3 e foram analisados independentes da época de coleta. Os teores dos nutrientes nos compartimentos vegetais decrescem na seguinte ordem: a) folha > casca > amêndoa, para Ca, Mg e S; b) folha > amêndoa > casca, para N; c) casca > folha > amêndoa, para K e d) amêndoa > folha > casca, para P. A distribuição relativa dos nutrientes nos compartimentos mostra que aqueles nutrientes envolvidos diretamente nos processos fotossintéticos e estruturais acumulam-se mais nas folhas (N, Ca, Mg e S), o teor elevado de K na casca revela que este compartimento pode ser utilizado como adubo e o elevado teor de P na amêndoa evidencia o quanto o cacauzeiro é exigente para este nutriente.

Nas folhas (Tabela 4.3), com base nas médias gerais dos clones, a ordem decrescente dos macronutrientes foi a seguinte: $N > K > Ca > Mg > P > S$. Os nutrientes que apresentaram os maiores coeficientes de variação entre os clones (CV) foram P e Ca, com a amplitude dos CV's semelhante aos de outros estudos, sendo 24,1 e 28,5 %, respectivamente (COSTA, 2006; PINTO, 2013).

O clone CEPEC-2002 apresentou os maiores teores médios de K, Mg e S na folha. Enquanto, o clone PS-1319, apresentou as menores médias gerais para N, P, K e S. Os demais clones se enquadraram dentro dos valores intermediários para os teores de macronutrientes.

Os teores foliares de N para os sete clones estudados estavam dentro da faixa de suficiência (20-25 g kg⁻¹) para a região Sul da Bahia, com médias entre 19,7 a 23,6 g kg⁻¹. Para o P as médias dos teores foliares dos clones foram de 1,6 a 2,3 g kg⁻¹, de igual modo estavam próximos à faixa de suficiência (1,7-2,5 g kg⁻¹) proposta por Souza Junior et al. (2012). Quanto ao K às médias oscilaram de 13,2 a 17,8 g kg⁻¹, todos os clones estavam abaixo da faixa de suficiência (18-24 g kg⁻¹) sugerida para a região, tal comportamento sugere que para este nutriente a faixa de suficiência deva ser formulada especificamente para cacauzeiros clonais.

As médias dos teores de Ca dos clones variaram de 8,9 a 13,3 g kg⁻¹, os quais estavam dentro da faixa de suficiência, que é de 8-15 g kg⁻¹. Para o nutriente Mg as médias dos teores foliares se enquadraram no limite inferior da faixa de suficiência (4-8 g kg⁻¹) proposta para a região, semelhantemente ao observado para o nutriente S, em que as médias dos clones variaram de 1,4 a 1,7 g kg⁻¹, sendo a faixa de suficiência sugerida de 1,0-2,5 g kg⁻¹ (SOUZA JUNIOR et al, 2012).

Tabela 4.3 – Teores de macronutrientes para folha, casca e amêndoas de sete clones de cacauzeiros

Clone	N			P			K		
	folha	casca	amêndoa	folha	casca	amêndoa	folha	casca	amêndoa
----- g kg ⁻¹ -----									
CCN-10	21,8 a	11,7 a	19,3 b	2,0 a	1,6 c	4,4 a	15,5 b	29,2 a	8,9 a
CCN-51	23,6 a	9,6 b	18,7 b	2,3 a	1,4 c	4,5 a	15,9 b	29,2 a	8,7 a
CEPEC-2002	20,7 b	11,6 a	18,9 b	1,7 b	2,2 a	4,7 a	17,8 a	32,1 a	8,8 a
CEPEC-2005	23,2 a	11,0 a	20,6 a	2,0 a	1,8 b	4,8 a	14,8 b	31,2 a	9,0 a
CEPEC-2007	22,7 a	11,7 a	20,4 a	2,2 a	1,6 c	4,7 a	14,3 b	31,3 a	8,6 a
PH-15	21,8 a	12,3 a	19,8 a	1,6 b	1,8 b	4,5 a	14,7 b	31,5 a	9,6 a
PS-1319	19,7 b	8,0 b	18,6 b	1,8 b	1,2 d	4,4 a	13,2 b	25,8 b	8,9 a
Média	21,9	10,8	19,4	1,9	1,7	4,6	15,2	30,0	8,9
CV ¹ (%)	6,2	14,0	4,2	12,8	20,4	3,2	9,5	7,3	3,7
----- g kg ⁻¹ -----									
	Ca			Mg			S		
	folha	casca	amêndoa	folha	casca	amêndoa	folha	casca	amêndoa
----- g kg ⁻¹ -----									
CCN-10	13,3 a	2,4 b	1,3 a	5,1a	3,1 b	3,2 a	1,7 a	1,5 a	1,4 a
CCN-51	10,5 b	2,0 b	1,0 c	4,8 a	2,7 c	3,0 b	1,6 a	1,2 b	0,9 a
CEPEC-2002	11,8 a	3,9 a	1,4 a	5,7 a	4,5 a	3,0 b	1,7 a	1,6 a	1,6 a
CEPEC-2005	8,9 b	2,3 b	1,3 a	4,4 b	2,5 c	3,2 a	1,4 b	1,3 b	1,1 a
CEPEC-2007	9,1 b	2,4 b	1,2 a	5,0 a	3,2 b	2,9 b	1,5 b	1,4 a	1,3 a
PH-15	10,1 b	2,4 b	1,2 a	4,3 b	3,1 b	3,2 a	1,5 b	1,5 a	1,3 a
PS-1319	11,2 a	2,4 b	1,1 c	5,1 a	2,6 c	3,1 a	1,4 b	1,0 c	1,3 a
Média	10,7	2,5	1,2	4,9	3,1	3,1	1,5	1,3	1,3
CV ¹ (%)	14,4	23,7	11,1	9,9	21,5	3,6	7,7	14,1	17,3

Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott knott a 5% de probabilidade. ¹ Coeficiente de variação entre os clones.

Na casca, o clone CEPEC-2002 foi o que apresentou as maiores médias dos teores de P, K, Ca, Mg e S. O clone PS-1319 apresentou os menores teores médios de P, K e S. Os demais clones ficaram dentro da faixa intermediária para os teores médios de macronutrientes na casca (Tabela 4.3). O K acumula-se mais na casca, cujo teor médio (30 g kg⁻¹) é o dobro daquele encontrado na folha (15,2 g kg⁻¹), o que evidencia a capacidade do fruto em ser o mais importante dreno para este nutriente. Na amêndoa, os clones CEPEC-2005 e CEPEC-2007 apresentaram as maiores médias para N e P.

Em estudo realizador por Silva (2009), sobre a partição de biomassa e nutriente em 54 materiais genéticos de cacauzeiros, os teores médios de N, P e K na casca foram de 10,0; 1,4 e

37,9 g kg⁻¹, respectivamente. No compartimento amêndoa, os teores de N, P e K encontrados por Silva (2009) foram de 25,8; 3,2 e 13,6 g kg⁻¹, respectivamente. Tanto na casca quanto na amêndoa os valores médios para estes macronutrientes foram semelhantes aos encontrados neste trabalho.

As diferenças de teores entre os diferentes clones podem ser reflexo de demandas nutricionais distintas ou ainda dos efeitos concentração/diluição, ou seja, clones que têm maior produção (Tabela 3.2) e, conseqüentemente, maior exportação efetiva de nutrientes, tendem a acumular menos os nutrientes nos diferentes componentes da planta; por analogia, os clones menos produtivos, exportam efetivamente menos nutrientes, acumulando os mesmos nos diferentes tecidos. Isso sugere que as interpretações do status nutricional e as recomendações de adubação para diferentes materiais genéticos devam considerar suas especificidades fisiológicas/nutricionais e também seu potencial de produtividade e, conseqüente, exportação de nutrientes.

4.3.1.2 – Agrupamento em função do teor de macronutrientes

Na figura 4.2 apresentam-se os agrupamentos dos clones em função do teor de macronutrientes para cada compartimento da planta de cacaueteiro (folha, amêndoa e casca), de acordo com análise de agrupamento hierárquico, independente da época de coleta. De acordo com o dendograma para folha e casca, os clones formaram quatro grupos e para amêndoa três grupos.

No perfil individual do compartimento folha, o grupo 1, formado pelos clones CCN-10 e CEPEC-2002, apresenta os maiores teores para Mg, S e Ca (Figura 4.3a); o grupo 2 (Figura 4.3b), formado pelos clones CCN-51, CEPEC-2005 e CEPEC-2007, possui os maiores teores de N e P e menores teores de Ca. Os grupos 3 (PH-15) e 4 (PS-1319), de modo geral, representam os clones com os menores teores de macronutrientes. Os clones PH-15 e PS-1319 não formaram grupo com outros clones, mas foram aqueles que mais apresentaram similaridade entre si (Figura 4.3c e 4.3d). A análise de nutrientes na folha é a principal ferramenta para avaliação do status nutricional das plantas e o agrupamento como o apresentado sugere que clones com teores foliares semelhantes possam ter parâmetros interpretativos semelhantes.

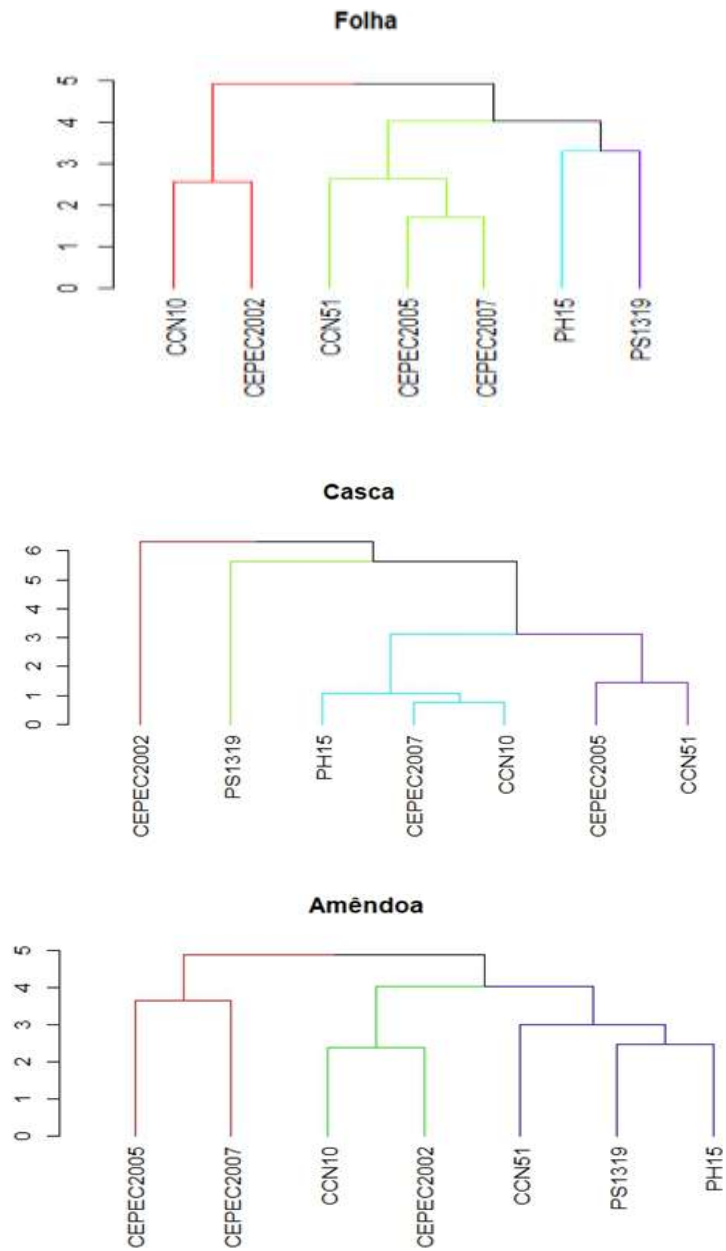


Figura 4.2 – Dendrograma para o teor de macronutrientes na folha, casca e amêndoa.

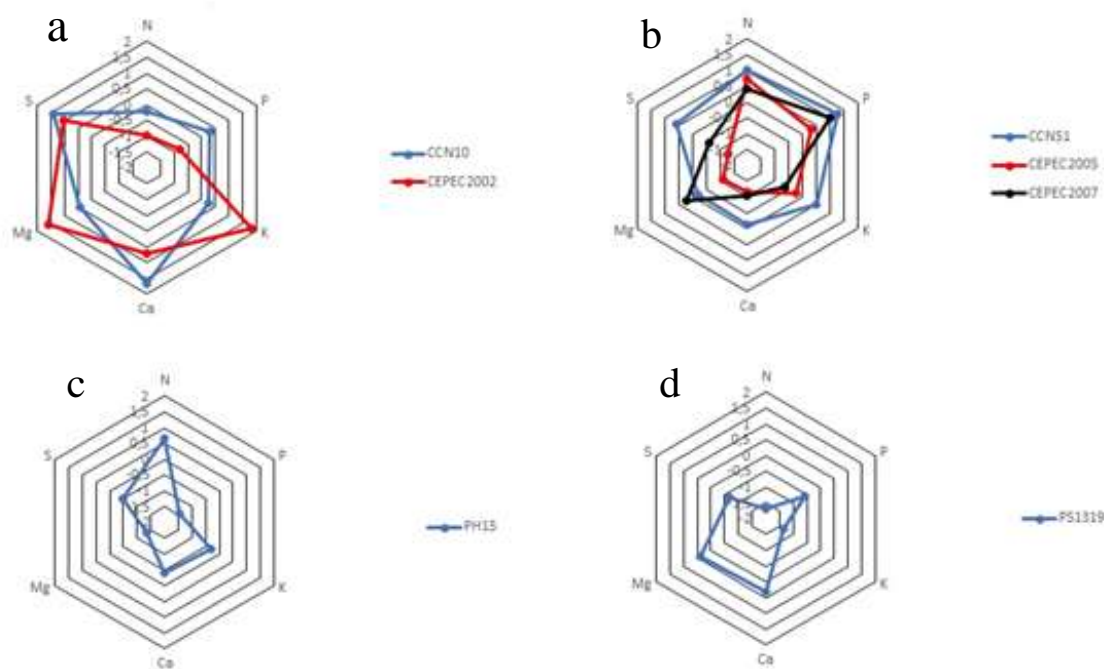


Figura 4.3 – Perfil individual para os teores de macronutrientes na folha a partir da análise de agrupamento.

No perfil gráfico individual do compartimento casca (Figura 4.4), o grupo 1, clone CEPEC-2002 (Figura 4.4c), tem os maiores teores de P, Mg e Ca, em comparação aos demais materiais genéticos. O grupo 2 (Figura 4.4d), formado apenas pelo clone PS-1319, apresenta os menores teores de P, K, N e S. Nos grupos 3 e 4 (Figuras 4.4a e b), os clones apresentam teores intermediários de macronutrientes. Sendo o grupo 3 formado pelos clones PH-15, CEPEC-2007 e CCN-10, aquele que apresenta as maiores médias para os teores de K e teores intermediários para demais macronutrientes. O grupo 4, clones CEPEC-2005 e CCN-51, é o que, de modo geral, apresenta os menores teores de macronutrientes.

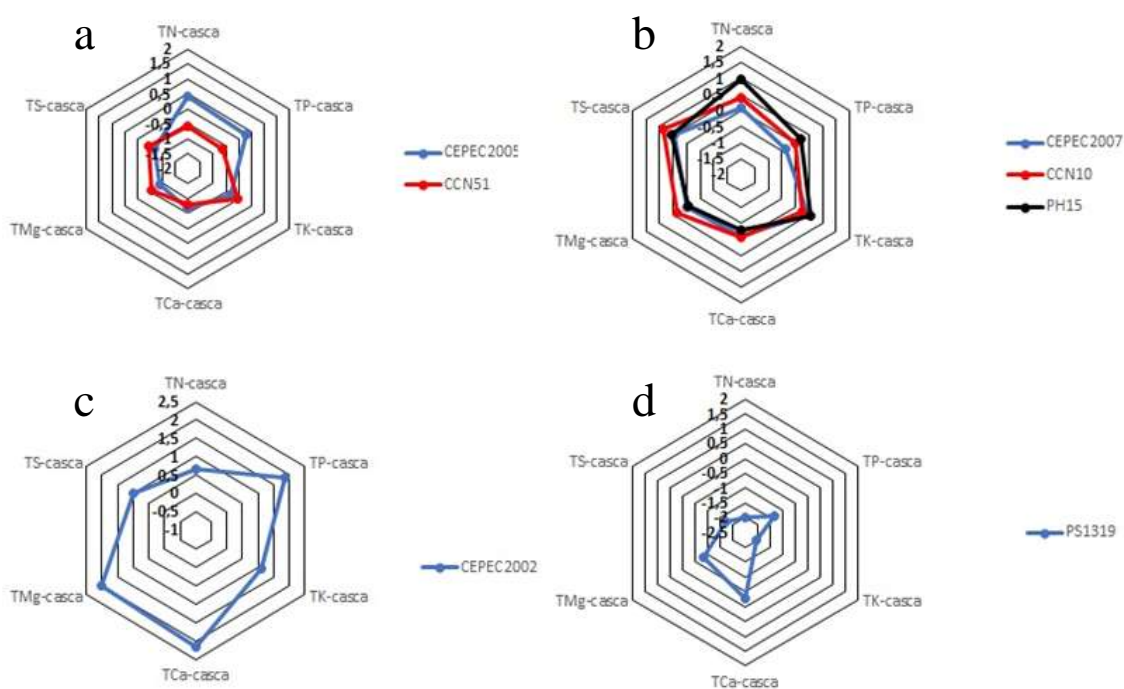


Figura 4.4 – Perfil individual para os teores de macronutrientes na casca a partir da análise de agrupamento.

Na figura 4.5 encontra-se o perfil individual do agrupamento do compartimento amêndoa. No grupo 1 (Figura 4.5a) estão os clones CEPEC-2005 e CEPEC-2007, que corresponde aos clones com os maiores teores de N e P. No grupo 2 (Figura 4.5b) têm-se os clones CCN-10 e CEPEC-2002, com os maiores teores de Ca. O grupo 3 (Figura 4.5c) é formado pelos clones CCN-51, PS-1319 e PH-15, os quais apresentam na amêndoa teores intermediários para N, Mg e S e baixos para Ca. O teste de média por Scott Knott, análise univariada, não detectou as diferenças estatística para o teor de três nutrientes na amêndoa (P, K e S); contudo uma análise multivariada por agrupamento hierárquico evidencia que, no teor do conjunto de todos os macronutrientes na amêndoa, produto que é efetivamente exportado da área, há diferença e também há similaridade entre os materiais genéticos estudados. Essa informação deve ser considerada em futuras recomendações de adubação, baseadas em exportação de nutrientes, específicas por grupos de materiais genéticos similares com relação ao acúmulo de nutrientes na amêndoa.

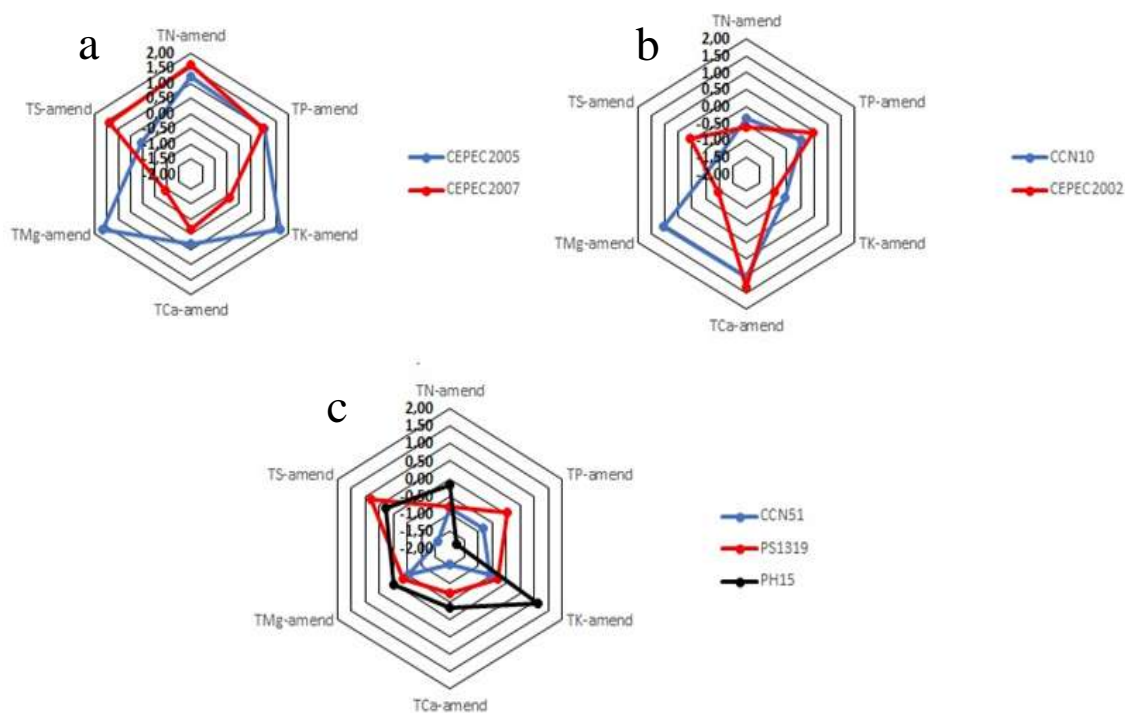


Figura 4.5 – Perfil individual para os teores de macronutrientes na amêndoa a partir da análise de agrupamento.

4.3.1.3 - Exportação de macronutrientes

Na tabela 4.4 encontram-se as estimativas de exportação de macronutrientes para produção de uma tonelada de amêndoa seca dos setes clones estudados. De forma geral, nos compartimentos o K foi o macronutriente mais exportado seguido de $N > P > Mg > Ca > S$. Do total de K e de Ca exportado pelo fruto mais de 70 % encontra-se na casca e do total exportado de P mais de 60 % está na amêndoa, tal informação mostra o quanto pode ser removido destes nutrientes na produção das diferentes partes do fruto (amêndoas e casca). Por esta razão, a devolução do casqueiro bem decomposto, após tratamento contra a podridão parda e a vassoura de bruxa com fungicidas cúpricos ou biológicos (*Trichoderma stromaticum*) e cal, proporciona uma economia no aporte de adubos, principalmente para K e Ca (CHEPOTE, 2003; SODRÉ et al., 2012).

A maior variabilidade na exportação de macronutrientes entre os clones, avaliada pelo coeficiente (CV) entre estes, foi observada para a casca, sendo que, de modo geral, estes CVs são considerados altos ($> 20\%$) (PIMENTEL-GOMES, 1985). Na amêndoa, a variabilidade de macronutrientes entre os clones foi bem menor (CVs entre 3,2 a 17,3 %), evidenciando o tamponamento do órgão de reserva nutricional do embrião. Inclusive não houve diferença estatística entre os clones na exportação de N, P, K e S pela amêndoa; por sua vez, houve

diferenças significativas na exportação de macronutrientes pela casca e, conseqüentemente, pelo fruto entre os clones (Tabela 4.4).

Os macronutrientes foram acumulados em maior quantidade na casca em relação à amêndoa, para todos os clones, obedecendo a seguinte ordem: $K > N > P > Mg > Ca > S$, essa mesma tendência se repetiu para o fruto. Nas amêndoas a seqüência de exportação foi $N > K > P > Mg > Ca > S$ (Tabela 4.4). As médias de exportação entre os clones em $kg\ t^{-1}$ na casca para N (13,5), P (4,8), K (44,5), Ca (4,4), Mg (6,4) e S (1,3) foram superiores aos valores encontrados por Malavolta (1987) e próximo aos resultados de Silva (2015) para K, Ca e Mg (38,3; 5,5 e 8,3 em $kg\ t^{-1}$, respectivamente).

Tabela 4.4 – Exportação de macronutrientes para casca, amêndoas e frutos de sete clones de cacauzeiros

Clone	N			P			K		
	casca	amêndoa	fruto	casca	amêndoa	fruto	casca	amêndoa	fruto
	----- $kg\ t^{-1}$ -----			----- $kg\ t^{-1}$ -----			----- $kg\ t^{-1}$ -----		
CCN-10	14,9 a	19,3 a	34,2 a	4,7 b	10,1 a	14,8 b	44,7 b	10,8 a	55,4 b
CCN-51	10,8 b	18,7 a	29,5 b	3,7 c	10,3 a	14,0 c	39,9 b	10,5 a	50,3 c
CEPEC-2002	15,9 a	18,9 a	34,7 a	7,0 a	10,8 a	17,8 a	52,5 a	10,6 a	63,1 a
CEPEC-2005	16,2 a	20,6 a	36,8 a	6,2 a	11,0 a	17,1 a	52,7 a	10,8 a	63,5 a
CEPEC-2007	13,2 a	17,7 a	30,9 b	4,1b	10,7 a	14,8 b	42,3 b	10,4 a	52,7 b
PH-15	14,2 a	19,8 a	34,0 a	4,9 b	10,4 a	15,3 b	44,2 b	11,6 a	55,8 b
PS-1319	9,2 b	17,4 a	26,6 b	3,1 c	10,2 a	13,3 c	35,3 c	10,7 a	46,0 c
Média	13,5	18,9	32,4	4,8	10,5	15,3	44,5	10,8	55,3
CV ¹ (%)	19,5	5,9	10,9	28,7	3,2	10,6	14,3	3,7	11,6
	Ca			Mg			S		
Clone	casca	amêndoa	fruto	casca	amêndoa	fruto	casca	amêndoa	fruto
	----- $kg\ t^{-1}$ -----			----- $kg\ t^{-1}$ -----			----- $kg\ t^{-1}$ -----		
CCN-10	4,3 b	1,8 b	6,1 b	6,5 b	5,3 a	11,8 b	1,8 b	1,4 a	3,2 b
CCN-51	3,3 b	1,5 b	4,7 c	5,2 c	4,9 b	10,1 c	1,4 c	0,9 a	2,3 c
CEPEC-2002	7,3 a	2,0 a	9,3 a	10,1 a	5,0 b	15,1 a	2,1 a	1,6 a	3,8 a
CEPEC-2005	4,6 b	1,8 b	6,4 b	6,0 c	5,2 a	11,2 b	1,8 b	1,1 a	2,9 b
CEPEC-2007	3,8 b	1,7 b	5,4 c	5,9 c	4,8 b	10,7 c	1,6 b	1,3 a	2,9 b
PH-15	3,8 b	1,7 c	5,6 c	6,0 c	5,3 a	11,2 b	1,8 b	1,3 a	3,1 b
PS-1319	3,8 b	1,5 c	5,3 c	4,9 c	5,2 a	10,1 c	1,2 c	1,3 a	2,5 c
Média	4,4	1,7	6,1	6,4	5,1	11,4	1,7	1,3	2,9
CV ¹ (%)	30,4	10,4	24,7	27,0	3,9	15,1	18,9	17,3	16,2

Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott knott a 5% de probabilidade. ¹ Coeficiente de variação entre os clones.

Os clones CEPEC-2005 e CEPEC-2002 foram os que mais acumularam macronutrientes na casca para a produção de uma tonelada seca de amêndoas de cacau (Tabela 4.4). Estes clones têm menor proporção de amêndoa por fruto (Tabela 3.2), ou seja, produzem mais casca por tonelada de amêndoas secas, o que reflete em maior demanda de nutrientes para produção de casca; característica agrônômica não desejável. Os clones PS-1319 e CCN-51 são os que mostraram menor exportação de macronutrientes para produção de uma tonelada de amêndoas secas, contudo, como tiveram maiores produtividades (5.577 e 7.555 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente), a demanda por nutrientes via adubação é maior do que a de clones menos produtivos.

Considerando a média de produtividade dos sete clones estudados, o acúmulo médio de nutrientes na casca produzida em um ano foi de: 60,8 kg de N; 20,3 kg de P; 200,3 de K; 19,8 de Ca; 28,8 de Mg e 7,7 de S. Nas amêndoas o acúmulo médio foi de: 79,4 kg de N; 44,1 kg de P; 45,4 de K; 7,1 de Ca; 21,4 de Mg e 5,5 de S. É comum na cacauicultura, que as cascas sejam depositadas concentradamente sobre o solo, formando os chamados “casqueiros”, isso gerará acúmulo de nutrientes nestes locais e, conseqüentemente, empobrecimento das áreas adjacentes. É importante que estes “casqueiros” sejam redistribuídos o mais homogêneo possível na área.

Estudando a absorção e distribuição de nutrientes e seus efeitos na produção de clones de cacauero sombreado, Puentes-Páramo et al. (2014) encontraram para o clone CCN-51 a exportação em kg t⁻¹ de 21,8 para N, 4,7 kg de P e 11 de K na amêndoa, comparando com este estudo a exportação de P e K foram superiores, estes autores concluíram que o manejo da cultura e da sombra afetam diretamente no acúmulo de nutrientes. Pinto (2013) ao avaliar a exportação de P, K, Ca e Mg para todos os compartimentos (casca, amêndoa e fruto) em clones de PH-16 cultivados na zona úmida do Sul da Bahia, seus dados foram semelhantes ao deste estudo com os seguintes valores: 10,4 kg de P; 14,2 de K; 1,1 de Ca; 5,5 de Mg em kg t⁻¹.

4.3.1.4 – Agrupamento em função da exportação de macronutrientes

Na Figura 4.6 apresentam-se os agrupamentos dos clones em função da exportação de macronutrientes para cada compartimento do cacauero (casca, amêndoa e fruto), de acordo com o dendograma em todos os compartimentos formaram quatro grupos.

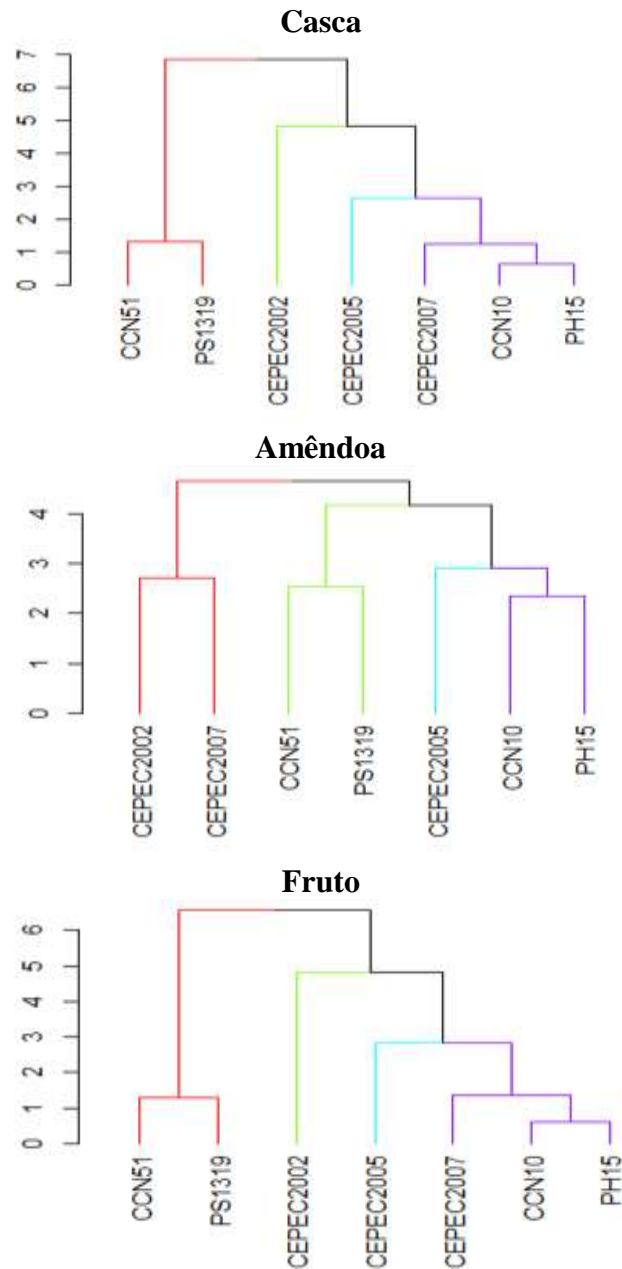


Figura 4.6 – Dendrograma da exportação de macronutrientes na casca, amêndoa e frutos.

Na Figura 4.7, está o perfil individual do agrupamento para o compartimento casca. O grupo 1 (Figura 4.7a), formado pelos clones CCN-51 e PS-1319, tem as menores exportação para todos os macronutrientes. No grupo 2 (Figura 4.7b), clone CEPEC-2002, apresenta as maiores exportação para todos os macronutrientes. Os grupos 3 e 4 (Figura 4.7c e 4.7d) apresentaram similaridade, pois o grupo 3 (CEPEC-2005) tem exportação intermediária para N, P, e K, enquanto o grupo 4 (CEPEC-2007, CCN-10 e PH-15) apresenta exportação

intermediária para todos os macronutrientes. Como comentado, apesar dos clones CCN-51 e PS-1319 apresentarem as menores exportações via casca, para produção de uma tonelada de amêndoa seca, por serem mais produtivos têm maior demanda de nutrientes em função da maior produtividade anual.

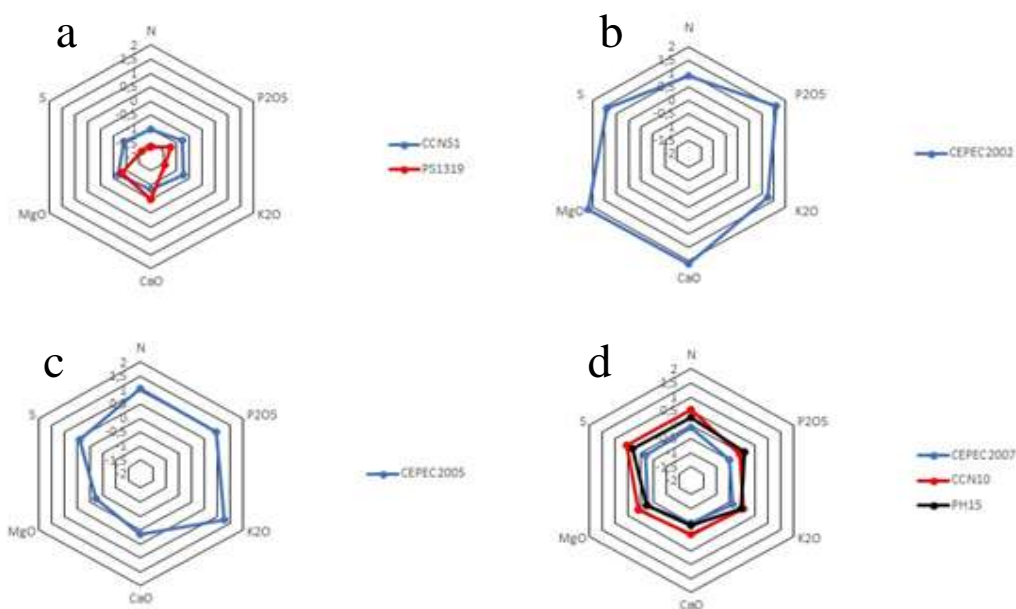


Figura 4.7 – Perfil individual para exportação de macronutrientes na casca a partir da análise de agrupamento.

Na Figura 4.8 encontra-se o perfil individual do compartimento amêndoa. No grupo 1 (Figura 4.8a) formado pelos clones CEPEC-2002 e CEPEC-2007 encontram-se as maiores exportações de P, Ca e S, e menor exportação de N, K e Mg. No grupo 2 (Figura 4.8b) estão os clones CCN-51 e PS-1319 com as menores exportações de macronutrientes, como são dois clones de elevado potencial produtivo sugere haver o efeito diluição. No grupo 3 (Figura 4.8c), o clone CEPEC-2005 ficou isolado com as maiores exportações de N e P. No quarto grupo (Fig. 4.8d), formado por CCN-10 e PH-15, encontram-se os clones com exportação intermediária para a maioria dos macronutrientes, excetuando-se o clone PH-15 que apresentou a maior exportação de K entre todos clones estudados.

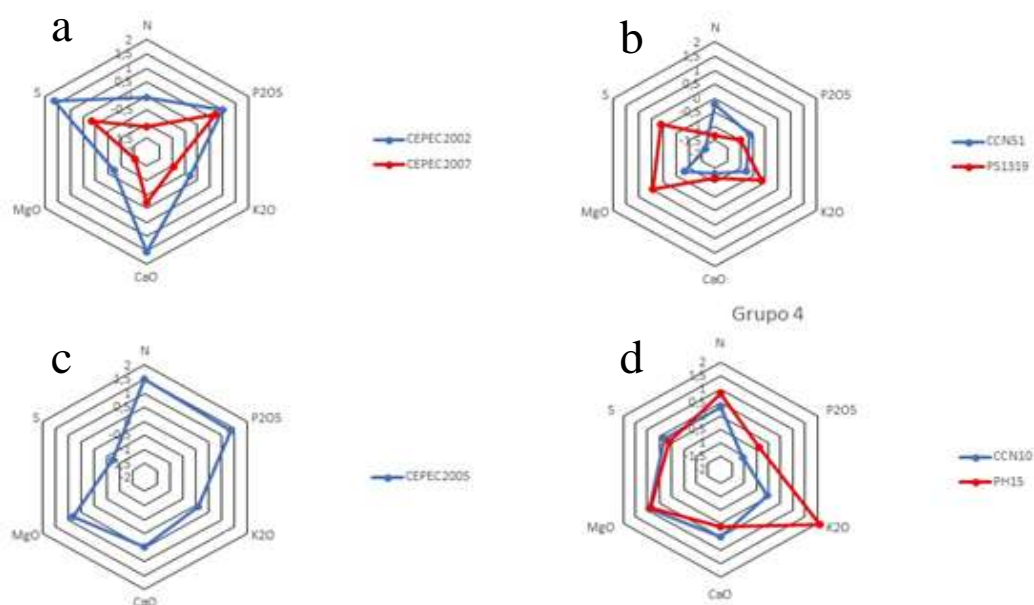


Figura 4.8 – Perfil individual para exportação de macronutrientes na amêndoa a partir da análise de agrupamento.

O perfil individual do compartimento fruto encontra-se na Figura 4.9. O grupo 1 (Figura 4.9a), formado pelos clones CCN-51 e PS-1319, apresentou os menores valores de exportação em macronutrientes, seguindo o comportamento dos compartimentos casca e amêndoas. No grupo 2 (Figura 4.9b) encontra-se apenas o clone CEPEC-2002, que apresentou as maiores exportação de macronutrientes para produção de uma tonelada de amêndoas secas, consequência do menor peso e da menor proporção de amêndoas por fruto (42,8 g de amêndoas por fruto e 45,2 % de proporção de amêndoas por fruto), ou seja, produz pouca amêndoa e proporcionalmente muita casca (Tabela 3.2), demandando mais nutriente para uma mesma produtividade. No grupo 3 (Figura 4.9c) está o clone CEPEC-2005, com as menores exportações em macronutrientes secundários. Por último, o grupo 4 (Figura 4.9d) formado por CEPEC-2007, CCN-10 e PH-15, todos com exportação intermediária para macronutrientes.

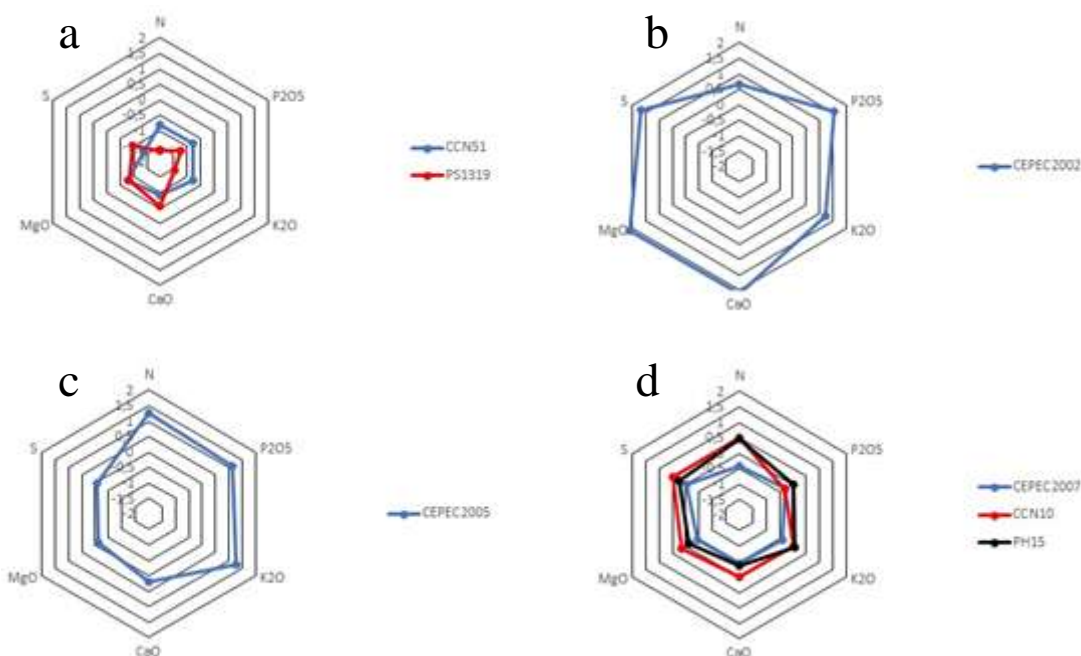


Figura 4.9 – Perfil individual para exportação de macronutrientes no fruto a partir da análise de agrupamento.

4.3.2 – Micronutrientes

4.3.2.1 - Teor de micronutrientes

De acordo com as classes de interpretação da disponibilidade no solo de micronutrientes apresentadas por Chepote et al. (2012), os níveis de disponibilidade dos micronutrientes na área do estudo estão adequadas, exceto para o boro (Tabela 4.1).

Quando foram comparados os teores foliares entre épocas de coleta (Tabela 4.5), nota-se que há diferença estatística apenas para os nutrientes B e Mn. Mas, quando se compara os materiais genéticos, nota-se que não houve diferença estatística apenas para B e Fe.

Na tabela 4.6 são apresentados os teores de micronutrientes nos compartimentos dos sete clones de cacauzeiros. Os teores dos nutrientes nos compartimentos vegetais decrescem, de forma geral, na seguinte ordem: a) folha > casca > amêndoa, para B, Mn e Zn; b) casca > folha > amêndoa, para Fe e; c) amêndoa > casca > folha, para Cu. Nas folhas, a ordem decrescente dos micronutrientes para todos os clones foi a seguinte: Mn > Zn > Fe > B > Cu. Puentes Páramo et al. (2016) ao avaliar o efeito dos nutrientes na produção de cacau, observaram que a ordem decrescente dos teores foliares de micronutrientes foi de: Mn > Fe > Zn > B > Cu.

De modo geral, a partição dos teores dos micronutrientes nos compartimentos dos clones possui a tendência de elevação nas folhas e redução nos frutos, exceto para o nutriente Cu, ou seja, o retorno das folhas ao solo, via queda natural ou via poda, formando a serapilheira constitui um importante reservatório de nutrientes que retornam ao solo por meio da ciclagem (GAMA-RODRIGUES, 1997; NAKAYAMA, 2001; CHEPOTE, 2003).

Tabela 4.5 – Teor de micronutrientes dos compartimentos: folha, casca e amêndoa em função da época de coleta

ÉPOCAS	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Teor foliar					
mg kg ⁻¹					
Coleta 1	30,0 b	9,9 ns	54,3 ns	256,7 b	73,6 ns
Coleta 2	37,3 a	9,6 ns	47,5 ns	483,4 a	79,7 ns
CV ¹ (%)	11,4	25,3	35,0	60,6	26,4
Teor na casca					
mg kg ⁻¹					
Coleta 1	21,7 ns	10,6 ns	152,1 b	110,0 b	56,9 ns
Coleta 2	20,6 ns	10,3 ns	163,5 a	181,3 a	60,6 ns
CV ¹ (%)	14,5	21,6	14,2	71,2	15,5
Teor na amêndoa					
mg kg ⁻¹					
Coleta 1	12,3 a	18,1 ns	36,2 b	14,5 b	43,8 ns
Coleta 2	11,1 b	18,8 ns	42,8 a	17,8 a	43,0 ns
CV ¹ (%)	15,1	15,1	21,5	39,5	7,6

Matéria seca da folha (MSF); matéria fresca fruto (MFF); matéria seca casca (MSC); matéria seca amêndoa (MSA). Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Nenhuma significância (ns) observada em relação aos tratamentos. ¹ Coeficiente de variação do experimento.

As plantas, aos seis anos de idade, dos sete clones apresentaram teores foliares de Mn dentro da faixa de suficiência (150-750 mg kg⁻¹) para região Sul da Bahia proposta por Souza Júnior et al. (2012), com médias entre de 215 a 573 mg kg⁻¹ (Tabela 4.6). O Mn foliar foi o micronutriente que apresentou a maior variabilidade entre clones (maior CV), caracterizando maior diferença na absorção e/ou na demanda deste nutriente entre os materiais genéticos. Semelhantemente, Pinto (2013), também encontrou CV elevado para este micronutriente em folhas do clone de PH-16 em 80 cacauzeiros localizados em 20 fazendas no Sul da Bahia.

Quanto aos teores foliares de Zn, apenas os clones PH-15, CCN-51 e CCN-10, estiveram dentro da faixa de suficiência de 80-150 mg kg⁻¹, os demais clones apresentaram

teores abaixo do sugerido com médias entre 57,6 a 79,2 mg kg⁻¹. Para o Zn foliar, houve diferença estatística entre os clones, além de apresentar um CV intermediário (19,3 %), indicando haver variabilidade na absorção e/ou demanda de Zn entre os materiais genéticos. (FAGERIA et al., 2002; CRUZ NETO et al., 2015).

Tabela 4.6 – Teores de micronutrientes nos compartimentos: folha, casca e amêndoa de sete clones de cacauzeiros

CLONES	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Teor foliar					
----- mg kg ⁻¹ -----					
CCN-10	34,6 ns	11,7 a	60,3 ns	573,2 a	102,4 a
CCN-51	33,0 ns	11,0 a	51,5 ns	414,8 a	83,1 b
CEPEC-2002	33,5 ns	9,3 b	48,6 ns	432,2 a	79,2 b
CEPEC-2005	34,5 ns	8,7 b	53,4 ns	215,1 b	57,6 c
CEPEC-2007	31,7 ns	9,0 b	47,5 ns	252,1 b	70,8 c
PH-15	35,8 ns	9,7 b	48,2 ns	421,4 a	80,3 b
PS-1319	32,7 ns	8,7 b	46,8 ns	281,6 b	63,1 c
Média	33,7	9,7	50,9	370,1	76,6
CV ¹ (%)	4,0	12,0	9,4	34,1	19,3
Teor na casca					
----- mg kg ⁻¹ -----					
CCN-10	27,7 a	13,3 a	156,3 b	208,1 a	65,5 a
CCN-51	22,9 b	9,4 b	135,5 c	77,0 b	54,4 b
CEPEC-2002	22,5 b	10,2 b	224,3 a	211,9 a	66,2 a
CEPEC-2005	17,2 c	10,9 b	125,6 c	89,4 b	54,3 b
CEPEC-2007	18,5 c	10,1 b	160,8 b	151,6 a	59,5 a
PH-15	24,9 b	12,2 a	153,7 b	142,9 a	64,3 a
PS-1319	16,4 c	8,1 c	129,6 c	89,6 b	46,1 c
Média	21,5	10,6	155,1	138,7	58,6
CV ¹ (%)	19,7	16,4	21,6	40,6	12,7
Teor na amêndoa					
----- mg kg ⁻¹ -----					
CCN-10	14,9 a	22,0 a	35,4 b	22,3 a	44,7 b
CCN-51	13,0 b	18,3 b	35,7 b	12,9 b	44,1 b
CEPEC-2002	10,8 c	17,0 c	38,0 b	17,9 a	38,6 c
CEPEC-2005	11,7 c	19,8 b	48,5 a	15,3 b	47,7 a
CEPEC-2007	9,3 d	19,6 b	42,6 a	16,2 b	50,3 a
PH-15	13,7 b	18,5 b	42,4 a	15,0 b	43,1 b
PS-1319	10,2 d	14,8 d	32,7 b	11,9 b	37,4 c
Média	12,0	18,6	39,3	15,9	43,7
CV ¹ (%)	16,9	12,3	13,9	21,6	10,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Nenhuma significância (ns) observada em relação ao tratamento. ¹ Coeficiente de variação entre os clones.

Na folha, os clones CCN-10 e PH-15 se destacaram entre os materiais genéticos com as maiores médias dos teores de Fe ($60,3 \text{ mg kg}^{-1}$) e B ($35,8 \text{ mg kg}^{-1}$), porém não houve diferença estatística e baixo CV% entre os clones, evidenciando baixa variabilidade destes nutrientes entre os materiais genéticos. Para o nutriente Fe, apenas os clones CEPEC-2005, CCN-51 e CCN-10 estavam dentro da faixa de suficiência sugerida ($50\text{-}250 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto para B, todos clones se enquadram dentro da faixa de suficiência, que é de $30\text{-}70 \text{ mg kg}^{-1}$ (SOUZA JÚNIOR et al., 2012). Os clones CCN-10 e CCN-51 apresentaram as maiores médias de Cu e também foram os que se enquadraram na faixa de suficiência, sendo $11,7$ e 11 mg kg^{-1} , respectivamente, e diferindo estatisticamente entre os sete clones. Para o nutriente Mn o CV% foi alto entre os clones e a maior média foi para o clone CCN-10. Este mesmo clone foi o que apresentou a maior média de Zn ($102,4 \text{ mg kg}^{-1}$), diferindo estatisticamente entre todos os clones estudados.

Yupanqui et al. (2012) avaliando a presença de metais pesados em cacauzeiros orgânicos. Semelhante a este estudo, o autor encontrou coeficiente de variação elevado para o nutriente Mn, sugere que este isoladamente apresenta uma alta variabilidade em seus teores, mas em conjunto com os demais possuem teores médios dentro do esperado para o cacauzeiro.

Na casca e na amêndoa, de forma geral, os teores dos micronutrientes nos sete clones decrescem na seguinte ordem: Fe > Mn > Zn > B > Cu e Zn > Fe > Cu > Mn > B, respectivamente (Tabela 4.6). A ordem da sequência dos teores para amêndoa foi semelhante aos de Silva (2015), em pesquisa na mesma área, mas a ordem sequencial para casca foi diferente, sendo que o nutriente Zn foi o mais abundante na casca.

Na casca, os clones CEPEC-2002 e CCN-10 se destacaram entre os materiais genéticos com as maiores médias dos teores de Zn ($66,2$ e $65,5 \text{ mg kg}^{-1}$) e Mn ($211,9$ e $208,1 \text{ mg kg}^{-1}$). A média do teor de B na casca foi maior para o clone CCN-10, o qual diferiu de todos os clones. Os clones CCN-10 e PH-15 apresentaram as maiores médias de Cu, sendo $13,3$ e $12,2 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Em contrapartida, o clone CEPEC-2005 foi o clone com a maior média de Fe, diferindo estatisticamente entre todos os clones.

Na amêndoa, os teores de micronutrientes por clone obedecem a seguinte ordem: a) Zn > Fe > Mn > Cu > B para CCN-10 e CEPEC-2002; b) Zn > Fe > Cu > B > Mn para CCN-51; c) Fe > Zn > Cu > Mn > B para CEPEC-2005 e d) Zn > Fe > Cu > Mn > B para CEPEC-2007, PH-15 e PS-1319.

Houve diferença estatística para o teor de todos os micronutrientes na amêndoa entre os materiais genéticos, a menor e a maior variabilidade (CV) entre estes foram para o Zn e o

Mn, respectivamente; para B, Cu e Zn houve a formação de três grupos e para Fe e Mn apenas dois grupos (Tabela 4.6). De modo geral, o CCN-10 e o PS-1319 foram os clones que apresentaram, respectivamente, os maiores e os menores teores de micronutrientes na amêndoa.

4.3.2.2 - Agrupamento em função do teor de micronutrientes

Na Figura 4.10 encontra-se o dendograma dos clones em função do teor de micronutrientes para cada compartimento da planta do cacauero (folha, casca e amêndoa).

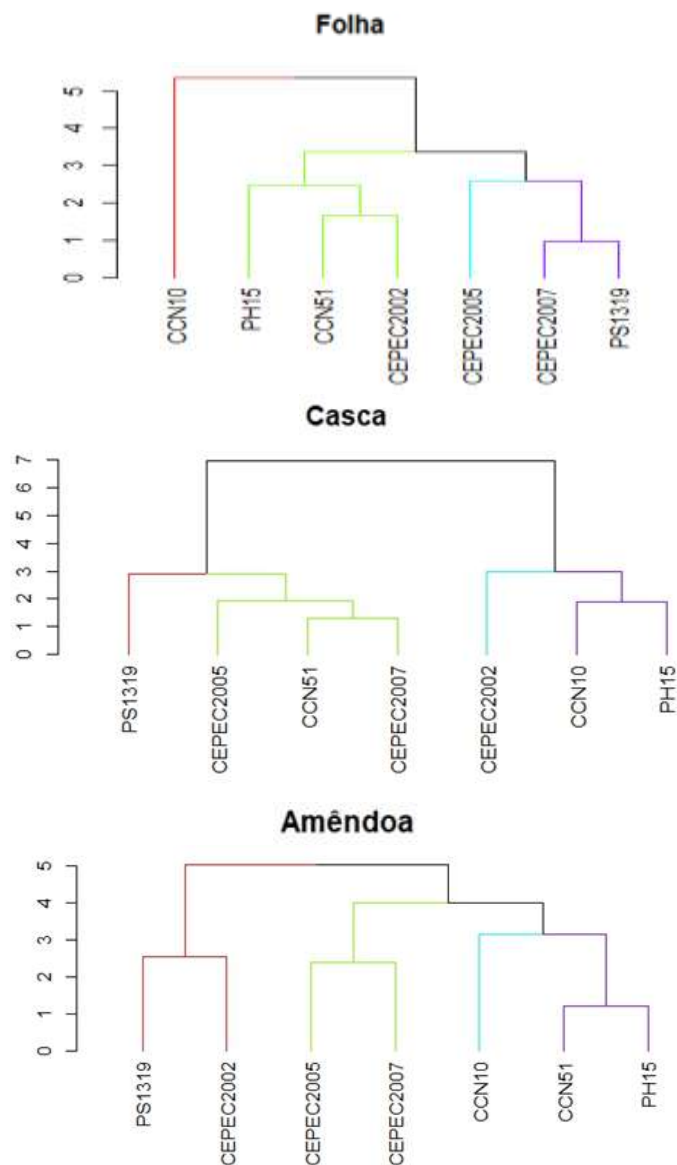


Figura 4.10 – Dendograma para o teor de micronutrientes na folha, casca e amêndoa.

De acordo com análise de agrupamento, independente da época de coleta, os clones formaram quatro grupos para cada compartimento. No perfil individual do compartimento folha (Figura 4.11), o grupo 1 formado pelo clone CCN-10 (Figura 4.11a), apresentou as maiores teores de Cu, Fe, Mn e Zn; no Grupo 2 (Figura 4.11b) estão os clones CCN-51, CEPEC-2002 e PH-15, que apresentaram teores intermediários de micronutrientes. Os grupos 3 e 4 (Figura 4.11c e 4.11d) estão os clones com os menores teores de micronutrientes (CEPEC-2005, CEPEC-2007 e PS-1319).

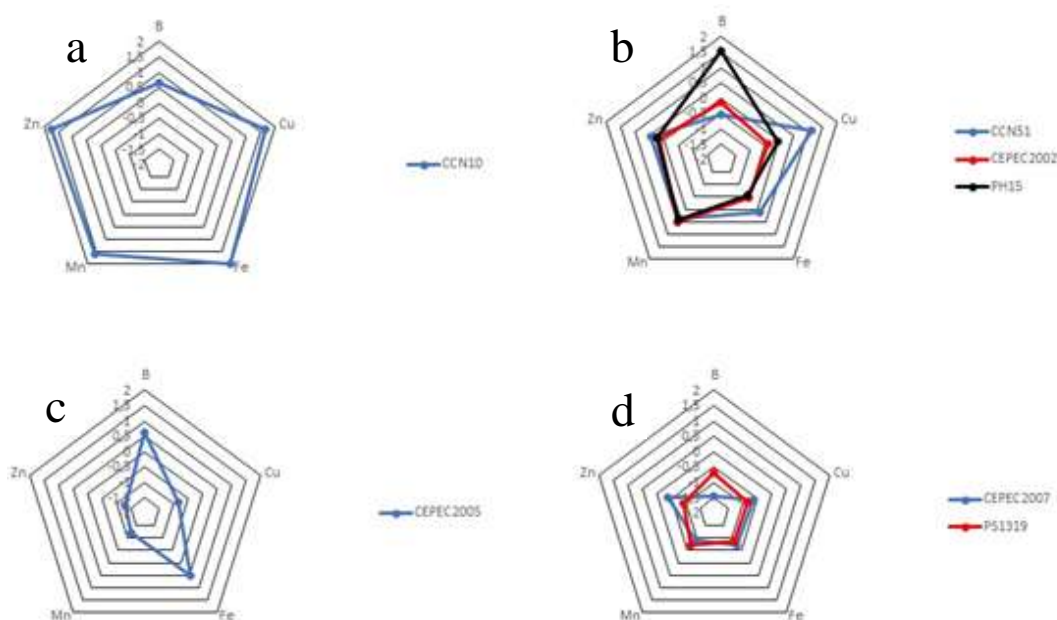


Figura 4.11 – Perfil individual para os teores de micronutrientes na folha a partir da análise de agrupamento.

Na Figura 4.12 encontra-se o perfil individual do compartimento casca, o grupo 1 (Figura 4.12a) formado pelo clone PS-1319 apresentou os menores teores de micronutrientes, mesmo sendo um clone de alto potencial produtivo, possivelmente o efeito diluição contribuiu para este comportamento; o grupo 2 (Figura 4.12b) formado pelos clones CEPEC-2005, CCN-51 e CEPEC-2007 apresentaram teores intermediários para todos os micronutrientes; o grupo 3 (Figura 4.12c) o clone CEPEC-2002 está isolado com os maiores teores de Mn e Fe; por último, o grupo 4 (Figura 4.12d) formado pelos clones CCN-10 e PH-15 com os maiores teores de Cu e Zn.

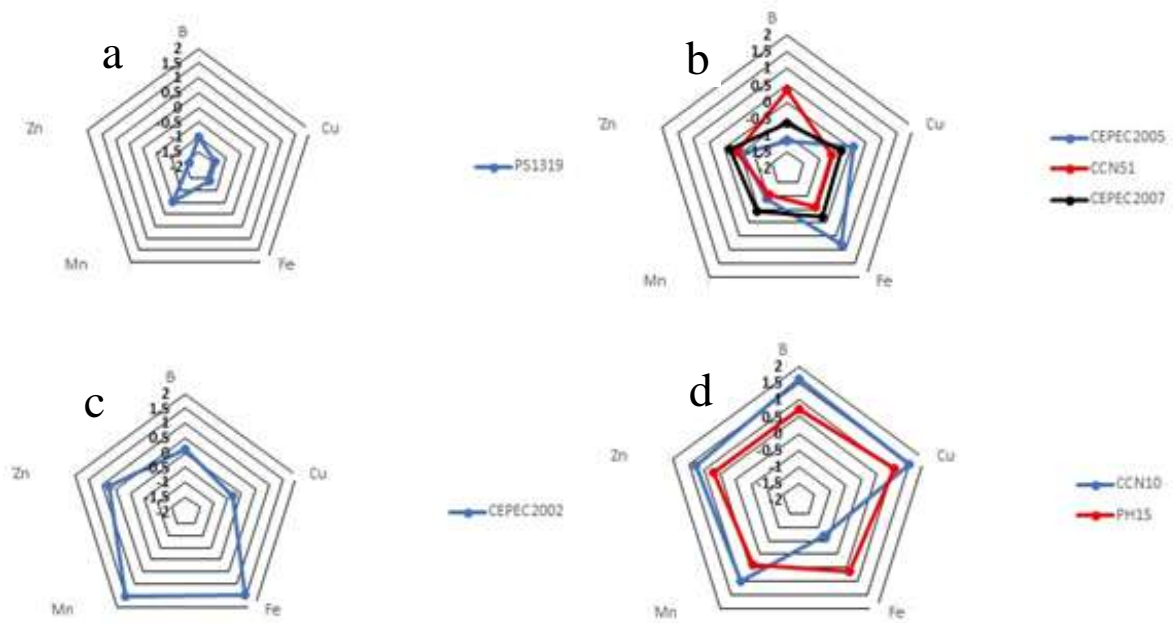


Figura 4.12 – Perfil individual para os teores de micronutrientes na casca a partir da análise de agrupamento.

O gráfico apresentado na Figura 4.13 traz informações sobre o perfil individual do compartimento amêndoa, observa-se que o grupo 1, formado pelos clones CEPEC-2002 e PS-1319, tem baixos teores de micronutrientes (Figura 4.13a); o grupo 2, formado pelos clones CEPEC-2005 e CEPEC-2007, apresenta altos teores de Fe e de Zn (Figura 4.13b); o CCN-10 tem altos teores de B, Cu e Mn, por isso ficou isolado no grupo 3 (Figura 4.13c); e o último grupo, formado pelos clones CCN-51 e PH-15, tem teores intermediários de micronutrientes na amêndoa (Figura 4.13d).

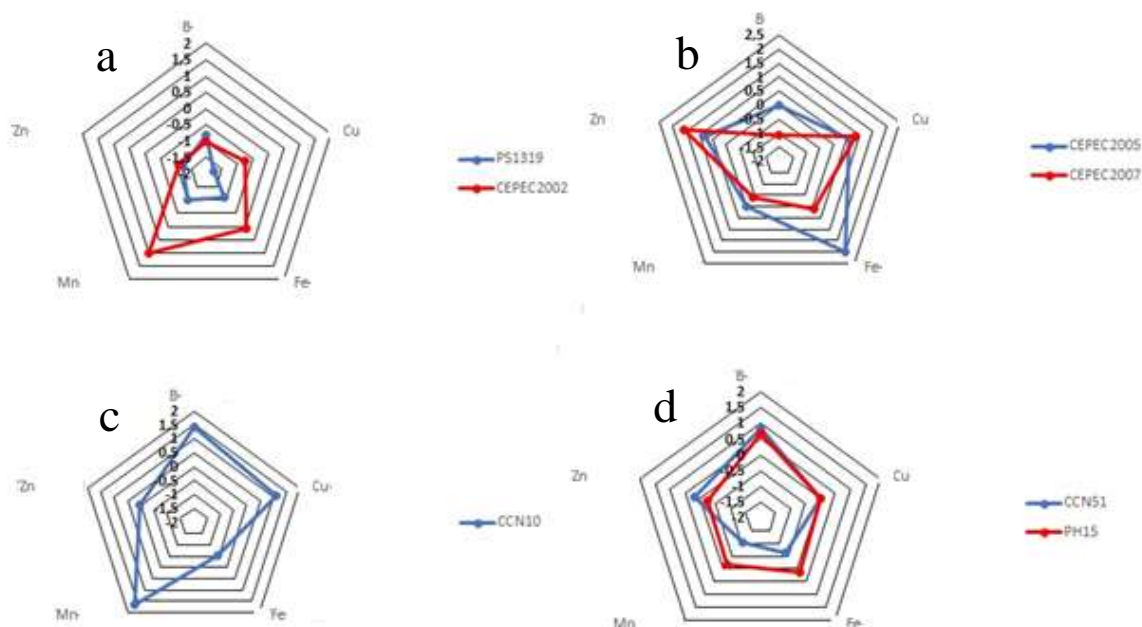


Figura 4.13 – Perfil individual para os teores de micronutrientes na amêndoa a partir da análise de agrupamento.

4.3.2.3 - Exportação de micronutrientes nos compartimentos

A exportação de nutrientes por tonelada de amêndoa seca (Tabela 4.7) é exatamente igual ao seu respectivo teor na amêndoa (Tabela 4.6), contudo para a casca não. A exportação pela casca é a quantidade de nutrientes necessária para a produção de uma tonelada de amêndoas secas (Tabela 4.7) e não por tonelada de casca (Tabela 4.6). As quantidades de micronutrientes exportadas pelo cacau são elevadas, tanto pela amêndoa quanto pela casca e, conseqüentemente, pelo fruto como um todo (AMORES et al., 2009).

Como conseqüência da variação dos teores de micronutrientes na amêndoa e na casca (Tabela 4.6) e da diferença de produção de casca por quantidade amêndoa ou proporção de amêndoas por fruto (PAF) (Tabela 3.2), há variação na exportação de todos os micronutrientes entre os materiais genéticos, seja considerando a amêndoa, a casca ou o fruto como um todo (Tabela 4.7).

A exportação pela casca, em relação à amêndoa, é maior para todos os micronutrientes, exceto para Cu. Independente do componente considerado, a maior e a menor variação (CV) na exportação de micronutrientes foi para o Mn e o Zn, respectivamente (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 – Exportação de micronutrientes nos compartimentos: casca, amêndoa e fruto de sete clones de cacauzeiros, para a produção de uma tonelada de amêndoa seca

CLONES	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Exportação pela casca					
----- g t ⁻¹ -----					
CCN-10	34,8 a	16,9 a	196,0 b	302,9 a	83,7 a
CCN-51	26,1 c	10,8 b	155,3 c	86,6 b	61,5 b
CEPEC-2002	30,7 b	13,8 a	304,6 a	283,4 a	89,8 a
CEPEC-2005	24,5 c	16,4 a	180,3 b	133,8 b	80,8 a
CEPEC-2007	20,6 d	11,5 b	178,0 b	163,6 b	65,8 b
PH-15	28,5 b	14,4 a	180,3 b	169,0 b	75,8 a
PS-1319	18,7 d	9,3 b	147,4 c	103,7 b	53,1 b
Média	26,3	13,3	191,7	177,6	72,9
CV ¹ (%)	21,4	21,7	27,4	47,6	18,1
Exportação pela amêndoa					
----- g t ⁻¹ -----					
CCN-10	14,9 a	22,0 a	35,4 b	22,3 a	44,7 a
CCN-51	13,7 b	17,0 b	33,1 b	12,0 b	40,9 b
CEPEC-2002	10,8 c	17,0 b	38,0 b	17,9 a	38,5 b
CEPEC-2005	11,7 b	19,8 a	48,6 a	15,3 b	47,7 a
CEPEC-2007	9,3 c	19,5 a	42,6 a	16,2 b	50,3 a
PH-15	13,7 a	18,5 a	42,4 a	15,0 b	43,1 b
PS-1319	10,2 c	14,8 b	32,7 b	11,9 b	37,4 b
Média	12,0	18,6	39,3	15,9	43,7
CV ¹ (%)	16,9	12,3	13,9	21,6	10,5
Exportação pelo fruto					
----- g t ⁻¹ -----					
CCN-10	49,7 a	39,0 a	231,4 b	325,2 a	128,6 a
CCN-51	39,1 b	29,1 b	191,0 c	99,6 b	105,6 b
CEPEC-2002	41,5 b	30,8 b	342,6 a	301,3 a	128,4 a
CEPEC-2005	36,2 c	36,1 a	228,9 b	149,1 b	128,6 a
CEPEC-2007	29,9 d	31,0 b	220,5 b	179,7 b	116,2 a
PH-15	42,3 b	33,0 a	222,7 b	184,1 b	118,9 a
PS-1319	29,0 d	24,1 c	180,1 c	115,5 b	90,5 b
Média	38,2	31,9	231,0	193,5	116,7
CV ¹ (%)	19,0	15,2	22,9	45,3	12,3

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ¹ Coeficiente de variação entre os clones.

De modo geral, nos compartimentos, o Fe foi o micronutriente mais exportado seguido de Mn > Zn > B > Cu. Em estudo na mesma área com os mesmos clones, Silva (2015) encontrou maior exportação para o Zn, seguido da ordem aqui encontrada (Fe > Mn > Cu). Pinto (2013) ao estudar o clone PH-16 em diferentes municípios do Sul da Bahia encontrou sequência semelhante a este estudo (Fe > Mn > Zn > Cu). Puente Páramo et al. (2016)

encontraram a sequência de extração e ordem de preferência dos nutrientes para o clone CCN-51 de $Mn > Fe > Zn > B > Cu$. Na casca, na amêndoa e, conseqüentemente, no fruto, o clone CCN-10 foi o que apresentou as maiores médias para exportação de B, Cu, Mn e Zn.

Puentes Páramo et al. (2014), avaliando o efeito da adubação na produtividade de três clones, já afirmavam que há evidências da existência de uma capacidade limite de absorção de nutrientes para cada clone, assim como a distribuição diferenciada de nutrientes na folha, na casca e na amêndoa. A diferença entre os trabalhos com este enfoque sugere que a exportação dos nutrientes é influenciada pelo material genético cultivado, ou seja, cada clone possui uma demanda nutricional que deve ser levada em consideração em cultivos monoclonais.

4.3.2.4 - Agrupamento em função da exportação de micronutrientes

Na figura 4.14 encontra-se o dendograma com a arquitetura dos agrupamentos dos clones em função da exportação de micronutrientes para cada compartimento do cacauieiro (casca, amêndoa e fruto), de acordo com análise de agrupamento hierárquico, independente da época de coleta. Todos os compartimentos formaram quatro grupos.

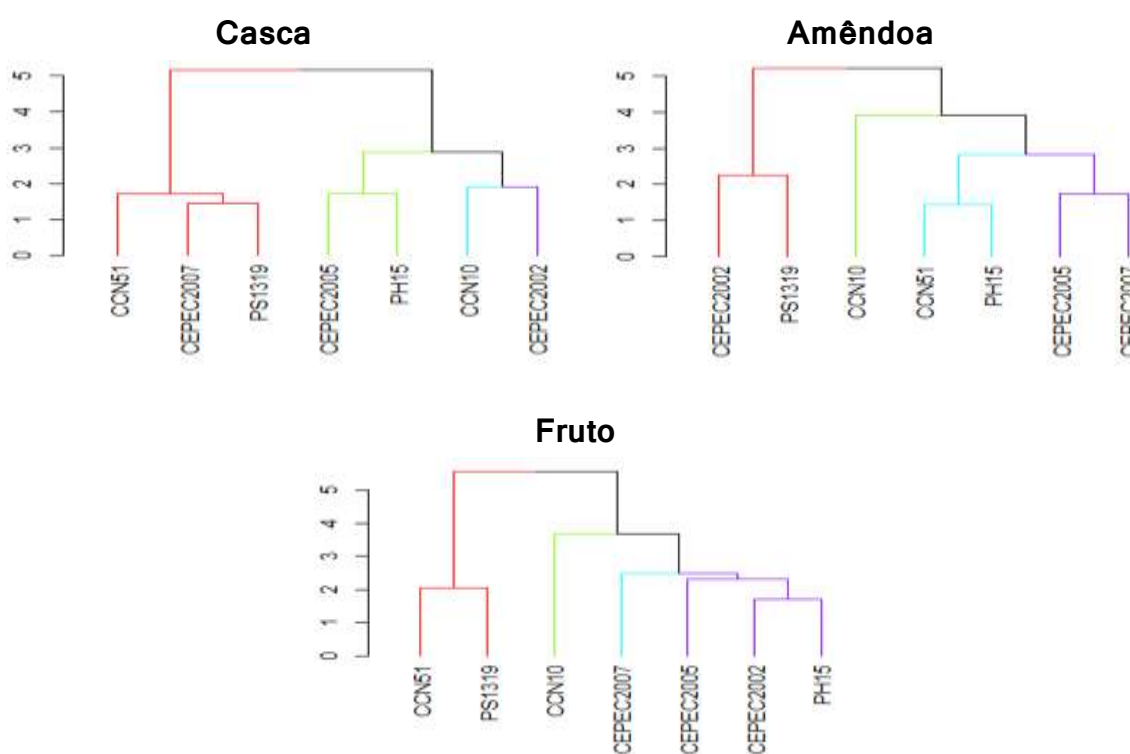


Figura 4.14 – Agrupamento hierárquico para exportação de nutrientes na casca, amêndoa e frutos.

Na figura 4.15 tem-se o perfil individual do compartimento casca, observa-se que o grupo 1, formado pelos clones CCN-51, CEPEC-2007 e PS-1319, corresponde as menores exportações de micronutrientes (Figura 4.15a); o grupo 2, formado pelos clones CEPEC-2005 e PH-15 (Figura 4.15b), representa aqueles com exportações intermediárias; o clone CCN-10 forma o grupo 3, com as maiores exportações de B, Cu e Mn (Figura 4.15c); por último, o grupo 4, formado apenas pelo clone CEPEC-2002, tem as maiores exportações de Fe e Zn (Figura 4.15d).

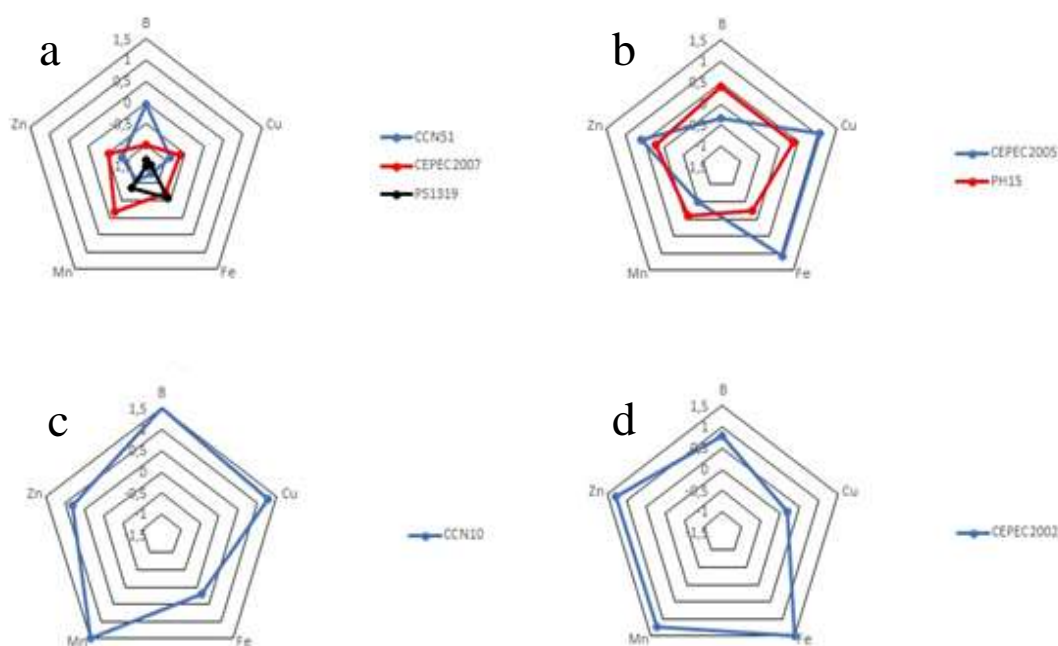


Figura 4.15 – Perfil individual para exportação de macronutrientes casca a partir da análise de agrupamento.

A figura 4.16 apresenta o perfil individual das exportações do compartimento amêndoa. O grupo1, formado pelos clones CEPEC-2002 e PS-1319, apresenta as menores exportações de micronutrientes (Figura 4.16a). O clone CCN-10 forma o grupo 2 e tem as maiores exportações de B, Cu e Mn (Figura 4.16b). O grupo 3, constituído pelos clones CCN-51 e PH-15, tem exportações intermediárias (Figura 4.16c). Por fim, o grupo 4, com os clones CEPEC-2005 e CEPEC-2007, constitui aquele com as maiores exportações de micronutrientes pela amêndoa (Figura 4.16d).

O perfil individual do agrupamento das exportações no compartimento fruto encontra-se na figura 4.17. O grupo 1, formado pelos clones CCN-51 e PS-1319, apresenta as menores exportações de micronutrientes (Figura 4.17a), certamente porque foram os clones que apresentaram maiores produtividades (Tabela 3.2), o que favorece a diluição de nutrientes no fruto. O grupo 2, representado pelo clone CCN-10, tem as maiores exportações de B, Cu e Mn (Figura 4.17b). O clone CEPEC-2007 forma o grupo 3, com os valores intermediários para exportação dos micronutrientes (Fig. 4.17c). No grupo 4 (Figura 4.17d), encontra-se os clones CEPEC-2005, CEPEC-2002 e PH-15, que também apresentaram valores intermediários, entretanto, o que lhes confere similaridade são os valores de exportação muito próximos para B, Cu e Zn, que em média, são superiores aos do grupo 3.

Com base nas quantidades de micronutrientes exportados por tonelada de amêndoas secas, por grupo de clones, pode-se fazer uma estimativa do quanto deve ser repostado por meio da adubação.

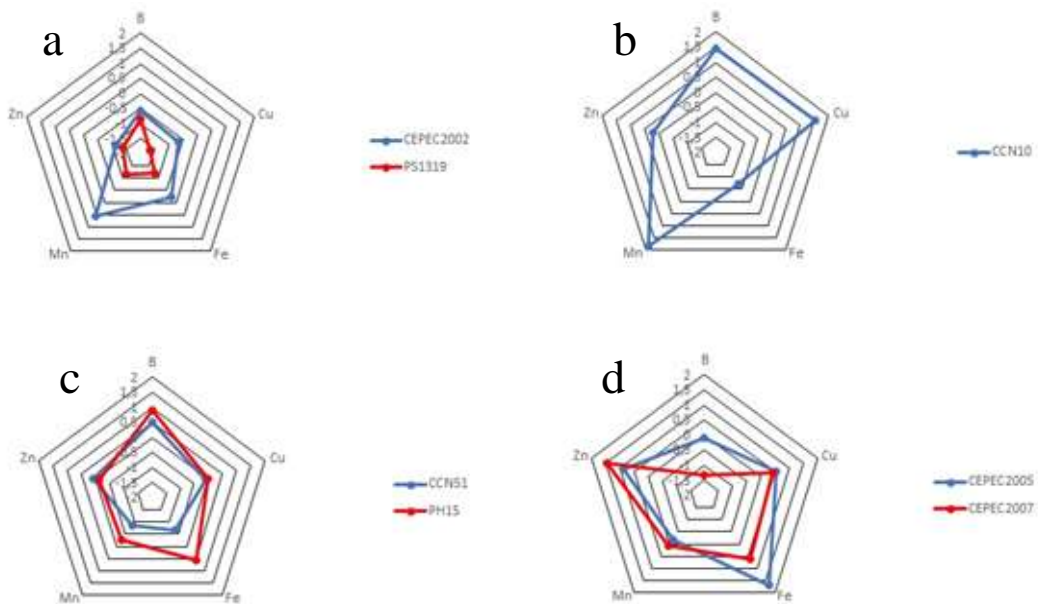


Figura 4.16 – Perfil individual para exportação de macronutrientes na amêndoa a partir da análise de agrupamento.

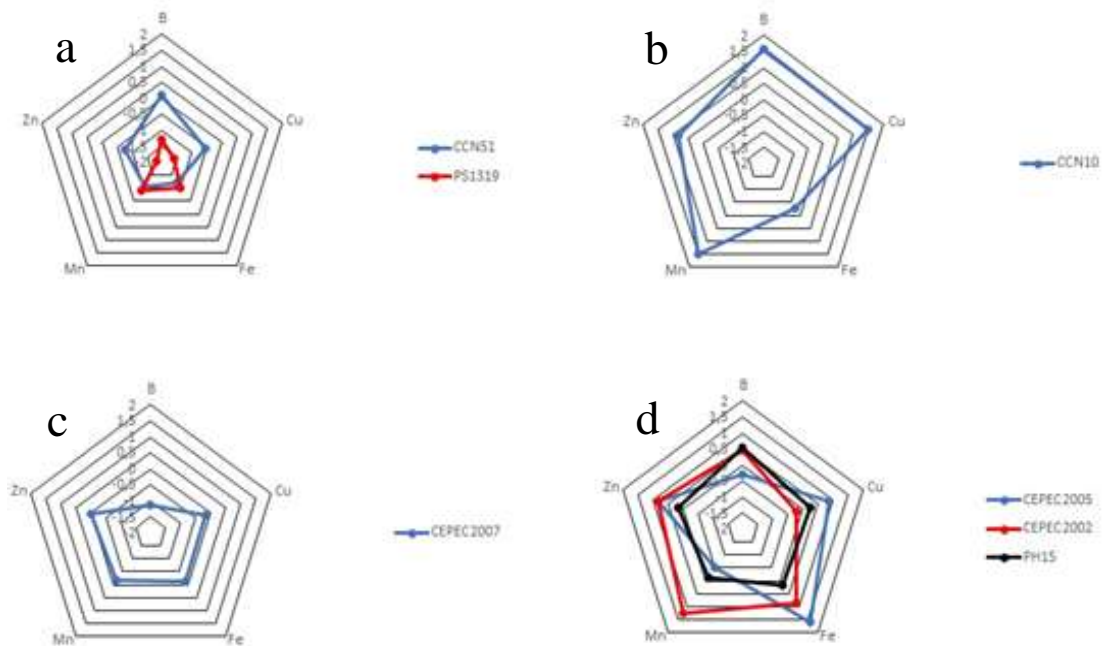


Figura 4.17 – Perfil individual para exportação de macronutrientes no fruto a partir da análise de agrupamento.

4.4 - Conclusões

Há diferença e também há similaridade entre os materiais genéticos estudados com relação aos teores de nutrientes nas folhas, nas amêndoas e nas cascas, refletindo nas demandas e nas exportações de nutrientes pelos mesmos. Isso deve ser considerado em futuras tabelas para interpretação de análises foliares e para recomendação de adubações específicas, em função da similaridade, por demanda nutricional, entre os materiais genéticos.

Há variações nos teores de alguns nutrientes nas folhas e nas cascas, em função da época de amostragem; contudo, para as amêndoas não se observou essa variação entre épocas para nenhum macronutriente, nem para cobre e zinco.

A extração/exportação de nutrientes é maior pela casca do que pela amêndoa do cacau, exceto para N, P e Cu; o que evidencia a importância do retorno distribuído destas cascas ao solo, propiciando ciclagem dos nutrientes, especialmente mais uniforme, e demanda menor por fertilizantes externos.

4.5 - Referências

- ALMEIDA, H. A. **Probabilidade de ocorrência de chuva no sudeste da Bahia**. Ilhéus: CEPLAC-CEPEC, 2001. 32p. (Boletim Técnico, 182)
- AMORES, F.; PALACIOS, A.; JIMÉNEZ, J.; ZHANG, D. **Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de Esmeraldas**. Quevedo, Los Ríos, Equador: INIAP, 2009. 120p. (Boletim Técnico. 135)
- CHEPOTE, R. E. Efeito do composto da casca do fruto de cacau no crescimento e produção do cacauzeiro. **Agrotropica**, v. 15, n. 1, p. 1-8, 2003.
- CHEPOTE, R. E. et al. Aptidão agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacauzeiro. In: VALLE, R. R. (Ed.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacauzeiro**. Brasília, DF, 2012, p. 67-113.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária – Safra 2014/2015**. Brasília: CONAB, v.2, 2014, 155p.
- COSTA, E. L. **Exportação de nutrientes em frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em três solos da Amazônia Central**. 2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - INPA, UFAM, Manaus, 2006.
- CRUZ NETO, R. O. et al. Growth and nutrition of cacao seedlings influenced by zinc application in soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 1053-1064, 2015.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. SILVA, F.C. (Ed. Técnico). 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. 627p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 77, p. 185-268, 2002.
- GAMA-RODRIGUES, A. C. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil**. 1997. 108 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal - Cultura temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. v.41, 90p.
- ICCO - International Cocoa Organization. **Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics - Cocoa year 2016/17**. London (UK): ICCO, 2017. v. 43, n. 1, 10p.
- LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1969-1975, 2008.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1995. 902p.

MORA, J. R.; BURBANO, O. H.; BALLESTEROS, P.W. Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.). **Revista de Ciencias Agrícolas**, v.28, n.2, p.81-94, 2011.

NAKAYAMA, L. H. I. Avaliação do estado nutricional das combinações hídricas de cacau cultivado em Latossolo Amarelo Distrófico Típico. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 22, n. 1, 5 – 10 p. 2010.

NAKAYAMA, L. H. I. **Manejo químico do solo para o cacau brasileiro. Sistema de produção de cacau para Amazônia brasileira**. CEPLAC: Belém. 2001. 125p.

NAKAYAMA, L. H. I.; ANDERBRHAN, T.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Indução de resistência em *Theobroma cacao* ao *Crinipellis pernicioso*, agente causador da vassoura-de-bruxa, através de fertilizantes e ácido salicílico. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 1998, Caxambu. **Resumos**. Caxambu. 1998. p. 527.

PEREIRA, J. L.; VALLE, R. R; Manejo Integrado da Vassoura de Bruxa do Cacau. In: Valle, R. R. (Ed.) **Ciência tecnologia e manejo do cacau**. Brasília, DF, 2012, p. 357-375.

PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 2. ed. rev. e ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 162p.

PINTO, F. C. **Fertilidade do solo e partição de nutrientes em cacauzeiros**. 2013. 103p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2013.

PUENTES PÁRAMO, Y. J. et al. Influence of the relationship among nutrients on yield of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones. **Acta Agronómica**. v.65, n.2, p.176-182, 2016.

PUENTES PÁRAMO, Y. J. et al.. Absorción y distribución de nutrientes em clones de cacao y sus efectos em el rendimiento. **Acta agronómica**, v.63, n.2, p.145-152, 2014.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de determinação de fósforo em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.2037-2049, 2008.

SILVA, P. H. L. **Produtividade e exportação de nutrientes catiônicos por cacauzeiros no Sul da Bahia**. 2015. 50p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2015.

SODRÉ, G. A. et. al. Extrato da casca do fruto do cacauzeiro como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacauzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 881-887, 2012.

SOUZA JÚNIOR, J. O. et al. Diagnose Foliar na Cultura do Cacau. In: Prado, R. M. (Ed.). **Diagnose de plantas: diagnose foliar em frutíferas**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 2012. p. 443-476.

SOUZA, C. A. S.; AGUILAR, M. A. G.; DIAS, L. A. S. Nutrição, calagem e adubação. In: SOUZA, C. A. S. et al (Ed.). **Cacau: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. p. 139-177.

YUPANQUI, H. A. H. et al. Presencia de metales pesados em cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgânico. **Acta Agronómica**. v.61, n.4, p.339-344, 2012.

5 - CONCLUSÕES GERAIS

Os clones CCN-51 e PS-1319 apresentaram o melhor perfil agronômico com características superiores em relação à produção de amêndoas chegando a 7.555 e 5.377 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, e baixo índice de frutos para cada 1000 kg de amêndoas secas. O clone CEPEC 2005 foi o que apresentou, no conjunto, os piores indicadores agronômicos.

Nas folhas a ordem decrescente dos teores foi: N > K > Ca > Mg > P > S e nos frutos decresceu da seguinte forma: K > N > P > Mg > Ca > S, sendo que as exportações foram maiores na casca do que a amêndoa. No geral, houve variação dos teores de micronutrientes na folha, na amêndoa e na casca entre os materiais genéticos estudados, refletindo na exportação diferenciada. A exportação de micronutrientes para todos os compartimentos foi semelhante, sendo Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Há diferença e também há similaridade entre os materiais genéticos estudados com relação aos teores de nutrientes nas folhas, nas amêndoas e nas cascas, refletindo nas demandas e nas exportações de nutrientes pelos mesmos. Isso deve ser considerado em futuras tabelas para interpretação de análises foliares e para recomendação de adubações específicas, em função da similaridade, por demanda nutricional, entre os materiais genéticos.

Há variações nos teores de alguns nutrientes nas folhas e nas cascas, em função da época de amostragem; contudo, para as amêndoas não se observou essa variação entre épocas para nenhum macronutriente, nem para cobre e zinco.

A extração/exportação de nutrientes é maior pela casca do que pela amêndoa do cacau, exceto para N, P e Cu; o que evidencia a importância do retorno distribuído destas cascas ao solo, propiciando ciclagem dos nutrientes, especialmente mais uniforme, e demanda menor por fertilizantes externos.