

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DO GUARANAZEIRO
[*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke]**

EMMANOEL BARBOSA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JUNHO - 2019**

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DO GUARANAZEIRO
[Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke]

EMMANOEL BARBOSA

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal da Bahia, 1985

Tese submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientadora: Prof^ª· Dr^ª Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

Coorientador: Dr^º. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Coorientador: Dr^º. Everton Hilo de Souza

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

JUNHO - 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

B238b	<p>Barbosa, Emmanoel. Biologia floral e reprodutiva do guaranazeiro [<i>Paullinia cupana</i> var. <i>Sorbilis</i> (Mart.) Ducke] / Emmanoel Barbosa. – Cruz das Almas, BA, 2019. 87f.; il.</p> <p>Orientadora: Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa. Coorientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Guaraná – Cultivo. 2.Guaraná – Biologia floral. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Souza, Everton Hilo de. III.Título.</p> <p>CDD: 633.7</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
EMMANOEL BARBOSA**

Prof. Dr^a Maria Angélica P. de Carvalho Costa
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - UFRB
Examinador Interno (Orientadora)

Prof. Dr^a. Ana Cristina Vello Loyola Dantas
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB
Examinador Externo

Prof^a. Dr^a. Carla da Silva Souza
Instituto Federal Baiano – IFBaiano
Examinador Externo

Prof^a. Dr^a. Geni Sodré
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB
Examinador Interno

Dr^a. Cristina Ferreira Napumuceno
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB
Examinador Externo

Tese homologada pelo Colegiado de Curso de Doutorado em Ciências Agrárias
em.....
Conferindo o Grau de Doutor em Ciências Agrárias em

“O Senhor é meu pastor, nada me faltará”.
Salmo: 23

À minha mãe adotiva, Maria Agelia Alves Sampaio ,
por sempre colocar a educação e o caráter
como os principais fatores para o crescimento humano.

DEDICO

À toda minha grande família

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente cada dia mais forte em minha vida, por ter me iluminado, concedido saúde e força por mais uma vitória.

À minha sempre orientadora e amiga, Professora Dr^a. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa, pela orientação, amizade, paciência, confiança, empenho e apoio durante todas as fases de execução dos nossos trabalhos.

À minha querida esposa Edna Isabel de Sousa Oliveira Barbosa, pelo amor, companheirismo, dedicação e incentivo e principalmente agradeço aos meus amados filhos, Junior , Felipe e Isabele por me darem força para conseguir concluir essa tese.

À UFRB pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa e apoio regular ao Curso de Doutorado.

Aos professores da Pós-Graduação, Dr^o. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho e Dr. Everton Hilo pela coorientação e colaboração incondicional.

À Dr^a Andreia Santos do Nascimento pela ajuda nas análises químicas de viabilidade do grão de pólen.

À Colega Simone Sacramento dos Santos Silva, pela grande ajuda nas atividades de laboratório.

À minha amiga Dani, sempre firme nos cortes histológicos

Ao Prof. João Albany, pelos ensinamentos e colaboração nas análises estatística.

A Dr^a Maria Angélica e ao Dr^o Carlos Alfredo Lopes de Carvalho por cederem os laboratório e me auxiliarem nas produções dos meios de cultura e identificação de espécies de insetos visitantes.

Ao amigo Dr^o Paulino Pereira Oliveira, que gentilmente autorizou a utilização dos equipamentos para microfotografia do (LAMIV) Laboratório de Micromorfologia Vegetal (UEFS), e ao amigo Msc. Alexsandro dos Santos Sousa, pelos treinamentos aos equipamentos de microfotografia.

A ex-aluna do curso técnico em Agropecuária, Greice Quele Oliveira, assim como à estudante de Agronomia da UFRB, Hirlana Faria e Família e ao formando Andrade Alves dos Santos. Ao amigo Eliabe Barros, por gentilmente nos ceder sua propriedade para as primeiras coletas de dados.

À família “Barreto” (Cosme Osvaldo Souza Barreto), pela disponibilidade da sua propriedade e colaboração para a coleta de dados gentilmente feito pelas suas filhas, Sonale e Naely Barreto.

Aos meus colegas do curso, pelo apoio e amizade.

Aos funcionários da Pós- Graduação do Programa em Ciências Agrárias da UFRB .

À Banca examinadora, pelas sugestões.

A todas as pessoas que torceram e torcem por mim.

Muito obrigado!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
Artigo 1	
CARACTERÍSTICAS FLORAIS E ONTOGENIA DO FRUTO DE GUARANAZEIRO [<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke].....	24
Artigo 2	
MORFOANATOMIA FOLIAR E FLORAL DE [<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke] (Sapindaceae).....	45
Artigo 3	
BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE [<i>Paullinia cupana</i> , var. <i>sorbilis</i> (Martius) Ducke]	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DO GUARANAZEIRO [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]

Autor: Emmanoel Barbosa

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

Coorientador: Dr^º. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Coorientador: Dr^º. Everton Hilo de Souza

RESUMO: O guaranazeiro, [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], é a espécie mais conhecida da família Sapindaceae, em função da demanda de suas sementes pelas indústrias de bebidas, para atender ao promissor mercado de refrigerantes e energéticos, tanto o nacional como o internacional. O conhecimento sobre a biologia floral e reprodutiva permite estabelecer o momento, duração e intensidade da florada em uma espécie, assim como a sua influência sobre o comportamento dos polinizadores. Estudos fenológicos procuram discutir como eventos biológicos repetitivos, tais como floração e frutificação, estão relacionados com a sazonalidade climática e as interações ecológicas. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi estudar a morfoanatomia floral e foliar, bem como a biologia floral e reprodutiva do guaranazeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] em plantios comerciais localizados na região de Valença, Estado da Bahia Brasil, visando estratégias de manejo e melhoramento genético. O guaranazeiro apresenta antese noturna das flores pistiladas e as flores estaminadas diurna. A maturação e conseqüentemente a colheita dos frutos ocorre entre cinquenta a sessenta dias após a antese. As maiores porcentagens de germinação e comprimento do tubo polínico foram obtidas em meios de cultura BK. Os testes histoquímicos demonstraram que o reativo de Alexander e o corante 1: 2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) promoveram resultados mais fidedignos quanto à estimativa da viabilidade e fertilidade dos grãos de pólen. O estigma está receptivo desde a antese até 14 h horas após abertura floral; portanto, a maior receptividade foi registrada 04 horas após a abertura da flor. A espécie é preferencialmente alógama autoincompatível, portanto, para manter a produção de sementes viáveis há necessidade da presença de agente polinizador. Algumas espécies da família Apidae foram os visitantes florais mais freqüentes.

Palavras-chave: Polinização; receptividade de estigma; desenvolvimento do fruto; visitantes florais

FLORAL AND REPRODUCTIVE BIOLOGY OF GUARANA TREE [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]

Author: Emmanoel Barbosa

Advisor: Prof. Dr. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

Co-advisor: Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Co-advisor: Dr. Everton Hilo de Souza

ABSTRACT: The guarana tree [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], is the most known species from the Sapindaceae family, because of the demand for its seeds by the beverage industries, to serve the promising market of soft drinks and energy drinks, both national and international. The knowledge about the floral and reproductive biology allows establishing the moment, duration and intensity of the bloom of a species, as well as its influence on the pollinator's behavior. Phenological studies look for discussing how repetitive biological events, such as bloom and fruiting, are related with the climatic seasonality and with the ecological interactions. In this context, the objective of this study was to study the floral and leaf morphoanatomy, as well as the floral and reproductive biology of the guarana tree [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] in commercial orchards located at the Valença region, Bahia state (Brazil), aiming at management strategies and plant breeding. The guarana tree presents night anthesis at the pistiled flowers and day-long anthesis at the staminate flowers. Maturation and consequently the harvest of the fruits occurs between fifty to sixty days after the anthesis. The higher germination percentages and the longer pollen tubes were obtained in the BK culture media. The histochemical tests showed that the Alexander's reactive and the dye 1:2,3,5-tripheniltetrazolium (TTC) promoted more reliable results regarding the estimation of the viability and fertility of the pollen grain. The stigma is receptive from the anthesis until 14 hours after the floral opening, therefore, the greatest registered receptivity was 04 hours after the floral opening. The species is preferentially allogam and self-incompatible, therefore, to maintain the viable seeds production the pollinating agents need to be present. Some species from the Apidae family were the most frequent visitors at the flowers.

Keywords: Pollination; stigma receptivity; fruit development; floral visitors

REFERENCIAL TEÓRICO

Sapindaceae é uma família monofilética (BUERKI et al., 2010) e representada por cerca de 2000 espécies e 145 gêneros, que se distribuem nas regiões tropicais e subtropicais, com alguns gêneros nas regiões temperadas (ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2011). No Brasil, há registro de 27 gêneros e 419 espécies, das quais 220 ocorrem na Floresta Amazônica e 191 na Floresta Atlântica (SOMNER et al., 2017), dados que evidenciam estes locais como centros de diversidade da família.

Diversas espécies de Sapindaceae possuem importância econômica, em destaque para o guaranazeiro, [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], a mais conhecida da família, devido à utilização de suas sementes e na fabricação de refrigerantes e energéticos (GUARIM-NETO et al., 2000).

A importância da cultura é evidenciada pela demanda de sementes pelas indústrias de bebidas, para atender ao promissor mercado de refrigerantes e energéticos, tanto nacional como internacional (SEBRAE, 2019).

O guaraná é processado e consumido na forma de pó, bastão, xaropes e extratos. É, ainda, utilizado na fabricação de bebidas energéticas, sorvetes, cosméticos, confecção de artesanato, entre outros usos (SEBRAE, 2019), a exemplo de fármacos, utilizados para fins antitérmico, antigripal, antineural e antidiarréico (GHEDIRA e GOETZ, 2013).

A produção do guaraná é exclusivamente brasileira, e está concentrada na região norte e nordeste com 739 e 2600 toneladas por hectare, respectivamente, na safra 2016. Na região Norte, a maior produção concentra-se no Estado do Amazonas (689 toneladas por hectare), seguido de Rondônia (36 toneladas por hectare), Pará (12 toneladas por hectare) e Acre (2 toneladas por hectare). Na região Nordeste a produção é exclusivamente no Estado da Bahia (IBGE, 2019), especificamente na região do Baixo Sul.

Embora tenha se constatado o aumento da área colhida, não houve aumento na produção de guaraná no Brasil, que demonstrou uma queda de 6,57%, alcançando 3.288 toneladas e a produtividade teve uma retração de 31,9%, safra de 2016. Isto pode ser associada aos velhos guaranazeiros que têm diminuído substancialmente suas produtividades, (CONAB, 2019) associado ao manejo da

cultura e ausência de material genético com potencial a atender resistência as doenças e às condições abióticas do meio de cultivo.

A obtenção de materiais genéticos de alta produtividade associado à resistência a pragas e doenças, bem como identificação práticas de manejo adequado permitirão melhorar o desempenho da cultura, preservando o meio ambiente e aumentando a renda do produtor rural.

Neste contexto, compreender a biologia floral e reprodutiva possibilitará auxiliar desenvolvimento de estratégias visando o aumento da produtividade e realização do manejo de polinizadores eficientes, principalmente em plantações comerciais.

Origem, domesticação e importância econômica

O primeiro registro da espécie foi atribuído ao Frei Betendorf, em 1669. Apenas em 1810 dois botânicos, Humboldt e Bonpland, em viagem pela Venezuela coletaram material vegetal, os quais foram classificados por Kunt, como *Paullinia cupana*, família Sapindaceae. Esta espécie tem procedência conhecida apenas nas áreas ao sul das cachoeiras Atures e Maipures, no rio Orenoco, e na região do alto rio Negro e seus afluentes, região das fronteiras entre Brasil, Venezuela e Colômbia. Posteriormente, Martius viajando pelo rio Amazonas coletou um material botânico e classificou como *Paullinia sorbilis*. Acredita-se que esse guaranazeiro já era cultivado na região de Maués. Dessa forma, *Paullinia cupana* var. *cupana* foi classificada como a forma típica e é raramente encontrada; enquanto que, *Paullinia cupana* var. *sorbilis* a forma cultivada, é comumente encontrada na região amazônica (CLEMENT et al., 2010; SMITH et al., 2010).

Os biomas brasileiros com maior diversidade de *Paullinia* são a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica com 73 e 26 espécies, respectivamente (SOMNER et al., 2014). Segundo Medeiros et al. (2016) cerca de 70% das espécies tiveram sua distribuição restrita ao domínio amazônico e 44% estão restritas ao sudoeste da Amazônia, sugerindo que esta região é uma centro de diversidade para o gênero.

O guaranazeiro, *Paullinia cupana* var. *sorbilis*, é uma planta tipicamente brasileira, nativa da Floresta Amazônica e hoje adaptada e cultivada também em outras regiões do país (HOMMA, 2014). Seu cultivo começou na era pré-colombiana

com as primeiras tribos indígenas do Baixo Amazonas, tais como os Sateré Maués e os Andiras (PEREIRA, 1954).

A domesticação e distribuição da espécie no Brasil devem-se aos índios Maués e Andiras que utilizavam as sementes do guaranazeiro como fonte de energia e na cura de diversas doenças (MEURER-GRIMES et al., 1998). É a espécie que apresenta a maior importância econômica em todo o gênero e, tem a mais ampla e difundida utilização (HAMERSKI et al., 2013).

A importância da cultura é evidenciada pela demanda de sementes pelas indústrias de bebidas, para atender ao promissor mercado de refrigerantes e energéticos, produzidas a partir das sementes ou da síntese de bastão, pó ou xarope (SANTOS, 2017, SEBRAE, 2019), bem como pela suas propriedades farmacêuticas e medicinais (HAMERSKI et al. 2013, MARQUES et al., 2016).

O guaraná apresenta-se como alimento funcional, pois desempenha funções diversas que vão além das nutricionais, pois possui substâncias que atuam no organismo modulando funções bioquímicas e fisiológicas, o que confere proteção à saúde, retardando, processos patológicos que conduzem a doenças crônicas e degenerativas (SGARBIERI e PACHECO, 1999, SBRT, 2019).

Em 2017, a produção nacional de guaraná foi de 3.288 toneladas de semente seca, em uma área colhida de 15.002 hectares e rendimento médio de 219 kg/ha. A Região Nordeste é a principal produtora da cultura, responsável por 71,2 % da produção nacional, obteve 2 340 toneladas, em uma área colhida de 6 500 hectares, com um rendimento médio de 360 kg/ha, o que representa toda a produção da Bahia, dado que é o único estado produtor da região. O segundo estado maior produtor é Amazonas (22,6%), seguido do Mato Grosso (5,5%),Pará (4,4%), Rondônia (0,2%) e Acre (0,06%) (IBGE, 2017; CONAB, 2019).

A maior parte da produção atende praticamente ao mercado nacional. Estima-se que 70% de produção sejam absorvidas pelos fabricantes de refrigerantes e o restante comercializado na forma de xarope, bastão, pó e extrato. A quantidade exportada, cerca de 30%, ainda incipiente, tem sido realizada principalmente na forma de extrato concentrado seco e em pó (SEBRAE, 2019). Recentemente, na Europa, o guaraná vem sendo associado a cervejas e coquetéis alcoólicos, bebidas gaseificadas e energéticas, a elixires e xaropes com plantas aromáticas, chicletes, pastilhas e pão de especiarias (FIGUEROA, 2016).

Embora reconhecido potencial econômico do guaraná para o País, tem-se constatado uma redução da produtividade da cultura de 322 kg/ha, ano 2016, para 219 kg/ha, em 2017 (CONAB, 2019), fato este que deve ser atribuído às condições climáticas somado a baixa qualidade genética das mudas, que prejudicaram, sobremaneira, a produtividade dos guaranazeiros nos Estados. Estes dados demonstram a necessidade de se avançar nos programas de melhoramento, buscando novas cultivares, que apresentem resistência às principais doenças da cultura, maior produtividade e rentabilidade para os produtores, para as regiões de plantio da cultura.

Aspectos Botânicos

O guaranazeiro é uma planta lenhosa de hábito trepador (ÂNGELO et al., 2010). As flores ocorrem em inflorescências de dois tipos: as de ramo que se desenvolvem nas axilas das folhas, e, as penduladas, que se desenvolvem nas gavinhas, são zigomorfas, pequenas e de coloração branca (ESCOBAR et al., 1985, NASCIMENTO FILHO et al., 2001). Na mesma inflorescência são encontradas flores estaminadas e pistiladas, com picos de floração dessincronizados (GONDIM, 1984). A antese inicia-se pela abertura das flores masculinas, seguida das femininas (NASCIMENTO FILHO et al., 2001).

A espécie é alógama com polinização feita principalmente por abelhas (GONDIM, 1984). Entretanto, pode ocorrer considerável grau de autofecundação, por apresentar abertura de flores de ambos os sexos em ramos diferentes, numa mesma planta (ESCOBAR et al., 1984).

O fruto é uma cápsula pequena arredondada, deiscente, cresce em cachos e quando maduro tem coloração que vai desde amarelo-alaranjada, passando por vermelho-amarelada até vermelho-vivo e brilhante. Frutos com um, dois ou três óvulos fecundados são comuns (ÂNGELO et al., 2008).

As sementes são negras com arilo branco e espesso e, quando maduros, se apresentam semi-abertos que lembram pequenos “olhos” (SOUZA et al., 1996). Detêm valor comercial, pois quando secas ou torradas, dão origem ao produto comercial com alto teor de cafeína (2,5 a 6%), cerca de 2 a 5 vezes mais que as sementes de café (SOUZA et al., 2010). Também apresentam grande quantidade de amido (60% da semente seca), tanino (em torno de 10%), teobromina (0,03 a

0,17%) e teofilina (0,02 a 0,06%) , além de serem ricas em fósforo, potássio, ferro, cálcio, tiamina, vitamina A, proteína e açúcares (ASHIHARA e CROIZIER, 2001; BASILE et al., 2005;).

As folhas são alternas, compostas de cinco folíolos, o pecíolo é canaliculado no bordo superior e possui em torno de 8 a 19 cm (NASCIMENTO FILHO et al., 2001). O caule possui coloração castanho amarelada e o sistema radicular é do tipo pivotante fasciculado (SOUZA et al., 1996).

A importância do estudo da biologia floral e reprodutiva

O conhecimento da biologia floral e reprodutiva é fundamental para o entendimento das interações entre o grão de pólen e estigma, flores e polinizadores, bem como o sucesso reprodutivo das espécies vegetais para estratégias de sobrevivência e mecanismos de preservação (LENZI e ORTH, 2004; NEGRELLE e MURARO, 2006). Adicionalmente, esses estudos também auxiliam trabalhos de manejo, domesticação, melhoramento genético, taxonomia, relações ecológicas e polinização (OLIVEIRA et al., 2003; MAYER et al., 2011).

O conhecimento sobre a fenologia floral permite estabelecer o momento, duração e intensidade da floração em uma espécie, assim como a sua influência sobre o comportamento dos polinizadores (AKER, 1982; TSCHAPKA, 2004).

Estudos relacionados à biologia floral e reprodutiva de *Paullinia cupana* não demonstram o horário da antese e pós antese, o período de viabilidade do estigma e grão de pólen. Tais estudos dão mais ênfase ao padrão de floração, habilidade de polinização e aos visitantes florais (MOREIRA FILHO et al., 1975; CARRANZA et al., 1981; ERICKSON et al., 1984; ESCOBAR et al., 1984; GONDIM, 1984; KRUG et al., 2015), na região Amazonica ainda que incipientes, vez que as investigações relacionadas à cultura do guaraná são principalmente de caráter antropológico, fitoquímico e agrônômico, nos campos de economia agrícola, seleção de mudas, nutrição mineral e fitopatologia.

Na Bahia, a literatura é escassa em relação à cultura e as características como padrão de floração, habilidade de polinização e visitantes florais, viabilidade de pólen e estigma, podem variar em função do manejo da cultura e das condições edafoclimáticas que a cultura é submetida. Portanto, entender o mecanismo da biologia floral e reprodutiva na região de cultivo do guaranazeiro na Bahia

possibilitará auxiliar no desenvolvimento de estratégias visando o aumento da produtividade, e realizar o manejo de polinizadores eficientes, principalmente em plantações comerciais.

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi estudar a morfoanatomia floral e foliar, bem como a biologia floral e reprodutiva do guaranazeiro [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] em plantios comerciais localizados na região de Valença, Estado da Bahia, visando estratégias de manejo e melhoramento genético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELZEN P. C.; ADEMA F.; VAN DER HAM R. W. J. M. Sapindaceae. p. 357–407 in **The families and genera of vascular plants**. Eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae, ed. K. Kubitzki. Berlin: Springer. 2011.

AKER, C. L. Spatial and temporal dispersion patterns of pollinators and their relationship to the flowering strategy of *Yucca whipplei*. **Oecologia**, Heidelberg, v.54, n.2, p. 243-252, 1982

ÂNGELO, P.C.S.; MORAES, L.A.C.; SOUSA, N.R.; QUISEN, R.C. Indução de *calli* em explantes de guaranazeiro visando a embriogênese somática. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.16, p. 133-137.2010.

ASHIHARA H, CROIZIER A. Caffeine: a well known but little mentioned compound in plant science. **Trends Plant Science**.; v.6, n.9, p 407-413, 2001.

BASILE A; FERRARA L, DEL PEZZO M, MELE G, SORBO G, BASSI P, MONTESANO D. Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from *Paullinia cupana* Mart. Brazil **Journal of ethnopharmacology** v. 102, n. 1, p32-6. 2005

BUERKI, S.; LOWRY II, P.P.; ALVAREZ, N., ;AZAFIMANDIMBISON, S. G.KÜPFER, P.; CALLMANDER, M. W. Phylogeny and circumscription of Sapindaceae revisited: Molecular sequence data, morphology and biogeography support recognition of a new family, Xanthoceraceae. **Plant Ecology and Evolution**, v. 143, n. 2, p.148-159. 2010.

CARRANZA, R.E, CORREA, M.P.F., BATISTA, M. DE F. Técnicas para polinizações controladas em guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). Manaus: EMBRAPA-UEPAE Manaus. 3p. (EMBRAPA-UEPAE Manaus. Pesquisa em Andamento, 25). 1981.

CLEMENT, C.R.; CRISTO-ARAÚJO, M.; EECKENBRUGGE, G.C.; PEREIRA, A.A.; PIÇANHO-RODRIGUES, D. Origin and Domestication of Native Amazonian **Crops. Diversity**, v.2, p. 72-106. 2010.

CONAB- - Companhia Nacional de Abastecimento Guaraná. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_22_17_16_07_guarana_2_-_julho_de_2017.pdf. Acesso 18 de abril de 2019.

ERICKSON, H.T., CORRÊA, M.P.F., ESCOBAR, J.R. Guarana (*Paullinia cupana*) as a commercial crop in Brazilian Amazonia. **Economic botany**, v.38, n.3, p. 273–286, 1984.

ESCOBAR, J. R.; CORRÊA, M. P. F.; AGUILERA, F. P. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 615-622, 1984.

ESCOBAR, J.R.; COSTA, P.R.C.; CORRÊA, M.P.F.. Estimativa de variação do número de flores femininas efetivas do guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.12, p.1365-1371, 1985.

FIGUEROA, A. L. G. Guaraná, a máquina do tempo dos Sateré-Mawé. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 11, n. 1, p. 55-85, 2016.

GHEDIRA K.; GOETZ, P. Guarana, *Paullinia cupana* Kunth ex H.B.K. var. *sorbilis* (Sapindaceae). **Phytothérapie** n.11, p. 121-125, 2013.

GONDIM, C. J.E.. Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke - Sapindaceae). **Acta amazonica**, Manaus, v. 14, n. 1-2, p. 9-38, 1984.

GUARIM-NETO, G., SANTANA, S.R. & SILVA, J.V.B. Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Juss. **Acta Botanica Brasilica**. n.1, p. 327-334. 2000.

HAMERSKI, L.; SOMNER, G.; TAMAIO, N.. *Paullinia cupana* Kunth(Sapindaceae): A review of its ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Medicinal Plant Research**, n.7, p.2221–2229. 2013.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE)**, p.468 2014.

IBGE. <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/bahia>. Acesso em 18 de abril de 2019.

KRUG, C., GARCIA, M. V.S. B., GOMES, F. B. A scientific note on new insights in the pollination of guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) .**Apidologie** v. 46, n. 2, p. 164-166, 2015.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, p. 198-201, 2004.

MARQUES, L.L; PANIZZON, G,P; AGUIAR, B. A.;SIMIONATO, A. S. CARDOZO-FILHO, L.;ANDRADE, G.; DE OLIVEIRA, A.G.; GUEDES, T.A.; MELLO, J.C.. Guaraná (*Paullinia cupana*) seeds: Selective supercritical extraction of phenolic compounds. **Food Chemistry**. 212 p. 703–711, 2016.

MAYER, C.; ADLER, L.; ARMBRUSTER, W. S.; DAFNI, A.; EARDLEY, C.; HUANG, S. Q.; POTTS, S. Pollination ecology in the 21st century: key questions for future research. **Journal of Pollination Ecology**, Cambridge, v. 3, p. 8-23, 2011.

MEDEIROS, H.; FORZZA, R. C.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.. Wild Relatives of Guaraná (*Paullinia cupana*, Sapindaceae) in Southwestern Brazilian Amazon. **Systematic Botany**,v. 41, n. 1, p. 202 -228 ,2016.

MEURER-GRIMES, B.; BERKOV,A.; BECK,H. Theobromine, theophylline and caffeine in 42 samples and products of guarana (*Paullinia cupana*, Sapindaceae). **Economic Botany**, Brasilia, v.52, n.3.p.293-301. 1998.

MOREIRA FILHO et al.. Observações sobre polinização controlada em guaraná. Inf. Tec.ACAR – AM. V.3, n.12, p. 8 –10. 1975

NASCIMENTO FILHO, Firmino José et al. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 3, p. 501-506, 2001.

NEGRELLE, R. R. B; MURARO, D. Aspectos fenológicos e reprodutivos de *Vriesea incurvata* Gaudich Gaudich (Bromeliaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 28, p. 95-102, 2006.

PEREIRA, N. Os índios Maues. Rio de Janeiro: Organizações Simões. 176p.1954.

SANTOS, J. D. dos.. **Guaraná**. In: Proposta de preço mínimo Safra 2016/2017. CONAB. Brasília, DF. p.165-171. 2017. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_12_11_34_53_proposta_de_precos_minimos_v.pdf

SBRT. **Guaraná: Alimento funcional**. SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTA TÉCNICA. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR. 2006. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br>>. Acesso em: 16 de abril de 2019.

SEBRAE[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/EA4413F15EF0A2938325754C0063C9C8/\\$File/NT0003DC32.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/EA4413F15EF0A2938325754C0063C9C8/$File/NT0003DC32.pdf). Acesso em 18 de abril de 2019.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO M. T. B. Revisão: Alimentos Funcionais Fisiológicos. **Brasilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.2, n.1,2, p.7-19, 1999.

SMITH, N.; ATROCH, A. L. Guaraná's journey from regional tonic to aphrodisiac and global energy drink. Evidence-Based **Complementary and Alternative Medicine**, v.7, p. 279-282, 2010.

SOMNER, G., M. S.; FERRUCCI, P.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, H. MEDEIROS. 2014. Paullinia in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20914>).

SOMNER, G.V.; FERRUCCI, M.S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; COELHO, R.L.G.; PERDIZ, R. Sapindaceae. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2017. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB216>. Acesso em 8 de outubro de 2018.

SOUZA, A. das G. C. de; SOUSA, N. R.; SILVA, S. E. L. da; NUNES, C. D. M.; CANTO, A. do C.; CRUZ, L.A. de A. **Fruteiras da Amazônia**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Manaus: EMBRAPA-CPAA, 1996. 204 p., il. (Biblioteca Botânica Brasileira, 1).

SOUSA, S. A., ALVES, S. F., DE PAULA, J. A., FIUZA, T. S., PAULA, J. R., & BARA, M. T. Determination of tannins and methylxanthines in powdered guarana (*Paullinia cupana* Kunth, Sapindaceae) by high performance liquid chromatography. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 866-870, 2010.

TSCHAPKA, M. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of neotropical flower-visiting bats. **Journal of Zoology** v.263, p.7-21. 2004.

ARTIGO 1

CARACTERÍSTICAS FLORAIS, FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO FRUTO DE GUARANAZEIRO [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]¹

¹Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Brazilian Journal of Botany.

CARACTERÍSTICAS FLORAIS, FENOLOGIA DE FLORAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO FRUTO DE GUARANAZEIRO [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]¹

RESUMO: Apesar da grande importância do guaranazeiro para o País, quase não há estudos que abordem o desenvolvimento de órgãos reprodutivos e dos frutos da cultura. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi de compreender as características florais e descrever a ontogenia dos frutos do guaranazeiro, [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], em plantio comercial localizado na cidade de Valença, Bahia, Brasil. Foram utilizadas 04 plantas em cada plantio para a realização dos estudos. De cada planta, foram avaliadas 04 inflorescências, tipo ramo e 04 tipo gavinha, distribuídas mais uniformemente pela copa. Ao longo do período da floração das plantas, foram avaliados o comprimento da inflorescência do tipo ramo e gavinha. Para cada inflorescência também foram determinados o número de fascículo, número de botões florais por fascículo e número total de botões por ramo. Para descrever às estruturas florais, foram utilizadas três flores frescas de cada inflorescência de plantas diferentes. A fenologia de floração da espécie, foi quantificada quanto ao número de flores produzidas por indivíduo, a razão flor estaminada e flor pistilada, o horário da antese e senescência, o período de disponibilidade da flor e o pico da floração. Para desenvolvimento do fruto, foram realizadas medições de comprimento (mm) dos frutos, (da distância entre a base e o ápice do fruto), e o diâmetro (mm) dos frutos, (seis dias após a antese quando o comprimento e diâmetro dos frutos eram de aproximadamente de 2,6 a 3,0 mm até o ponto de colheita). Os resultados apontam que a inflorescência tipo racemo possui maior número de fascículo e botões florais, sendo a razão flores pistilada e estaminada de 2,6/1. A antese das flores pistiladas é noturna e das flores estaminadas diurna. A maturação dos frutos e conseqüentemente a colheita ocorre entre cinquenta e sessenta dias após a antese.

Palavras-chave: Crescimento do fruto; Sapindaceae; antese; guaraná

FLORAL, FLOWERING PHENOLOGY AND FRUIT DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF GUARANA TREE [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]¹

ABSTRACT: Despite the guarana tree being important for the country, there is almost no study that approach the reproductive organs and of the fruit of this crop. In this sense, the aim of this work was to comprehend the floral characteristics and to describe the ontogeny of the guarana fruits, [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], in a commercial orchard located in the city of Valença, Bahia, Brazil. Four plants were used in each planting to perform the experiments. From each plant, four inflorescences from the branches and four inflorescences from tendrils were evaluated, evenly distributed at the canopy. During the flowering period, the inflorescence length was evaluated. For each inflorescence we also determined the number of fascicles, number of floral buttons, and the total number of floral buttons per branch. To describe the floral structures, three fresh flowers were used from each inflorescence and from different plants. The flowering phenology of the species was quantified regarding the number of flowers per subject, the ratio between staminate and pistiled flowers, the time of anthesis and senescence, the period of flower availability and the flowering maxima. For the fruit development, measurements of fruit length (from the base to the apex, mm) and the diameter of the fruits (mm). These fruit measurements were performed beginning at six days after the anthesis when fruit length and diameter were approximately 2.6 to 3.0 mm continuously until the harvest point. Results point that the raceme inflorescences have greater number of fascicles and of floral buttons, and the ration of pistiled and staminate flowers of 2.6/1. The anthesis of the pistiled flowers is at nighttime and of the staminate flowers is at daytime. The fruits maturation and consequently the harvest occurs between fifty to sixty days after the anthesis.

Keywords: fruit growth; Sapindaceae; anthesis; guarana

INTRODUÇÃO

A família Sapindaceae apresenta distribuição cosmopolita, sendo encontrada em regiões tropicais e subtropicais. Compreende 925 espécies e 144 gêneros, dos quais o *Paullinia* Lineu. engloba cerca de 17 espécies, dentre estas o guaraná (*Paullinia cupana* Kunth) (ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2011; GILDENHUYS et al., 2015).

As primeiras referências que reportaram sobre a botânica do guaranazeiro datam de 1937 nos estudos realizados pelos naturalistas Humblod e Bombland (DUCKE, 1937). Kunth, classificou este material como *Paullinia cupana*, o qual tem procedência na região das fronteiras entre Brasil, Venezuela e Colômbia. Martius, viajando pelo rio Amazonas, percebeu que o material botânico desta região apresentava características botânicas diferentes do material descrito por Kunth, e os classificou como *Paullinia sorbilis* (CLEMENT et al., 2010). Assim, segundo Smith e Atroch (2010), *P. cupana* var. *cupana* foi classificada como a forma típica e é raramente encontrada, enquanto que [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE] é a forma cultivada, comumente encontrada na região amazônica.

A *P. cupana* observada por Humboldt e Bonpland apresenta folíolos fortemente serrado-lobados nas plantas jovens e é desprovida de gavinhas em qualquer idade. As flores e os frutos são maiores que os da variedade *sorbilis* e os frutos são acentuadamente obovado-piriformes, de cor vermelha bastante escura e com pouco brilho (DUCKE 1937).

A [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] é uma planta poliploide (FREITAS et al., 2007) tipicamente brasileira, arbustiva, lenhosa, adaptada ao clima quente e úmido, alógama (ESCOBAR et al., 1984). As flores estaminadas possuem ovários rudimentares e diferenças no comprimento dos estames, sendo que de oito estames deiscentes, cinco são expostos e três ficam no interior da corola; já as flores pistiladas, possuem anteras indeiscentes, estigma trifido e ovário trilobular com um óvulo por lóculo, podendo ser fecundados um, dois ou os três óvulos. O fruto é uma cápsula deiscente e quando maduro tem coloração, vermelho-vivo e brilhante, que ao abrir expõe a semente castanho-escura (ESCOBAR et al., 1984; NASCIMENTO-FILHO et al., 2001).

As sementes são ricas em compostos bioativos, que apresentam propriedades medicinais e estimulantes e durante séculos tem sido utilizadas pelas civilizações indígenas (SCHIMPL et al., 2013). Tais compostos vêm sendo utilizados como ingredientes em uma gama de produtos, na indústria de cosméticos (MARQUES et al., 2016), indústria farmacêutica (AUDI e DE MELLO, 2000; ANDERSEN e FOGH, 2001; YAMAGUTI-SASAKI et al., 2007; FUKUMASU et al., 2008; RANGEL MELLO e AUDI, 2013; HERTZ et al., 2015; MARQUES et al., 2016), bem como, na produção de bebidas especialmente na indústria de refrigerantes (SUFRAMA, 2013). A semente é que detêm valor comercial, pois secas ou torradas, constituíam-se de matéria prima para diversos produtos comerciais (SOUZA et al., 2010).

O Brasil é o maior produtor de guaraná do mundo, com uma área plantada de 15.002 ha e produção de 3 288 t em 2017 (IBGE, 2019). Estima-se que pelo menos 70% da produção seja absorvida pelos fabricantes de refrigerantes, enquanto o restante é comercializado na forma de xarope, bastão, pó, extrato e outros subprodutos. (SEBRAE, 2019).

A Bahia responde com 6.500 ha em área plantada e uma produção de 2.600 t, abrangendo aproximadamente 70% da produção nacional (CONAB, 2017). Dentre os municípios baianos, o cultivo de guaraná concentra-se essencialmente no baixo sul, especificamente em Tancredo Neves, Teolândia, Taperoá, Nilo Peçanha, Cairu, Camamu, Valença, Ituberá, Igrapiúna, Wenceslau Guimarães, Gandu, Piraí do Norte, Jaguaripe, Aratuípe e Maraú (MDA/BAIXO SUL BAHIA, 2019).

Há na literatura poucos trabalhos de anatomia e desenvolvimento de órgãos reprodutivos em guaranazeiro. Dentre eles destacam-se: Cabral (1932), Ducke (1937), Schukz e Valois (1974), Moreira et al. (1975), Escobar et al. (1984) e Erickson et al. (1984), realizados na Amazônia. Embora tais estudos tenham contribuído para o conhecimento da biologia reprodutiva da cultura, os mesmos são incompletos, pois não apresentam informações acerca da fenologia da floração e frutificação. As características florais tais como, tamanho, número e posição das flores na inflorescência, relação flores estaminadas e pistiladas e sua relação com a frutificação possibilita melhor entendimento das interações entre plantas e animais polinizadores, portanto tendo implicações práticas no manejo e na produção da cultura. Adicionalmente, esses estudos também auxiliam trabalhos de melhoramento genético e relações ecológicas sobre a cultura (MAYER et al., 2011)

Neste sentido, considerando a importância sócio econômica da cultura, o presente trabalho teve por objetivo estudar as características florais e ontogenia do fruto do guaranazeiro, [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], em plantios comerciais localizados na cidade de Valença, Bahia, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um plantio comercial de guaraná localizados na cidade de Valença, Bahia, no período de setembro de 2016 a abril de 2017. O município está localizado sob a coordenada geográfica com latitude de 13° 22' 13" sul e longitude de 39° 04' 23" oeste (CIDADE BRASIL, 2019), com temperatura média anual de 24,6°C, umidade máxima de 90% e mínima de 51% e índice pluviométrico de 2000 mm (INMET, 2019).

As plantas de guaraná tinham 20 anos, e foram marcadas 04 plantas ao acaso para a realização dos estudos. De cada planta, foram utilizadas 04 inflorescências, tipo ramo e 04 tipo gavinha, distribuídas mais uniformemente pela copa.

Ao longo do período da floração das plantas, foram avaliados o comprimento da inflorescência do tipo ramo e gavinha. As medições foram realizadas no ponto de inserção das inflorescências até a extremidade da mesma. Para cada inflorescência também foram determinados o número de fascículo, número de botões florais por fascículo e número total de botões por racemo.

Para descrever às características florais, foram utilizadas três flores frescas de cada inflorescência de plantas diferentes. As flores e suas estruturas foram fixadas em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) modificada [glutaraldeído (2%), paraformaldeído (2%), CaCl₂ (0,001 M), tampão cacodilato de sódio (0,05 M) em pH 7,2] por 48 horas, em seguida foram desidratadas em série etílica crescente (35-100%). As amostras foram secas ao ponto crítico através de CO₂ líquido e montadas sobre suportes metálicos e metalizadas com ouro.

Foram mensurados o tamanho da inflorescência (cm), comprimento da pétala (µm), largura da pétala (µm), comprimento da sépala (µm), largura da sépala (µm), comprimento do pistilo (µm), comprimento do ovário (µm), diâmetro do ovário (µm), comprimento do óvulo (µm), diâmetro do óvulo (µm), comprimento do estigma (µm), diâmetro do estigma (µm), comprimento do estilete (µm), diâmetro do estilete

(μm), comprimento da antera(μm), diâmetro da antera (μm), comprimento do filete (μm); diâmetro do filete (μm), comprimento do receptáculo floral (mm), e comprimento do pedúnculo (mm)

A fenologia de floração da espécie foi quantificada quanto ao número de flores produzidas por inflorescência, a razão flor estaminada e flor pistilada, o período, horário da antese e senescência, o período de disponibilidade da flor (período compreendido entre a antese até a senescência) e o pico de floração. Para o pico de floração foram observadas 100 plantas, sendo este considerado quando mais de 70 % dos indivíduos estiveram floridos.

Para o desenvolvimento do fruto, foram realizadas medições de comprimento (mm), da distância entre a base e o ápice do fruto, e o diâmetro (mm), seis dias após a antese quando o comprimento e diâmetro dos frutos eram de aproximadamente de 2,6 a 3,0 mm até o ponto de colheita, visualizado pela mudança de coloração para vermelho-brilhante, em inflorescências distribuídas nas posições apical, mediana e basal da planta. As mensurações foram realizadas em 04 plantas, sendo 04 frutos por inflorescência, de cada posição.

Para todas as variáveis analisadas foi computado as medias e desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As inflorescências do guaranazeiro são do tipo racemo, têm forma de cachos com flores pecioladas. Tais estruturas podem ser formadas nas axilas das folhas, as de ramo (figura 1A), e não apresentam pedúnculo, ou podem ser formadas na base de uma gavinha (figura 1B), apresentando pedúnculo bem desenvolvido. Observou-se que as inflorescências de ramo e de gavinha estão distribuídas na mesma planta em números e tamanhos variados.



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 1. Inflorescências do guaranazeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], do tipo de ramo (A) e tipo gavinha (B).

As inflorescências tipo ramo têm tamanho 60% maior, (20,031cm) em relação à de gavinha (12,188 cm) e conseqüentemente, maior número de fascículo e botões florais, respectivamente $110,813 \pm 14,41$ e $866,813 \pm 114,57$ (Tabela1). Estes dados sugerem que as inflorescências de ramo são mais produtivas que as gavinhas. Este fato está relacionado ao maior número e tamanho das folhas presentes nos ramos, pois a área foliar está relacionada com a produção de fotoassimilados, os quais são direcionados para o processo de frutificação.

Tabela 1. Tamanho médio do racemo (cm), número médio de fascículo, número médio de botões florais por fascículo e número total de botões florais em inflorescência de plantas adultas, 20 anos, de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], cultivados em plantios comerciais do município de Valença, BA.

Variáveis	Inflorescência de Ramo	Inflorescência de Gavinha
Tamanho médio do racemo (cm)	20,031±1,40	12,188 ± 1,12
Numero médio de fascículo	110,813±14,41	46,875± 6,02
Numero médio de botões florais por fascículo	7,812±013	5,688± 0,45
Número total de botões florais	866,813±114,57	265,813 ± 35,92

Estudos realizados em Manaus demonstram que há diferenças entre o tamanho das inflorescências. SCHULTZ e VALOIS (1974) mediram o comprimento de 100 inflorescências de guaraná, encontrando uma média de 13,43 cm com extremos de 5 a 26,5 cm. As inflorescências de ramo apresentaram tamanho médio de 24,1 cm, enquanto que as inflorescências de gavinha apresentaram 15,3 cm. ESCOBAR et al. (1984) mediram o comprimento de 10 inflorescências de ramo e 10 de gavinha e verificaram que nas inflorescências de ramo, o maior tamanho observado foi de 46,5 cm e o menor de 14,5 cm, nas inflorescências de gavinha a amplitude foi de 31,5 a 7,5 cm. Esses autores também observaram que o número médio de botões florais por inflorescência de ramo foi menor que o de gavinha.

Com relação ao comprimento das inflorescências, os resultados obtidos neste trabalho são similares aos descritos por Escobar et al. 1984. No entanto, com relação ao número médio de fascículo e número total de botões florais, obteve-se valores muito maiores que por eles relatados, que computaram para inflorescência de ramo e gavinha, respectivamente, 70 e 68 fascículo e 360 e 415 botões florais, nas condições de Manaus. Isto pode ser um dos motivos que explique a expressiva produção da cultura na região de cultivo na Bahia.

As flores são pequenas de cor branca, com comprimento médio entre 5,832,17 ± 221,69 µm (estaminadas) e 7,950,29 ± 312,31 µm (pistiladas), a partir do ponto de inserção do pedúnculo. Encontram dispostas no eixo principal da inflorescência formando fascículos de 3 a 5 botões. Apresentam os órgãos reprodutores de ambos os sexos na mesma flor (hermafroditas), contudo, em virtude destes órgãos

apresentarem dimensões bem diferenciadas, sendo, portanto, classificadas como pistiladas e estaminadas. Em ambos os tipos florais constatou-se que o comprimento e largura da pétala, comprimento e largura da sépala, comprimento e diâmetro da antera e diâmetro do filete apresentaram dimensões bastante semelhantes. O que difere nestas flores é que na flor pistilada o comprimento do pistilo, comprimento e diâmetro do ovário, comprimento e diâmetro do óvulo, comprimento e diâmetro do estigma, comprimento e diâmetro do estilete são bem superiores em relação à flor estaminada, a qual apresenta o comprimento do filete cerca de 50% maior que a flor pistilada, ovário rudimentar e estigma curto. As flores pistiladas apresentaram tamanho maior que às estaminadas, isto se deve às maiores dimensões de sua estrutura reprodutivas (Tabela 2).

SOMNER (2009), descrevendo a família Sapindaceae relatou que ocorre variação de tamanho desde 2,0 a 5,0 mm, para as flores femininas pistiladas e de 1,5 a 3,0 para as flores masculina estaminadas funcionais considerando variedades dos gêneros *Allophylus*, *Cupania*, *Diatenopteryx*, dentre outras. FERRUCI e URDAMPILLETA (2011) analisando *Cardiospermum hahianum* verificaram que o tamanho da flor feminina pistilada variou de 3,5 mm a 4,36 mm e da masculina estaminada de 2,0 mm a 2,25 mm PERDIZ et al., (2012) estudando a *Paullinia unifoliolata* verificaram que as flores pistiladas apresentam dimensões de 3,5 a 4 mm e as estaminadas entre 1,2 a 2,5 mm. Comparando os dados obtidos neste estudo com os relatados na literatura pode-se constar que há uma amplitude de variação de tamanhos maior nas flores pistiladas que nas estaminadas.

O florescimento do guaranazeiro ocorreu no final da estação chuvosa, com pico de floração nos meses de novembro e dezembro no ano de 2016. Contudo, verificou-se que no ano de 2017, nos meses de fevereiro e março 70% das plantas floresceram, logo após um período de alta precipitação, mês de janeiro, mediante as observações podemos inferir que a floração esta associada a dois condicionantes, período de alta pluviosidade seguida de um breve stress hídrico (Figura 2).

Tabela 2. Estruturas florais de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] mensuradas das flores masculina estaminadas e femininas pistiladas em inflorescência de plantas adultas, 20 anos, cultivados em plantios comerciais do município de Valença, BA

Estruturas florais	Estaminadas (µm)	Pistiladas (µm)
Comprimento da Flor	5.832,17 ± 221,69	7.950,29 ± 312,31
Comprimento da pétala	4.515,45 ± 432,18	4.729,85 ± 412,78
Largura da pétala	2.048,98 ± 19,72	2.212,98 ± 29,63
Comprimento da sépala	2.092,37 ± 26,79	2.133,74 ± 37,48
Largura da sépala	1.789,56 ± 31,33	1.874,68 ± 25,64
Comprimento do pistilo	1.087,58 ± 21,63	5.399,63 ± 112,58
Comprimento do ovário	366,12 ± 32,67	1.567,21 ± 102,32
Diâmetro do ovário	851,93 ± 45,21	1.576,89 ± 98,78
Comprimento do óvulo	198,75 ± 4,21	807,78 ± 21,76
Comprimento do estigma	260,87 ± 9,12	744,02 ± 16,38
Diâmetro do estigma	673,22 ± 12,32	1.832,31 ± 32,29
Comprimento do estilete	424,90 ± 10,18	2.900,18 ± 102,46
Diâmetro do estilete	341,15 ± 5,36	708,67 ± 32,49
Comprimento da antera	1.050,10 ± 62,59	911,43 ± 52,17
Diâmetro da antera	618,34 ± 10,38	583,78 ± 9,86
Comprimento do filete *	2.321,18 ± 4.128,35	1.612,33 ± 3.834,10
Diâmetro do filete *	602,32 ± 696,56	602,35 ± 628,54

Média obtida em três flores de plantas diferentes.

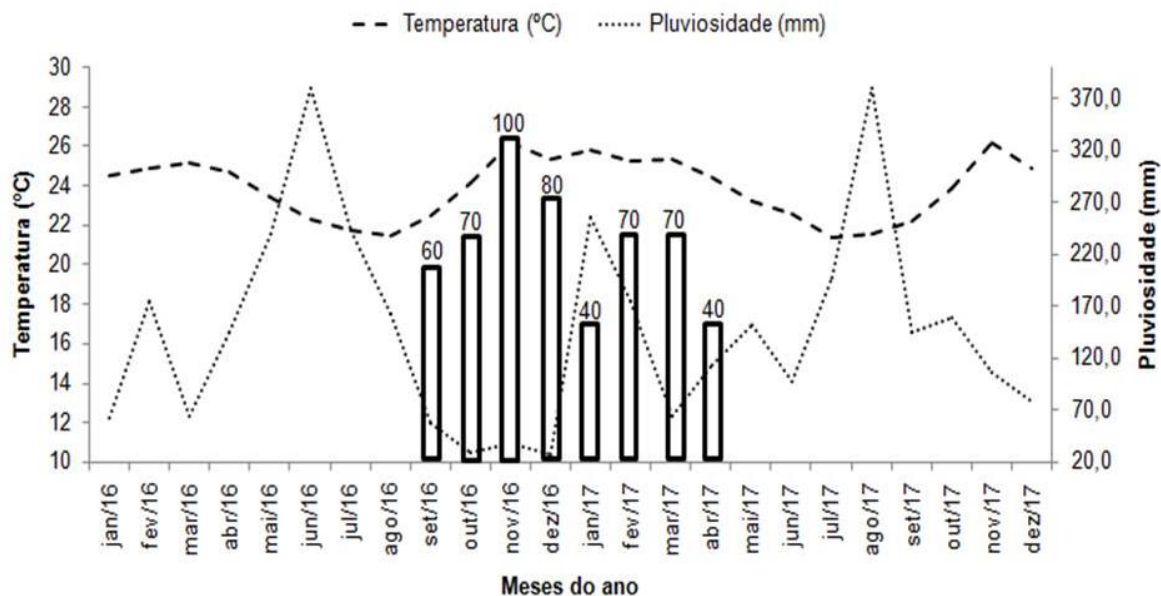


Figura 2. Número de plantas floridas de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], de plantas adultas, 20 anos cultivadas em plantios comerciais do município de Valença Bahia, em relação à temperatura e precipitação mensal acumulada no ano de 2016 e 2017.

Estes dados demonstram que os meses que antecedem a floração devem apresentar alta pluviosidade seguido de stress. Por esta razão que no ano de 2017, houve a expressiva floração entre os meses de fevereiro e março, fato que não ocorreu no ano anterior, em que a floração concentrou no final do ano. Portanto, estes dados sugerem que os meses que antecedem a floração devem apresentar alta pluviosidade. Por esta razão que no ano de 2017, houve a expressiva floração entre o meses de fevereiro e março, fato que não ocorreu no ano anterior, em que a floração concentrou no final do ano.

O número médio de flores pistiladas por inflorescência tipo racemo foi de 44, com máximo e mínimo de 63 e 18, e de estaminada é 17, com máximo e mínimo de 27 e 9. A razão média entre flores estaminadas e pistiladas foi de 2,6:1 por racemo. A flor estaminada apresenta receptáculo floral com comprimento médio de 2,63 mm e a pistilada de 2,58 mm, e comprimento medio do pedúnculo, respectivamente de 5 mm a 4 mm.

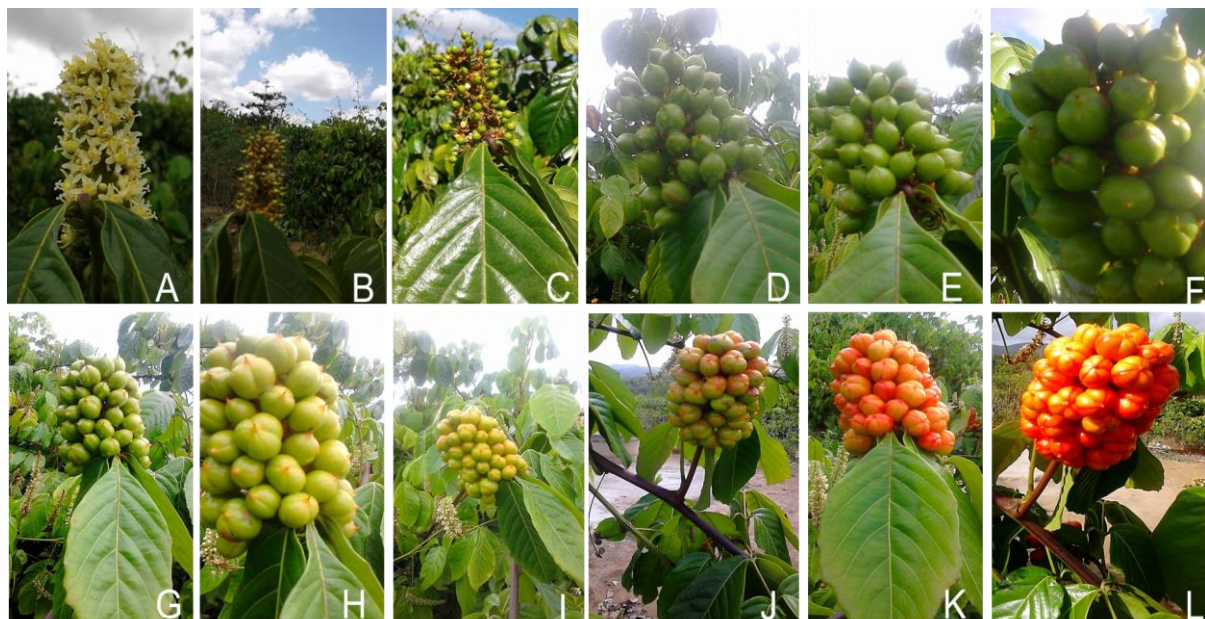
A abertura das flores ocorre de forma desordenada na inflorescência. As flores estaminadas e as pistiladas de uma mesma inflorescência abrem em um mesmo dia em diferentes horários. A antese das flores pistiladas ocorre em torno das 2:00 horas, permanecendo aberta por um período de 09 a 10 horas, o que implica que a senescência ocorre a partir às 12 horas. Quanto à flor estaminada, a antese ocorre

ao amanhecer às 05 horas, permanece aberta por um período de 10 horas e a senescência ocorre a partir das 15 horas. Portanto, a antese das flores pistiladas é noturna e das estaminadas é diurna.

O fruto do guaranazeiro é uma cápsula com pedúnculo desenvolvido e apresenta deiscência septicida, ou seja, abre pela linha de união dos carpelos. Internamente a cápsula é branca, podendo apresentar de 1 a 4 sementes por fruto, que segundo Ângelo et al. (2008) está relacionada ao número de óvulos fecundados. O fruto quando se abre, deixa aparecer a semente de coloração castanho-escuro e envolta parcialmente por um arilo branco.

Do início da floração, (na antese), (Figura 3A,) até a colheita, (Figura 3L), quando os frutos apresentam mudança de coloração de verde para alaranjado (Figura 3D até 3J), e de alaranjado para vermelho-brilhante (Figura 3J até 3L) ,teve duração de cinquenta a sessenta dias .

Analisando a fenologia dos frutos em diferentes regiões da planta apical, mediana e basal, verificou-se que os frutos da região basal foram os primeiros a amadurecer (50 dias após a antese), seguidos da região mediana e apical, respectivamente, com 57 e 60 dias. A modificação na dimensão do diâmetro foi mais acentuada entre as três regiões da planta quando comparado ao comprimento, que apresentou uma maior uniformidade ao longo do desenvolvimento (Figura 4).



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 3. Sequência do desenvolvimento do botão floral de *Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) [Ducke] até a formação do fruto: A- Botões recém abertos e receptivos; B- Frutos em fase de desenvolvimento com 08 dias após a polinização; C- Frutos em fase de desenvolvimento com 12 dias após a polinização; D- Frutos em fase de desenvolvimento com 29 dias após a polinização; E- Frutos em fase de desenvolvimento com 30 dias após a polinização; F- Frutos em fase de desenvolvimento com 35 dias após a polinização; G-Frutos em fase de desenvolvimento com 37 dias após a polinização; H-Frutos em fase de desenvolvimento com 41 dias após a polinização(Início da mudança de coloração de verde para alaranjado); I-Frutos em fase de desenvolvimento com 43 dias após a polinização; J-Frutos em fase de desenvolvimento com 44 dias após a polinização(mudança de coloração de verde para alaranjado torna-se mais acentuado na posição apical); K-Frutos em fase de desenvolvimento com 48 dias após a polinização; L-Frutos em fase de desenvolvimento com 50 dias após a polinização(mudança de coloração de alaranjado para vermelho brilhante);

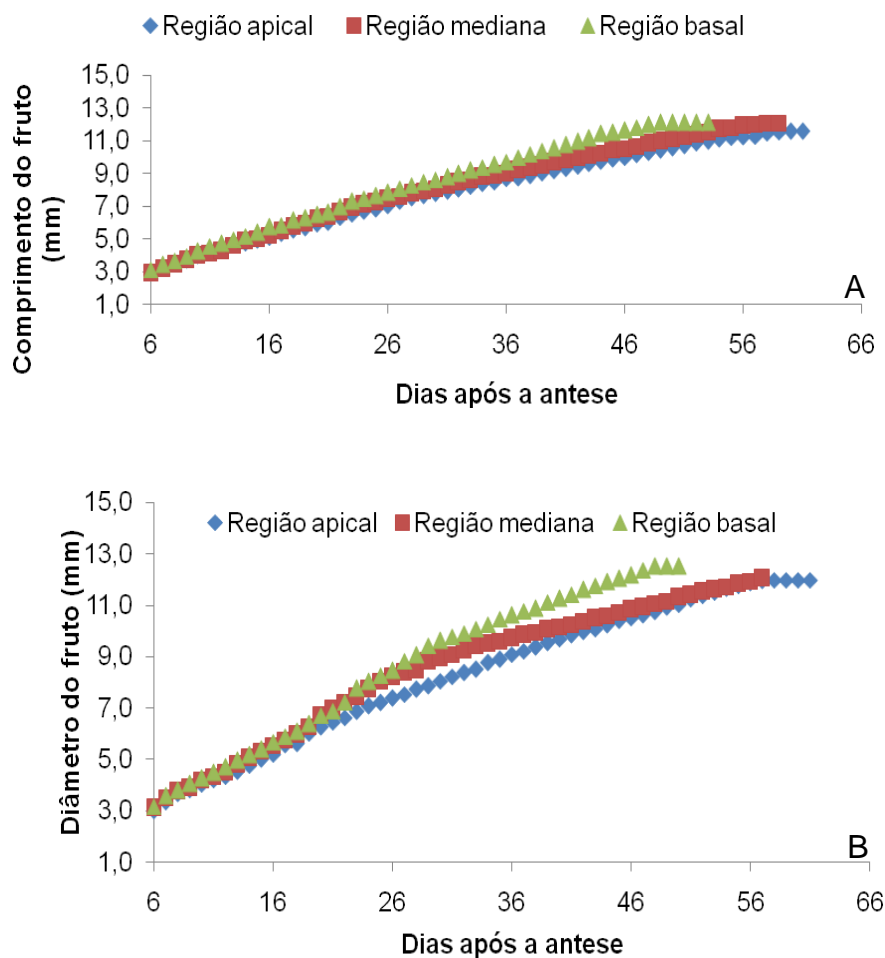


Figura 4. Ontogenia do fruto de plantas de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], de plantas adultas, 20 anos, cultivados em plantios comerciais do município de Valença Bahia. (A) comprimento do fruto (cm) e (B) diâmetro do fruto (cm).

Verificou-se que os frutos maduros apresentaram comprimento e diâmetro médio de 12 mm x 12mm, portanto um formato globoide. A razão do crescimento médio dos frutos nas três regiões distintas (apical, mediana e base) foi respectivamente de $0,16 \text{ mm dia}^{-1}$; $0,18 \text{ mm dia}^{-1}$ e $0,21 \text{ mm dia}^{-1}$ indicando assim, uma precocidade de desenvolvimento dos frutos na posição basal. Este processo de maturação da região basal para apical esta relacionado com o inicio da floração. Foi constatado que as primeiras flores a se abrirem estão localizadas na região basal da planta, Figura 5.



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 5 Inflorescência do guaranazeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], tipo ramo. Seta evidenciando início da antese na região basal da inflorescência.

CONCLUSÕES

As Inflorescências tipo ramo possuem maiores numero de fascículo e botões florais, em relação a gavinha.

As flores pistiladas são maiores que as flores estaminadas e apresentam antese noturna, enquanto as estaminadas a antese é diurna.

A maturação e consequentemente a colheita dos frutos ocorre entre cinquenta a sessenta dias após a antese.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDERSEN, T.; FOGH, J. Weight loss and delayed gastric emptying following a South American herbal preparation in overweight patients. **Journal of Human Nutrition & Dietetics**, v.14, p. 243–250. 2001

ÂNGELO, Paula CS et al. Guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*), an anciently consumed stimulant from the Amazon rain forest: the seeded-fruit transcriptome. **Plant cell reports**, v. 27, n. 1, p. 117-124, 2008.

AUDI, E. A.; DE MELLO, J. C. P. Efeito antidepressivo do extrato da droga vegetal guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Martius) Ducke). In UEM (Ed.), NITPAR, vol. PI 0006638-9, Brasil. 2000.

CABRAL, C.O. O guaraná: a planta, propriedades gerais e classificação botânica. **Agricultura e Pecuária.**, Rio de Janeiro, v. 94, p. 727-9, 1932.

CLEMENT, C.R.; CRISTO-ARAÚJO, M.; EECKENBRUGGE, G.C.; PEREIRA, A.A.; PIÇANHO-RODRIGUES, D. Origin and Domestication of Native Amazonian **Crops Diversity**, v.2, p 72-106, 2010.

CIDADE BRASIL. Município de Valença. <http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-mutuipe.html>. Acesso em 24 de abril de 2019

CONAB- - Companhia Nacional de Abastecimento Guaraná. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_22_17_16_07_guarana_2_-_julho_de_2017.pdf. Acesso 18 de abril de 2019.

DUCKE, A. Diversidade dos guaranais. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v.3, n.10, p.155-6, 1937.

ERICKSON, H. ; CORREA, M.; ESCOBAR, J. **Guaraná (*Paullinia cupana*) as a commercial crop in Brazilian Amazonia** *Economic Botany*, v.38, n.3, p.273-286 ,1984

ESCOBAR. J.R.; CORRÊA, M.P.F.; AGUILERA, F.P. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. **Pesquisa. Agropecuaria. Brasileira**. Brasília, vol.19, n.5, p. 615-622, 1984.

FERRUCCI, M. S.; URDAMPILLETA, J. D. *Cardiospermum hahianum* (Sapindaceae: Paullinieae), a New Species from Bahia, Brazil. **Systematic Botany** v.36, n.4, pp. 950-956, 2011.

FREITAS, D.V.; CARVALHO, C.R.; NASCIMENTO-FILHO, F.J.; ASTOLFI FILHO, S.. Karyotype with 210 chromosomes in guaraná *Paullinia cupana* 'Sorbilis'. **Journal of Plant Research**. v.120, p.399-404. 2007

FUKUMASU, H.; AVANZO, J. L.; NAGAMINE, M. K.; BARBUTO, J. A.; RAO, K. V.; DAGLI, M. L. Z.. *Paullinia cupana* Mart var. sorbilis, guaraná, reduces cell proliferation and increases apoptosis of B16/F10 melanoma lung metastases in mice. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.41, p. 305–310. ,2008.

HERTZ, E.; CADONÁ, F. C.; MACHADO, A. K.; AZZOLIN, V.; HOLMRICH, S.; ASSMANN, C.; LEDUR, P. Effect of *Paullinia cupana* on MCF-7 breast cancer cell response to chemotherapeutic drugs. **Molecular and Clinical Oncology**, v.3, p.37–43, 2015.

IBGE Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, pp. 1–59, 2017. Disponível http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2015_v42_br.pdf. Acesso em 2 de maio de 2019..

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=2922409> . Acesso em 18 de fevereiro de 2019.

KARNOVSKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative in high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v.27, p.137-138, 1965.

MARQUES, L.L.; PANIZZON, G.P.; AGUIAR, B. A.; SIMIONATO, A. S. CARDOZO-FILHO, L.; ANDRADE, G.; DE OLIVEIRA, A.G.; GUEDES, T.A.; MELLO, J.C. Guaraná (*Paullinia cupana*) seeds: Selective supercritical extraction of phenolic compounds. **Food Chemistry**. 212 p. 703–711, 2016.

MAYER, C.; ADLER, L.; ARMBRUSTER, W. S.; DAFNI, A.; EARDLEY, C.; HUANG, S. Q.; POTTS, S. Pollination ecology in the 21st century: key questions for future research. **Journal of Pollination Ecology**, Cambridge, v. 3, p. 8-23, 2011.

MDA, Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio021.pdf>
Acesso em 05 de abril de 2019

MOREIRA, F.A.; RIBEIRO, OC.; FERREIRA. M.A. ; MARTINS, G.A. Observações sobre polinização controlada em guaraná. Lnf. téc. ACAR-AM. Manaus, v.3, n.12, p.4-6, 8-10, 1975.

NASCIMENTO FILHO O.; ATROCH, A.L.; SOUSA, N.R.; GARCIA, T.B.; CRAVO, M.S.; COUTINHO, E.F. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.36, p.501-6, 2001.

PERDIZ, R. de O.; AMORIM, A. M. ; FERRUCCI, M.S. *Paullinia unifoliolata*, a remarkable new species of Sapindaceae from the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. **Brittonia**, v.64, n.2, p. 114–118, 2012

RANGEL, M. P.; MELLO, J. C. P.; AUDI, E. A.. Evaluation of neurotransmitters involved in the anxiolytic and panicolytic effect of the aqueous fraction of *Paullinia cupana* (guaraná) in elevated T maze. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v.23,n.2, p.358–365, 2013

SCHULTZ, Q.S.; VALOIS, A.C.C. Estudos sobre o mecanismo de floração e frutificação do guaranazeiro. B. téc. Int. Pesquisa Agropecuária Anual Ocid., Manaus v.4, p.35-8, 1974.

SEBRAE. O cultivo e o mercado do guaraná <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-guarana,969a9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso 01 de março de 2019.

SCHIMPL, F. C.; DA SILVA, J. F.; GONCALVES, J. F. D. C.; MAZZAFERA, P. "Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon," *Journal of Ethnopharmacology*, v.150, n. 1, pp. 14–31, 2013.

SCHULTZ, Q.S. ; VALOIS, A.C.C. Estudos sobre o mecanismo de floração e frutificação do guaranazeiro. Boletim técnico do Int. **Pesquisa Agropecuária. Anual. Ocid.**, Manaus v.4,p.35-8, 1974.

SMITH, N.; ATROCH, A. L. Guaraná's journey from regional tonic to aphrodisiac and global energy drink. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v.7, p. 279-282, 2010.

SOMNER, G.V. Sapindaceae In: MARTINS, S.E., WANDERLEY, M.G.L., SHEPHERD, G.J., GIULIETTI, A.M., MELHEM, T.S. (eds.) Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica, São Paulo, vol. 6, pp: 195-256. 2009. Disponível: <http://botanica.sp.gov.br/files/2016/02/Sapindaceae.pdf>. Acesso 18 de outubro de 2017

SOUZA, H. G.; DORIA, K. M. A. B. V. S; ROSA, M. A. B.; DIAS, D.; FURTADO, E. L.; MARINO, C. L. Diversidade genética em populações núcleo de *Eucalyptus grandis*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 621-625. 2010.

SUFRAMA. Potencialidades estudo de viabilidade econômica: guaraná (in Portuguese). In Superintendência da zona franca de Manaus – Suframa (pp. 1–34). Manaus, Brasil: Instituto superior de administração e economia ISAE/Fundação Getúlio Vargas (FGV). 2013.

YAMAGUTI-SASAKI, E.; ITO, L. A.; CANTELI, V. C. D.; USHIROBIRA, T. M. A.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS FILHO, B. P.; NAKAMURA, C. V. Antioxidant capacity and in vitro prevention of dental plaque formation by extracts and condensed tannins of *Paullinia cupana*. **Molecules**, v.12, p. 1950–1963, 2007.

ARTIGO 2**MORFOANATOMIA FOLIAR E FLORAL DE [*Paullinia cupana* var. *sorbilis*
(MART.) DUKE]¹**

¹Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Plant
Reproduction.

MORFOANATOMIA FOLIAR E FLORAL DE [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]

RESUMO: O guaranazeiro, [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE] é a espécie mais conhecida da família Sapindaceae, em função da demanda de suas sementes pelas indústrias de bebidas, para atender ao promissor mercado de refrigerantes e energéticos, tanto o nacional como o internacional. Compreender a morfoanatomia foliar e floral é essencialmente importante para desenvolver métodos de manejo, visando aumentar a produtividade da cultura e até mesmo explorar novas áreas de plantio. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi estudar a morfoanatomia foliar e floral de [*Paullinia cupana* variedade *sorbilis* (Mart.) Ducke], a fim de se obter informações dos caracteres epidérmicos e reprodutivos determinantes na espécie que possibilitem estabelecer estratégias de manejo e auxiliar em futuros trabalhos taxonômicos, filogenéticos e reprodutivos dessa espécie. Para caracterização morfológica de flores e folhas foram fixadas em solução de Karnovsky. As imagens foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura de pressão variável LEO 435 VP (Carl Zeiss, Jena, Alemanha) na Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' da Universidade de São Paulo. Para as análises anatômicas, foram realizados cortes histológicos seriados, os quais foram analisados e fotografados em fotomicroscópio Axioskop 2 (Carl Zeiss, Jena, Alemanha). Para a caracterização morfoanatômica foram utilizadas dez repetições, considerando cada repetição uma folha ou flor estaminada/ pistilada. O guaranazeiro possui folhas compostas, com cinco folíolos de textura coriácea, apresentando grande número de tricomas tectores e glandulares em ambas as faces, sendo em maior quantidade na face abaxial. Os estômatos são anomocíticos e encontram-se exclusivamente na face abaxial, caracterizando a folha como hipoestomática. As flores do guaranazeiro são zigomorfas medindo $7,4 \pm 1,8$ mm de comprimento e ocorrem em inflorescências terminais e axilares, podendo se desenvolver diretamente do caule ou nas gavinhas. As flores estaminadas possuem gineceu rudimentar, com $0,5 \pm 0,2$ mm de comprimento e os óvulos totalmente atrofiados. As flores pistiladas apresentam estames rudimentares, gineceu com estigma trifido, ovário súpero, sincárpico, trilocular, medindo $1,4 \pm 0,6$ mm de comprimento.

Palavras-chave: Sapindaceae; anatomia foliar; guaraná

LEAF AND FLORAL MORPHOANATOMY OF [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]

ABSTRACT: The guarana tree [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] is the most known species from the Sapindaceae family, because of the demand for its seeds by the beverage industries, to serve the promising market of soft drinks and energy drinks, both national and international. To comprehend the leaf and flower morphoanatomy is essential to develop management methods, aiming at increasing the crop productivity and even to explore new areas for growing this crop. In this sense, the objective of this work was to study the leaf and floral morphoanatomy of [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], aiming at obtaining information of the epidermal and reproductive determining characters of the species that allow establishing manage strategies and help future taxonomical, phylogenetic and reproductive studies of this species. For the morphological characterization of leaves and flowers, the samples were conserved in a Karnovsky solution. The images were obtained in a scanning electron microscope of variable pressure LEO 435 VP (Carl Zeiss, Jena, Germany) at the Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” at the Universidade de São Paulo. For the anatomical analysis, serial histological sections were collected, which were then analyzed and photographed in a photomicroscope Axioskop 2 (Carl Zeiss, Jena, Germany). For the morphoanatomical characterization, ten repetitions were used, considering each repetition one leaf or staminate/pistiled flower. The guarana tree presents composite leaves, with five leaflets of coriaceous texture, presenting great number of tector and glandular trichomes in both sides, but in greater quantity in the abaxial surface. The stomata are anomocytic and are found only in the abaxial side of the leaves, characterizing the leaves as hypostomatic. The guarana flowers are zigomorpha measuring 7.4 ± 1.8 mm of length and occur in terminal and axillary inflorescences, occurring both directly from the trunk and at the tendrils. The staminate flowers present rudimentary apocarps, with 0.5 ± 0.2 mm of length and the ovules totally atrophied. The pistiled flowers present rudimentary stamen, apocarps with tripartite stigma, ovary over the receptacles, syncarpal, trilocular, measuring 1.4 ± 0.6 mm of length.

Keywords: Sapindaceae, leaf anatomy, guarana

INTRODUÇÃO

Paullinia Lineu pertence à subfamília Sapindoideae, é nativo de áreas tropicais e subtropicais do Novo Mundo com aproximadamente 225 espécies. No Brasil, existem 99 espécies de *Paullinia*, distribuídas principalmente em ecossistemas florestados, com o maior número de espécies nas regiões amazônica e costeira Mata Atlântica, com 73 e 26 espécies, respectivamente (ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2011; SOMNER et al., 2014).

Dentre as espécies do gênero *Paullinia*, o guaranazeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], possui grande importância para o país, pois além de ser uma planta nativa da região Amazônica, há uma grande demanda de sementes pelas indústrias de bebidas, para atender ao mercado de refrigerantes e energético, tanto nacional como o internacional (GUARIM-NETO et al., 2000; SEBRAE, 2017). São também atribuídas ao guaraná várias propriedades medicinais, tais como, antitérmico, antigripal, antineural e antidiarréico (GARCIA et al., 1999; RANGEL MELLO e AUDI, 2013; HERTZ et al., 2015; MARQUES et al., 2016).

A Bahia é o maior produtor de guaraná, com 2.600 toneladas por hectare (safra 2016), representando 70 % da produção nacional (IBGE, 2017), sendo esta produção a concentração na região do baixo sul.

O guaranazeiro é uma espécie monóica possuindo inflorescências com flores brancas, sendo polinizadas principalmente por abelhas (GONDIN, 1984). Entretanto, pode ocorrer considerável grau de autofecundação, por apresentar abertura de flores em ramos diferentes, numa mesma planta (ESCOBAR et al., 1984). O número de flores pistiladas em cada inflorescência é, geralmente, menor que o número de flores estaminadas (ESCOBAR et al., 1984; NASCIMENTO-FILHO et al., 2001).

Poucos são os estudos relacionados à anatomia de *P. cupana*. As pesquisas com a cultura são mais voltadas para as sementes (MILANEZ, 1959; MENDONÇA et al., 1992; GONÇALVES et al., 2006), embora o entendimento morfoanatômico, que, através de aspecto descritivo possibilita uma interpretação melhor das relações sistemáticas e filogenéticas finalmente conduzidas a uma terminologia mais apropriada e uma utilização melhor dessas características em considerações taxonômicas (DUARTE e HAYASHI, 2005; TOLEDO et al., 2006; BARBOSA et al., 2007; BARROS e TEIXEIRA 2008; BUDEL e DUARTE, 2008; EMPINOTTI e

DUARTE, 2008; MAURO et al., 2008; CARPANO et al, 2009; GETTE et al., 2009; GOMES et al., 2009)

Além do aspecto taxonômico, estudos anatômicos podem auxiliar na seleção de indivíduos adaptados às diferentes condições de estresse. Gonçalves et al. (2006), relataram que características fisiológicas e anatômicas de folhas, como número, tamanho e estrutura dos estômatos podem ser utilizadas para selecionar clones de guaranazeiro melhor adaptados às condições de baixa disponibilidade de água.

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi estudar a morfoanatomia foliar e floral de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], (Sapindaceae), a fim de se obter informações para futuros trabalhos taxonômicos, filogenéticos e reprodutivos dessa espécie de grande importância econômica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em plantio comercial de guaraná localizados na cidade de Valença, Bahia, Brasil. O município está localizado sob a coordenada geográfica com latitude de 13° 22' 13" sul e longitude de 39° 04' 23" oeste (CIDADE BRASIL, 2019), com temperatura média anual de 24,6°C, umidade máxima de 90% e mínima de 51% e índice pluviométrico de 2000 mm (INMET, 2019).

Para caracterização morfológica das folhas e flores (pistiladas e estaminadas), as estruturas foram coletadas e fixadas em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) modificada [glutaraldeído (2%), paraformaldeído (2%), CaCl₂ (0,001 M), tampão cacodilato de sódio (0,05 M), em pH 7,2], por 48 horas, em seguida desidratadas em série etílica crescente (35-100%). As amostras foram secas ao ponto crítico através de CO₂ líquido e montadas sobre suportes metálicos e metalizadas com ouro. As imagens foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura de pressão variável LEO 435 VP (Carl Zeiss, Jena, Alemanha) na Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' da Universidade de São Paulo.

Para as análises anatômicas, as mesmas estruturas foram fixadas em solução de Karnovsky modificada, por uma semana, desidratadas em série etílica crescente (35-100%), por 6 horas, infiltradas e emblocadas com kit Historesina (hidroxietilmetacrilato, Leica Heidelberg). A polimerização da resina foi feita à temperatura ambiente por 48 horas. Cortes histológicos seriados (4-5 µm) foram

obtidos em micrótomo rotativo Leica RM 2155 (Leica, Nussloch, Alemanha), dispostos em lâminas histológicas e corados com fucsina ácida (0,1% p/v), seguido de azul de toluidina (0,05% p/v) (FEDER; O'BRIEN, 1968) e cobertas com resina sintética (Entellan®, Merck) e lamínulas. Os cortes histológicos foram analisados e fotografados em fotomicroscópio Axioskop 2 (Carl Zeiss, Jena, Alemanha). Para a caracterização morfoanatômica foram utilizadas dez repetições, considerando cada repetição uma folha ou flor estaminada/ pistilada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfoanatomia foliar

O guaranazeiro possui filotaxia alterna, folhas compostas, com cinco folíolos (pinado-pentafolioladas) de textura coriácea. Quando jovens, as folhas possuem coloração avermelhada e apresentam grande número de tricomas tectores e glandulares em ambas as faces, sendo em maior quantidade na face abaxial (Figura 1A, 1F, 1G). As folhas de indivíduos maduros apresentam uma coloração verde-escura brilhante e um número reduzido de tricomas glandulares em ambas as faces (Figura 1B, C, D, E).

O mesofilo é dorsiventral, composto por parênquimas paliçádico e lacunoso bem diferenciados e revestidos por epiderme (Figura 1I). O tecido paliçádico apresenta um só plano de divisão celular. O parênquima lacunoso situa-se na face abaxial, consistindo em diversas camadas de células, com grandes espaços intercelulares (Figura 1H). No mesofilo são distribuídos pequenos feixes vasculares, do tipo colateral e envoltos por uma bainha esclerenquimática, que pode se prolongar até a face adaxial da epiderme (Figura 1H).

A epiderme foliar é uniestratificada e possui células relativamente maiores na face adaxial. Ambas as epidermes consistem em células com paredes sinuosas e recobertas por uma cutícula moderadamente espessada e praticamente lisas com presença de cera epicuticular (Figura 1-J).

A organização estrutural das folhas demonstrou estômatos anomocíticos, inseridos praticamente no mesmo nível das demais células epidérmicas e encontram-se exclusivamente na face abaxial, caracterizando a folha como

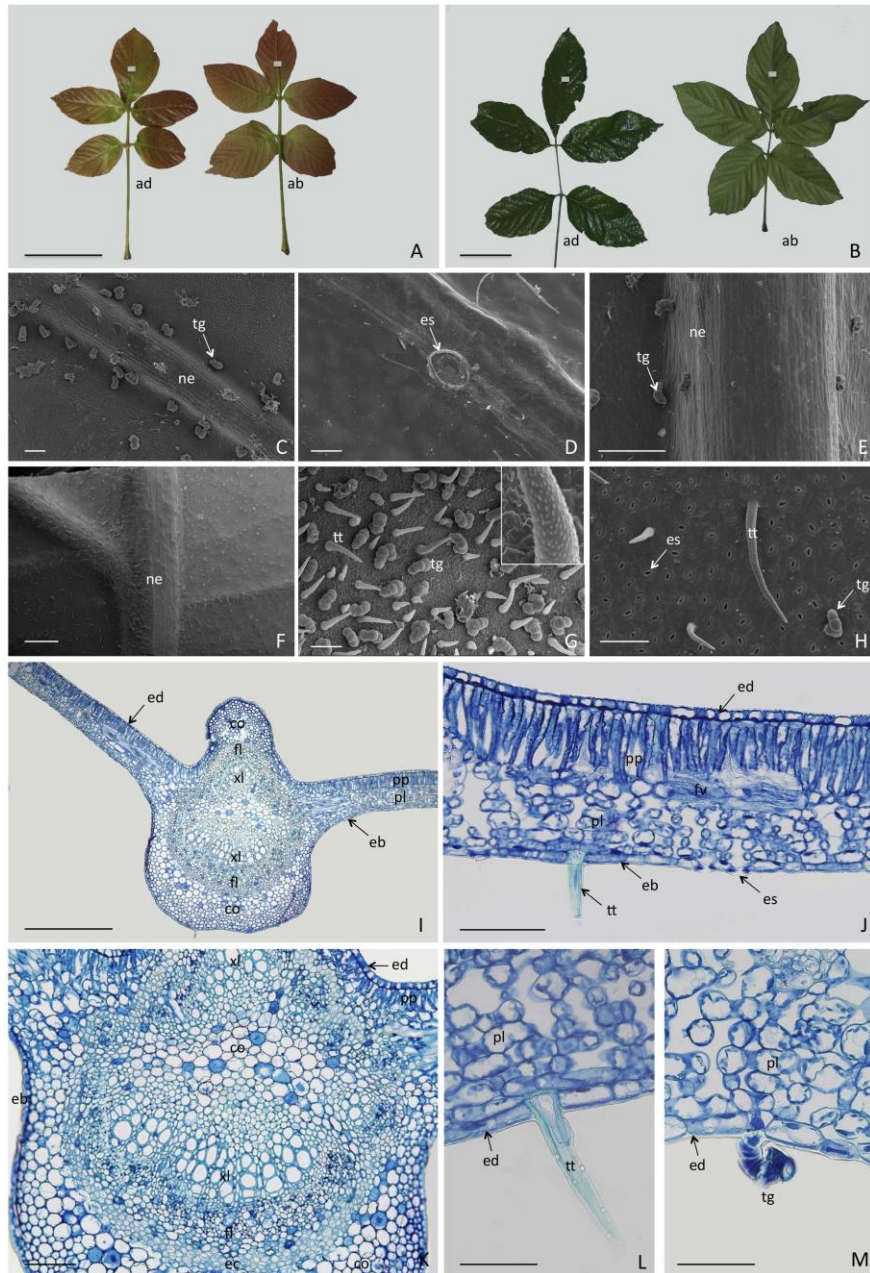


Figura 1. Morfoanatomia da folha de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] (Sapindaceae), observados em microscópio de varredura (C-H) e microscopia de luz (A-B; I-M). A) Vista adaxial e abaxial da folha jovem. B) Vista adaxial e abaxial da folha madura. C) Vista abaxial da folha com nervura proeminente com presença de tricomas glandulares. D) Detalhe do estômato anomocítico. E-F) Detalhe da nervura principal na superfície abaxial da folha com presença de tricomas glandulares. G) Vista dos diferentes tipos de tricomas na superfície abaxial da folha e detalhe da ornamentação do tricoma tector. H) Detalhes dos estômatos e tricomas. I) Secção transversal da folha e nervura principal observados em microscopia de luz. J) Secção transversal da folha, mostrando detalhes do mesofilo e epiderme. K) Detalhes da nervura central. L) Detalhe do tricoma tector inserido na epiderme da lâmina foliar. M) Detalhe do tricoma glandular pluricelular na superfície da folha. ab) face abaxial; ad) face adaxial; co) colênquima; eb) epiderme abaxial; ed) epiderme adaxial; es) estômatos; ec) esclerenquimática; fl) floema; fv) feixe vascular; ne) nervura; pl) parênquima lacunoso; pp) parênquima paliçádico; tg) tricomas glandulares; tt) tricomas tectores; xi) xilema. Barras: A-H = 1 mm; I = 300 μ m; J = 500 μ m; K-M = 200 μ m.

hipoestomática com densidade média de 298,20 estômatos mm² (Figura 1H). Este tipo de organização dos estômatos é comum em Sapindaceae (METCALFEE CHALK (1950), CRONQUIST (1981), POLE (2010) e MOHTASHAMIAN et al, 2017).

Fatores ambientais como a umidade, tem sido um fator que influencia na densidade de estômatos nas folhas (EL-SHARKAWY et al., 1985; BAKKER, 1991; CASSON e GRAY , 2008 e HOVENDEN et al., 2012). Maior densidade de estômato por área foliar pode influenciar nas trocas gasosas. Dow et al. (2013) relatam que a redução nas trocas gasosas pode ser uma adaptação à seca ambiental.

No parênquima fundamental, ocorrem células parenquimáticas com espessamento parietal anelar, isoladas ou em pequenos grupos, bem como se encontram diversos feixes vasculares colaterais praticamente unidos em um arranjo cêntrico. O sistema vascular é envolto por uma bainha esclerenquimática completa formada de várias camadas de células (Figura 1K).

Dois tipos de tricomas (tector e glandular) foram observados nas epidermes foliares dos guaranazeiros (Figura 1L-M). Tricomas tectores estão implantados em depressões do estrato epidérmico e constituídos de uma única célula alongada, medindo aproximadamente 150 a 600 µm, cônico, ereto, de paredes espessas e pontiagudas, e revestido por uma cutícula escamosa (Figura 1G-detelhe; L). Os tricomas glandulares são curtos, pluricelulares, capitados, de formato ovóide, com diâmetro variando de 30 a 50 µm, possuindo de três a oito células (Figura 1M). A presença destes tipos de tricomas é característica de espécies da família das sapindáceas (MANFRON et al., 2010; MOHTASHAMIAN et al., 2017).

Morfoanatomia floral

As flores do guaranazeiro são zigomorfas, diminutas, medindo $7,4 \pm 1,8$ mm de comprimento e ocorrem em inflorescências de dois tipos: terminais e axilares, podendo se desenvolver diretamente do caule ou nas gavinhas (Figura 2A-B). As flores são monóclinas (bissexual), apresentam cinco sépalas das quais duas são menores e externas, enquanto que as outras três são mais estreitas e semelhantes às pétalas; quatro pétalas brancas com o dobro do tamanho das sépalas, em forma de capus ou calha, possuindo internamente escamas coreáceas, com apêndices petalóides carnosos fusionados na base das pétalas inseridos numa concavidade no centro de cada um dos quatro nectários. As flores possuem dois nectários centrais

mais desenvolvidos e dois laterais menores ou quase ausentes em algumas flores. Pode-se observar inúmeros estômatos na superfície dos nectários (Figura 2I). As flores possuem oito estames e três carpelos fundidos (Figura 2D-F).

As flores estaminadas possuem gineceu rudimentar, com $0,5 \pm 0,2$ mm de comprimento e os óvulos totalmente atrofiados (Figura 2H). Apresentam também diferenças no comprimento dos estames, sendo que dos oito estames, cinco são exertos (expostos) e três ficam insertos (interior da corola) (Figura 2F-H).

Para as flores pistiladas, foram observados estames rudimentares, gineceu com estigma trifido, ovário súpero, sincárpico, trilocular, medindo $1,4 \pm 0,6$ mm de comprimento, placentação axilar e um óvulo/ lóculo, com 0,3 mm de comprimento, podendo ocorrer fecundação em um, dois ou os três óvulos (Figuras 2D, E, G). Os óvulos são bitegumentados, eretos e anátropos (Figura 2K-O). O gineceu ultrapassa em tamanho os estaminódios na mesma flor e é notavelmente maior do que o pistilódio da flor estaminada (Figura 2D-E). Os óvulos estão inseridos em grande parte do lóculo principalmente na região basal, possuindo micrópila localizada na face lateral (Figuras 2K-L). No interior de cada lóculo foram observados numerosos tricomas unicelulares inseridos na parede interna do ovário (Figuras 2K-O).

O androceu na flor estaminada é composto por oito estames, filetes pubérulos a vilosos, anteras bitecas e rimosas, com pólen triporado. O gineceu na flor pistilada, com três carpelos e um óvulo por carpelo, inserido na metade basal do lóculo, três estiletes filiformes unidos até o ápice, estigma trifido com placentação axilar. Para ambas as flores os estames não funcionais apresentam anteras com morfologia similar aos estames funcionais. O funículo é bastante espesso e distinto da placenta (Figura 2M-O). Ao lado da região micropilar, pode-se observar o obturador com uma superfície densamente papilosa (Figura 2L-O). Características estas comuns ao gênero *Paullinia* (SOLIS e FERRUCCI, 2009; ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al. 2017).

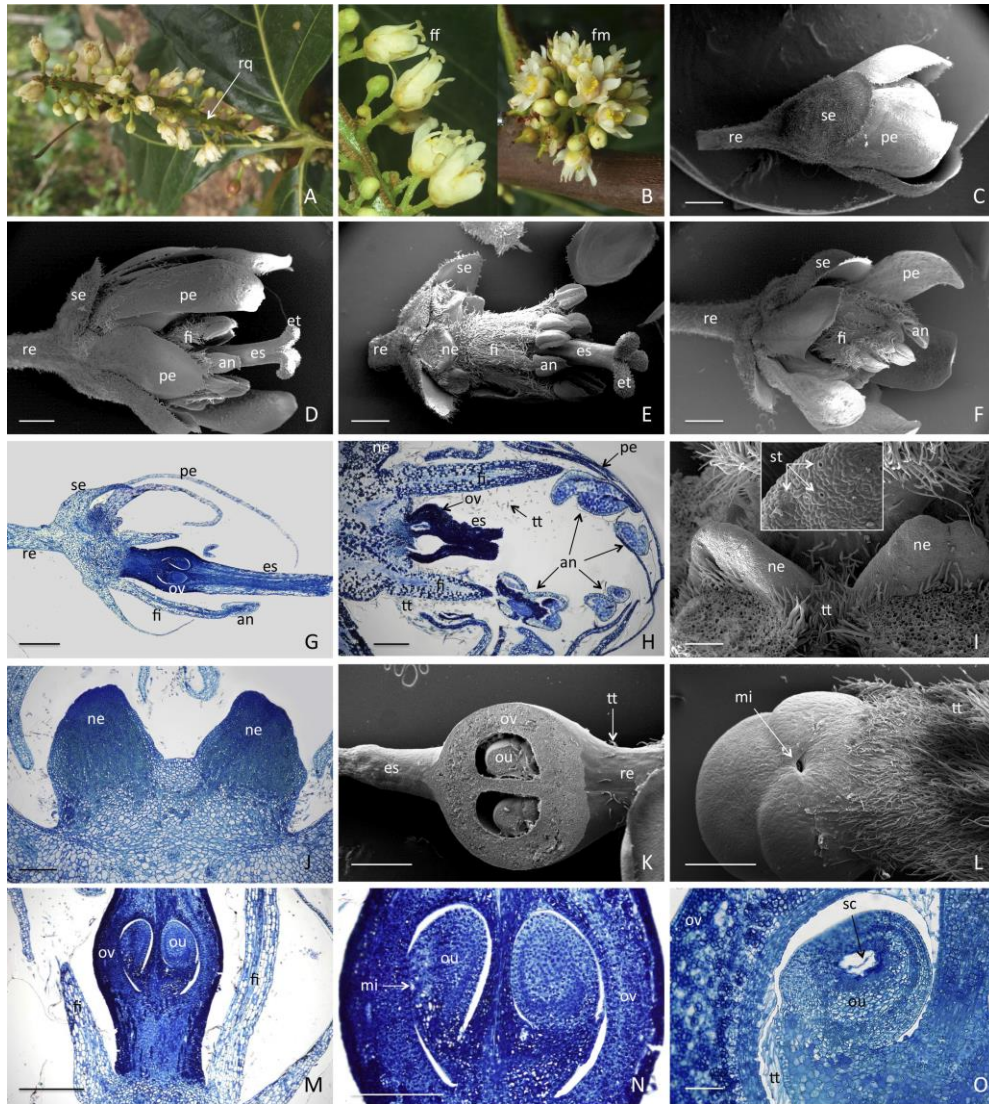


Figura 2. A) Inflorescência de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis*(Mart.)Ducke] (Sapindaceae). B) Flor funcionalmente pistilada e estaminada. C) Botão em fase de pré-antese observada ao microscópio eletrônico de varredura (MEV). D-E) Flor pistilada observada ao MEV. F) Flor estaminada observada ao MEV. G) Flor pistilada observada ao microscópio de luz (ML). H) Flor estaminada observada ao microscópio de luz (ML). I) Nectário observado ao MEV (detalhe dos estômatos). J) Nectário observado ao ML. K) Pistilo em vista longitudinal observado em MEV. L) Óvulo observado em MEV. M) Pistilo em vista longitudinal observado em ML. N) Ovário em vista longitudinal observado em ML. L-O) óvulo em vista longitudinal observado em ML. an = antera; es = estilete; et = estigma; fi = filete; ff = flor funcionalmente pistilada; fm = flor funcionalmente estaminada; mi = micrópila; ne = nectário; ov = ovário; ou = óvulo; pe = pétala; re = receptáculo; rq = ráquis; sc = saco embrionário; se = sépala; st = estômato; tt = tricoma tector. Barras: A-G, J-M = 1 mm; H-I = 300µm; N = 500µm; O = 200 µm.

A estrutura anatômica das sépalas e pétalas é análoga à das folhas, pois apresenta em geral epiderme adaxial ondulada, uniestratificada, convexa, com inúmeros tricomas (tectores e glandulares), com a presença de estômatos apenas na epiderme adaxial (Figura 3). O número de tricomas nas sépalas é bem superior (Figura 3D) aos observados nas pétalas (Figura 3A-C), principalmente na face abaxial, sendo semelhantes aos das folhas. Abaixo da epiderme está presente um parênquima fundamental com idioblastos contendo drusas de oxalato de cálcio, parênquima clorofiliano com duas a cinco camadas de células e pequenos feixes de fibras (Figura 3-F).

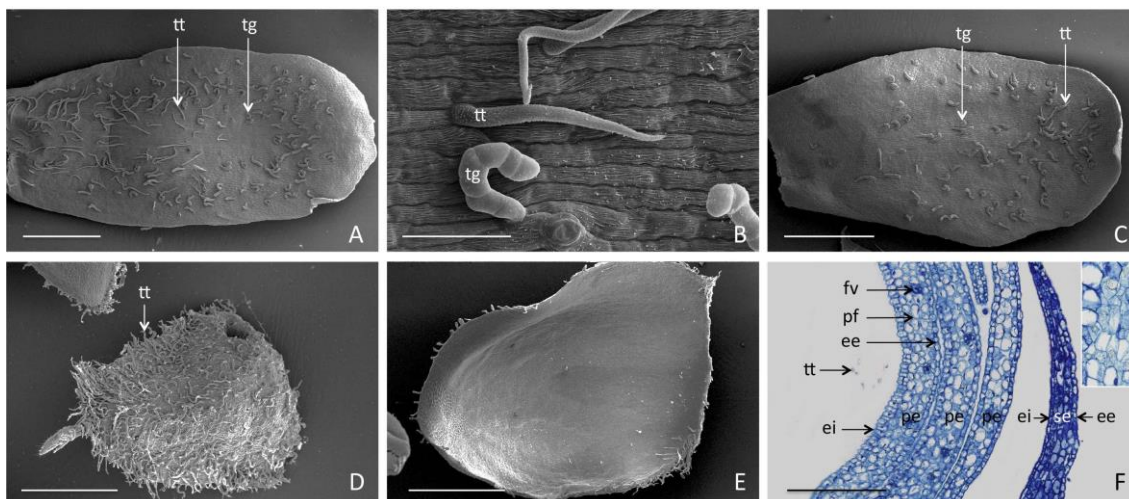


Figura 3. Verticilos protetores (corola) de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], (Sapindaceae) observados ao microscópio eletrônico de varredura (A-E) e microscópio de luz (F). A) Superfície adaxial da pétala. B) Tricomas na superfície adaxial da pétala. C) Superfície abaxial da pétala. D) Superfície adaxial da sépala. E) Superfície abaxial da sépala. F) Secção longitudinal observada por microscopia de luz das pétalas e sépala e detalhe dos idioblastos contendo drusas de oxalato de cálcio. ee = epiderme externa; ei = epiderme interna; fv = feixe vascular; pe = pétala; pf = parênquima fundamental; se = sépala; tg = tricoma glandular; tt = tricoma tector. Barras: A, C-E = 1 mm; B = 100 μ m; F = 500 μ m.

As anteras da flor estaminada apresentaram grande quantidade de grãos de pólen (Figura 4D). Os grãos de pólen são de tamanho médio, isopolar, oblato, 3-porados, triangular de contorno convexo-côncavo (Figuras 4-E, F).

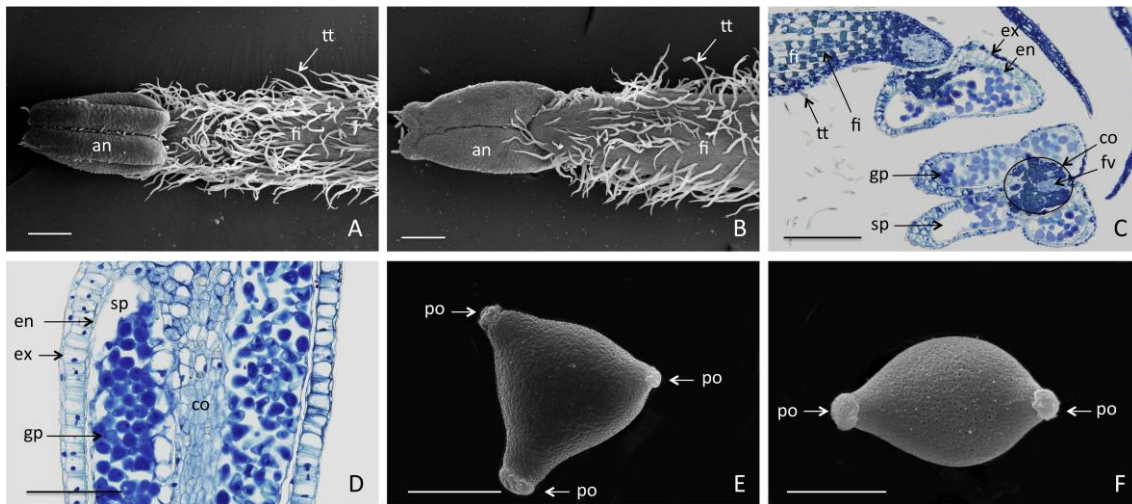


Figura 4. Androceu de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] (Sapindaceae) observados ao microscópio eletrônico de varredura (A-B, E-F) e microscópio de luz (C-D). A) Superfície adaxial do androceu. B) Superfície abaxial do estame. C) Secção longitudinal do androceu. D) Secção longitudinal da antera. E) Vista polar do grão de pólen. F) Vista equatorial do grão de pólen. an = antera; co = conectivo; en = endotélio; ex = exotélio; fi = filete; fv = feixe vascular; gp = grão de pólen; po = poro; sp = saco polínico; tg = tricoma glandular; tt = tricoma tector. Barras: A, B = 300 μ m; C, D = 200 μ m; E, F = 20 μ m.

A superfície estigmática da flor pistilada é densamente papilosa, de natureza secretora (Figura 5A-C). Pode-se observar um parênquima fundamental com epiderme uniestratificada e presença de estômatos. O tecido transmissor forma um canal no estilete sólido com várias camadas de células de citoplasma denso (Figura 5C). A superfície estigmática da flor pistilada é densamente papilosa, de natureza secretora (Figura 5A-C). Pode-se observar um parênquima fundamental com epiderme uniestratificada e presença de estômatos. O tecido transmissor forma um canal no estilete sólido com várias camadas de células de citoplasma denso (Figura 5C). Em relação à flor estaminada, o estilete é bem reduzido, assim como a superfície estigmática, papilas pequenas e normalmente deformadas, sem a presença do tecido transmissor bem definido (Figuras 5D-F).

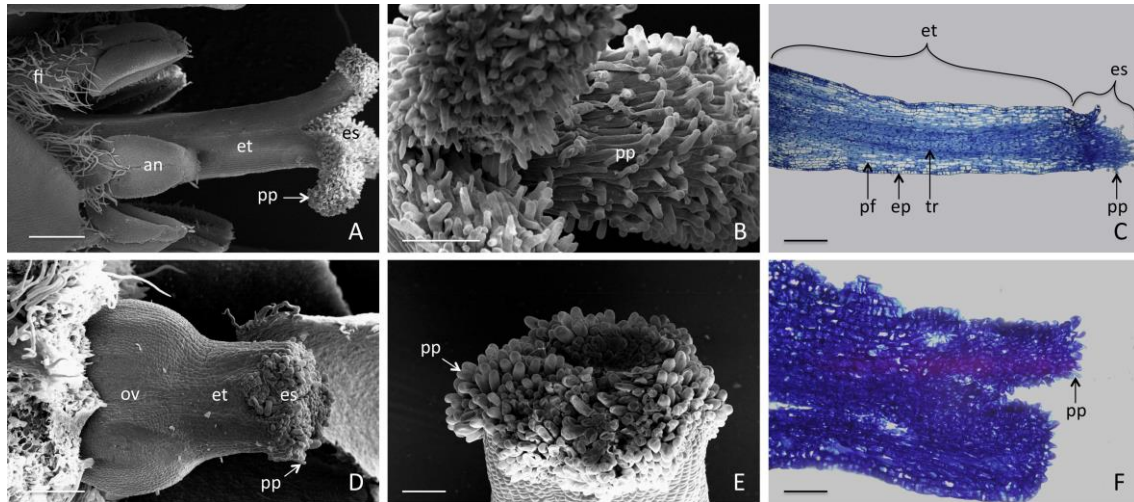


Figura 5. Gineceu de [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] (Sapindaceae) observados ao microscópio eletrônico de varredura (A-B, D-E) e microscópio de luz (C-F). A) Vista longitudinal das anteras, estilete e estigma da flor pistilada. B) Superfície do estigma, evidenciando as papilas da flor pistilada. C) Secção longitudinal do estilete e estigma da flor pistilada. D) Vista longitudinal do pistilo na flor estaminada. E) Superfície do estigma, evidenciando as papilas da flor estaminada. F) Secção longitudinal do estilete e estigma da flor estaminada. F) Vista equatorial do grão de pólen. an = antera; ep = epiderme; es = estigma; et = estilete; ov = ovário; pf = parênquima fundamental; pp = papilas estigmáticas; tr = tecido transmissor; tt = tricoma tector. Barras: A, B = 300 μm ; C, D = 200 μm ; E, F = 20 μm .

CONCLUSÕES

O guaranazeiro possui folhas compostas, com cinco folíolos (pinado-pentafolioladas) de textura coriácea, apresentando grande número de tricomas tectores e glandulares em ambas as faces, sendo em maior quantidade na face abaxial.

Os estômatos são anomocíticos e encontram-se exclusivamente na face abaxial, caracterizando a folha como hipoestomática.

As flores do guaranazeiro são zigomorfas medindo $7,4 \pm 1,8$ mm de comprimento e ocorrem em inflorescências terminais e axilares, podendo se desenvolver diretamente do caule ou nas gavinhas.

As flores estaminadas possuem gineceu rudimentar, com $0,5 \pm 0,2$ mm de comprimento e os óvulos totalmente atrofiados.

As flores pistiladas apresentam estames rudimentares, gineceu com estigma trifido, ovário súpero, sincárpico, trilocular, medindo $1,4 \pm 0,6$ mm de comprimento, placentação axilar e um óvulo/ lóculo, com 0,3 mm de comprimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P., P. C. VAN WELZEN, F. ADEMA, AND R. W. J. M. VAN DER HAM. 2011. Sapindaceae. p. 357–407 in *The families and genera of vascular plants v. 10*, ed. K. Kubitzki. Berlin: Springer Verlag.

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; WURDACK J. K.; FERRUCCI, M. S.; JOHNSON, G.; DIAS, P.; COELHO., RUBENS G.; . SOMNER, G. V.; STEINMANN, V. W.; ZIMMER, E. A.; STRONG, M. T. Generic Relationships and Classification of Tribe Paullinieae (Sapindaceae) with a New Concept of Supertribe Paullinioidae. *Systematic Botany*, n. 1, p.96-114, 2017.

BAKKER, J.C. Effects of humidity on stomatal density and its relation to leaf conductance. **Scientia Horticulturae** , n. 3, p. 205–212, 1991.

BARBOSA D.A, SILVA K.N, AGRA M.F. Estudo farmacobotânico-comparativo de folhas de *Turnerachamaedrifolia* Cambess. e *Turnerasubulata* Sm. (Turneraceae). **Rev. Brás Farmacogn**, v.17, p. 396-413, 2007.

BARROS, G. M. S. C.; TEIXEIRA, Simone de Pádua. Estudo farmacobotânico de duas espécies de Anileira (*Indigofera suffruticosa* e *Indigofera truxillensis*, Leguminosae) com propriedades farmacológicas. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 287-294, 2008.

BUDEL J, DUARTE M.R. Estudo farmacobotânico de partes vegetativas aéreas de *Baccharisanomala* DC, Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v.18, p. 761-768, 2008.

CIDADE BRASIL. Município de Valença. <http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-valenca.html>. Acesso em 24 de abril de 2019.

CRONQUIST A. An integrated system of classification of flowering plants. New York: **Columbia University**, 1981.

CARPANO S.M, CASTRO M.T, SPEGAZZINI E.D. Caracterización morfoanatômica comparativa entre *Aloe vera* (L.) Burm. F., *Aloe arborescens* Mill, *Aloe saponaria* Haw. y *Aloeciliaris* Haw. (Aloeaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v.19, p. 269-275, 2009.

DOW, G.J., BERRY, J.A. ; BERGMANN, D.C. The physiological importance of developmental mechanisms that enforce proper stomatal spacing in *Arabidopsis thaliana*. **New Phytologist** , n. 201, p. 1205–1217, 2013.

DUARTE M.R, HAYASHI S.S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskiaaculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v.15,p. 103-109,2005.

EL-SHARKAWY, M.A., COCK, J.H.; HERNANDEZ, A.D.P. Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. **Photosynthesis research** , n. 2, p. 137–1, 1985.

EMPINOTTI, C. B.; DUARTE, M. R. Estudo anatômico de folha e caule de *Elephantopusmollis* Kunth (Asteraceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, p.108-116, 2008.

ESCOBAR, J. R.; CORRÊA, M. P. F.; AGUILERA, F. P. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.5, p.615-622, 1984.

GARCIA, T. B.; NASCIMENTO FILHO, F.J.; SILVA, S. E. L Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* Var. *sorbilis*). Circular técnica, v.4, p.20, 1999.

GETTE M.A, PETENATTI M.E, DEL VITTO L.A, ZACCHINO S, PETENATTI E.M. Comparative pharmacobotanic study and ethnopharmacological uses of the “Botones de oro” from Argentinean folk medicine. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 19, p. 14-19, 2009.

GOMES R.S.D. L, OLIVEIRA V.C, JÁCOME R.L.R.P, PINTO J.E.B.P, LAMEIRA O.A, BARROS A.M.D. Estudo morfoanatômico comparativo entre a poaia (*Psychotria ipecacuanha*(Brot.) Stokes - Rubiaceae) obtida da região Amazônica(habitat original) e proveniente de processo biotecnológico submetida a diferentes tratamentos de interceptação da radiação solar. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 19, p. 276-283, 2009.

GONÇALVES, J. F. C.; SANTOS-JUNIOR, U. M.; SILVA, J. F.; ARRUDA, M. R.; BONATES, L. C.; FERNANDES, A. V. Physiological and anatomical characteristics of leaves of two clones of guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 393-398, 2006.

GONDIM, C. J. E. Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaranazeiro (*Paullinia cupana* Var. *sorbilis* (Mart.) Ducke - Sapindaceae). **Acta Amazônica**, v.14, n.1-2, p.9-38, 1984.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Jussieu. **Acta Botânica Brasílica**, v. 14, p. 327-334, 2000.

HERTZ, E.; CADONÁ, F. C.; MACHADO, A. K.; AZZOLIN, V.; HOLMRICH, S.; ASSMANN, C.; LEDUR, P. Effect of *Paullinia cupana* on MCF-7 breast cancer cell response to chemotherapeutic drugs. **Molecular and Clinical Oncology**. v. 3, p.37–43, 2015.

HOVENDEN, M.J., VANDER SCHOOR, J.K.; OSANAI, Y. Relative humidity has dramatic impacts on leaf morphology but little effect on stomatal index or density in *Nothofagus cunninghamii* (Nothofagaceae). **Australian Journal of Botany**, v.60, n8, p. 700–706. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro Geográfico Estatístico. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/bahia>>. Acesso em: 2 de maio de 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=2922409>. Acesso em 18 de fevereiro de 2019.

KARNOVSKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative in high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v.27, p.137-138, 1965.

MANFRON, M. P., BAJERSKI L.; MALESUIK, M. D. ZANETTI, G.D. Morfoanatomia das folhas de *Dodonaea viscosa* Jacq., Sapindaceae. Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian **Journal of Pharmacognosy**. v.4, p. 536-541, 2010.

MARQUES, L.L; PANIZZON, G, P; AGUIAR, B. A.;SIMIONATO, A. S. CARDOZO-FILHO, L, ANDRADE, G. DE OLIVEIRA, A.G.; GUEDES, T.A.; MELLO, J.C: Guaraná (*Paullinia cupana*) seeds: Selective supercritical extraction of phenolic compounds. **Food Chemistry**. 212 p. 703–711, 2016.

MAURO C, SILVA CP, MISSIMA J, OHNUKI T, RINALDI RB, FROTA M. Estudo anatômico comparado de órgãos vegetativos de boldo miúdo, *Plectranthus ornatus* Codd. e malvariço, *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. - Lamiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, p 608-613, 2008.

MENDONÇA, M. S.; NODA, H.; CORRÊA, M. P. F. Aspectos morfológicos da semente e da germinação do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). **Revista da Universidade do Amazonas**. Série Ciências Agrárias, v.1, n.2, p.71-82, 1992.

METCALFE CR, CHALK L. Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses. **Oxford: Clarendon**, 1950.

MILANEZ, F. R. Anatomia do fruto do guaraná. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v.16, p.57-100, 1959.

MOHTASHAMIAN, M.; FARIDEH A.; KAVEH K.; MASOUDI-NEJAD , ALI Micromorphological studies of leaf epidermal features in populations of maples (*Acer L.*) from Iran. **Phytotaxa** , n.1, p 036–054, 2017.

NASCIMENTO FILHO, O; ATROCH, A. L.; SOUSA, N. R.; GARCIA, T. B.; CRAVO, M. S.; COUTINHO, E. F. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.36, p.501-506, 2001.

POLE, M. Cuticle morphology of Australasian Sapindaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n. 3, p. 264–292, 2010.

RANGEL, M. P.; MELLO, J. C. P.; AUDI, E. A.. Evaluation of neurotransmitters involved in the anxiolytic and panicolytic effect of the aqueous fraction of *Paullinia cupana* (guaraná) in elevated T maze. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v.23, n.2, p.358–365, 2013

SEBRAE. Disponível em: <> [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/EA4413F15EF0A2938325754C0063C9C8/\\$File/NT0003DC32.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/EA4413F15EF0A2938325754C0063C9C8/$File/NT0003DC32.pdf) Acesso em: 18 de fevereiro de 2019.

SOLÍS, S. M.; FERRUCCI, M. S. The floral nectary of *Cardiospermum grandiflorum* and *Urvillea chacoënsis* (Sapindaceae): morpho-anatomy and ontogeny. In: **Annales Botanici Fennici**. 2009. p. 485-495.

SOMNER, G.; FERRUCCI, M. S. ; ACEVEDO-RODRÍGUEZ P.; MEDEIROS, H. 2014. *Paullinia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20914>)

TOLEDO ACO, DUARTE MR, NAKASHIMA T. Caracterização morfoanatômica de raiz e rizoma de *Symphytum officinale* L. (Boraginaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p.185-191.2006.

ARTIGO 3

**BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE [*Paullinia cupana* var. *sorbilis*
(MART.) DUCKE]¹**

¹Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Acta Botanica Brasílica.

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estudar a biologia floral e reprodutiva do guaranazeiro [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Martius) Duke]. A viabilidade dos grãos de pólen foi avaliada por meio da germinação *in vitro* e testes histoquímicos. A receptividade do estigma foi determinada com peróxido de hidrogênio. Os sistemas reprodutivos foram verificados em campo e determinados pelos índices de autogamia e autoincompatibilidade. As sementes produzidas foram submetidas a teste de germinação em bandeja com areia lavada. Os visitantes florais foram observados por 1045 horas ao longo do dia. A antese das flores pistiladas é noturna com início às 2:00 h prolongando-se até às 12:00 h, enquanto as flores estaminadas a antese é diurna, iniciando as 5:00 horas, durando até as 15:00 horas. As maiores porcentagens de germinação e comprimento do tubo polínico foram obtidas em meios de cultura BK. Os testes histoquímicos demonstraram que o reativo de Alexander e o corante TTC promoveram resultados mais fidedignos no que diz respeito à estimativa da viabilidade e fertilidade dos grãos de pólen. O estigma apresenta-se receptivo desde a antese até 14 h horas após abertura floral; entretanto, a maior receptividade foi registrada 04 horas após a abertura da flor. O pólen apresentou-se viável desde a antese até 12 horas após a antese, com maior viabilidade no momento da abertura da flor. A espécie é preferencialmente alógama autoincompatível, portanto, para manter a produção de sementes viáveis há necessidade da presença de agente polinizador. A ordem hymenoptera apresentou maior representatividade nas avaliações. A família Apidae foram os visitantes florais mais frequentes.

Palavras-chave: Guaranazeiro; viabilidade dos grãos de pólen; receptividade do estigma, sistemas de polinização, visitantes florais.

FLORAL AND REPRODUCTIVE BIOLOGY OF [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE]

ABSTRACT: This work has as objective to study the floral and reproductive biology of the guarana [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke]. The viability of pollen grains was evaluated through the *in vitro* germination and histochemical tests. The receptivity of the stigma was determined with hydrogen peroxide. The reproductive systems were verified at field and determined by the autogamy and self-incompatibility indexes. The produced seeds were subjected to germination tests in trays with washed sand. The floral visitors were observed during 1045 hours throughout the day. The anthesis of the pistiled flowers is during nighttime beginning at 02:00 h lasting until 12:00 h, meanwhile the staminate flowers the anthesis is at daytime, beginning at 05:00 h until 15:00 h. The bigger germination percentages and pollen tube lengths were obtained at the BK culture media. The histochemical tests demonstrated that the Alexander's reactive and the TTC dye promoted more reliable results regarding the estimation of viability and fertility of pollen grains. The stigma is receptive from the anthesis until 14 hours after the flower opening, however, the greatest receptivity was registered 04 hours after flower opening. The pollen presented viable from anthesis until 12 hours after the anthesis, with greater viability at the moment of flower opening. The species is preferentially allogam and self-incompatible, therefore, to maintain the viable seeds production the pollinating agents need to be present. The hymenoptera order presented the greater representativity in the evaluations. The Apidae family were the most frequent flower visitors.

Keywords: Guarana tree; pollen grains viability; stigma receptivity; pollination systems, floral visitors.

INTRODUÇÃO

O guaranazeiro, *Paullinia cupana* var. *sorbilis* é uma planta tipicamente brasileira, nativa da Região Amazônica e hoje adaptada e cultivada na região do Baixo Sul do Recôncavo da Bahia.

A produção do guaraná é exclusivamente brasileira e está concentrada na região Norte e Nordeste com 739 e 2600 toneladas por hectares, respectivamente, safra 2016. Na região Norte, a maior produção concentra-se no Estado do Amazonas (689 toneladas por hectares), seguido de Rondônia (36 toneladas por hectares), Pará (12 toneladas por hectares) e Acre (2 toneladas por hectares) (IBGE, 2017). Na região Nordeste, a produção é exclusivamente no estado da Bahia, especificamente na região do Baixo Sul.

O conhecimento da biologia floral e reprodutiva é fundamental para o entendimento das interações entre os grãos de pólen e estigma, flores e polinizadores, bem como o sucesso reprodutivo das espécies vegetais para estratégias de sobrevivência e mecanismos de preservação (LENZI e ORTH, 2004; NEGRELLE e MURARO, 2006).

Os estudos sobre viabilidade dos grãos de pólen possibilitam direcionar possíveis cruzamentos, pois tais conhecimentos indicam a fertilidade masculina, o que resultam em aumento na eficiência reprodutiva (TECHIO et al., 2006; SOARES et al., 2011). Para se estudar a viabilidade, os testes histoquímicos, realizados a partir de corantes específicos, são rápidos e de fácil realização, proporcionando resultados confiáveis (TECHIO et al., 2006).

Por outro lado, o conhecimento da receptividade do estigma também consiste em um fator importante, principalmente, quando se busca a polinização controlada, e está ligada a atividades enzimáticas específicas como a peroxidase, desidrogenase e esterase. Tais enzimas são fundamentais na germinação dos grãos de pólen, na introdução do tubo polínico no estigma e também nas respostas de incompatibilidade (DAFNI e MAUÉS, 1998; BHATTACHARYA e MANDAL, 2004; KULLOLI et al., 2010).

A planta é alógama, monoica, apresentando flores pistiladas e estaminadas na mesma planta com alternância espacial e temporal (SCHULTZ e VALOIS, 1974). Como planta alógama a presença de polinizadores para a

reprodução do guaranazeiro é de extrema importância para transferir o pólen das flores estaminadas para flores pistiladas e garantir a produção das sementes, que são consideradas o produto de comercialização da cultura.

A polinização do guaranazeiro tem sido atribuída a insetos, principalmente às abelhas (KRUG et al., 2015). A importância econômica das abelhas como polinizadoras de plantas foi demonstrada por Gallai et al. (2009), assim como a vulnerabilidade da produção de alimento. Trabalhos relacionados com a biologia floral e polinização da cultura têm demonstrado que a cultura depende da presença de insetos polinizadores para a produção (ESCOBAR et al., 1984; GONDIM, 1984;).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estudar a biologia floral e reprodutiva da [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (MART.) DUCKE], contribuindo com a obtenção de dados ainda inéditos ou pouco conhecidos relacionados às formas de reprodução e aos mecanismos de polinização desta espécie na região do Baixo Sul do Recôncavo da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de plantio comercial, localizadas na cidade de Valença, Bahia, Brasil, foram utilizadas para os diferentes estudos. O município está localizado sob a coordenada geográfica com latitude de 13° 22' 13" sul e longitude de 39° 04' 23" oeste (CIDADE BRASIL, 2019), temperatura média anual de 24,6°C, umidade máxima de 90% e mínima de 51% e índice pluviométrico de 2000 mm (INMET, 2019).

Viabilidade dos grãos de pólen

Para os estudos da viabilidade dos grãos de pólen, dez flores do mesmo racemo de quatro plantas foram coletadas em três tempos diferentes: pré-antese (00:00 h), antese (2:00 h) e pós-antese (13:00 h). Os grãos de pólen foram espalhados com pincel e distribuídos uniformemente em placas de Petri, contendo 25 mL de quatro meios de cultura BM (PARTON et al., 2002); BK (BREWBAKER; KWACK, 1963); MBK (BREWBAKER; KWACK, 1963)

modificado com sacarose (20 %) e SM (SOARES et al., 2008) e mantidos em câmara escura à temperatura de 27 ± 1 °C.

O delineamento experimental utilizado para a germinação dos grãos de pólen foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (4 x 3) sendo quatro meios de cultura (BM, BK, MBK e SM) e três tempos (00:00, 2:00 e 13:00 h), em 12 repetições, sendo cada repetição representada por três placas de Petri, cada uma subdividida em quatro quadrantes.

A contagem dos grãos de pólen germinados e a medida do comprimento do tubo polínico foram realizadas 24 horas após a inoculação em meio de cultura. Para a porcentagem de germinação foram contabilizados todos os grãos de pólen de cada quadrante, enquanto que, para o comprimento do tubo polínico foram mensurados aleatoriamente cinco tubos em cada quadrante, totalizando 60 tubos polínicos de cada tratamento. Foram considerados germinados os grãos de pólen que possuíam tubo polínico com tamanho igual ou superior ao diâmetro do próprio grão de pólen. As microfotografias foram obtidas com auxílio de estereomicroscópio Leica EZ4 D (Leica, Wetzlar, Alemanha).

Os dados de porcentagem de germinação foram transformados para arcsen ($\sqrt{x}/100$) antes da análise estatística. Para a comparação das medias, os dados foram submetidos à análise de variância e utilizou-se o teste Tukey ($p < 0,05$), por meio do programa SAS (SAS Institute, 2010).

Quanto aos testes histoquímicos, os grãos de pólen foram coletados as de 8:00 h, distribuídos sobre lâminas de vidro e submetidos a três corantes, o Reativo de Alexander a 1 %. (ALEXANDER, 1980), o 1: 2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) a 1% diluído em tampão Tris HCl 0,15 M, pH 7,8 (SHIVANNA; RANGASWAMY, 1992); e Carmim Acético 1 % em água (KEARNS e INOUE, 1993). A amostragem dos grãos de pólen corados foram realizada ao acaso por meio do método de varredura da lâmina em microscópio óptico GmbH 77081 (Carl Zeiss, Jena, Alemanha), contabilizando-se 100 grãos de pólen por lâmina com três repetições por tratamento, perfazendo um total de 300 grãos de pólen para cada corante. No caso das avaliações com o corante 1: 2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC), a contagem dos grãos de pólen viáveis foi realizada 40 minutos após a preparação das lâminas, já que esse corante requer um período maior para que ocorra a reação enzimática.

Receptividade do estigma

A receptividade do estigma foi avaliada utilizando-se o peróxido de hidrogênio (3 %) (ZEISLER, 1933) em três diferentes tempos, pré-antese (00:00 h), antese (2:00 h) e pós-antese (13 horas após antese) com três repetições, sendo cada repetição composta por um estigma de diferentes plantas. A receptividade do estigma foi estimada conferindo graus, conforme adaptação de (DAFNI e MAUÉS 1998): (-) sem reação; (+) resposta positiva fraca; (++) resposta positiva forte; (+++) resposta muito forte.

Sistemas reprodutivos

Os sistemas reprodutivos foram verificados em campo, com base na metodologia de KEARNS e INOUE (1993).

- a) Polinização aberta: botões florais foram apenas selecionados e identificados;
- b) Autopolinização espontânea: flores em pré-antese foram isoladas com sacos de “*voil*” e permaneceram assim até a frutificação;
- c) Autopolinização manual: flores foram ensacadas com “*voil*” na pré-antese e na antese foram polinizadas com grãos de pólen da mesma planta;
- d) Polinização cruzada manual: flores foram ensacadas com “*voil*” na pré-antese e na antese e foram polinizadas com grãos de pólen de outros indivíduos;
- e) Agamospermia: flores foram emasculadas (anteras retiradas) e ensacadas com “*voil*”, permanecendo assim até a frutificação;

As polinizações foram realizadas 04 horas após a antese, às 6:00 horas, sob as mesmas condições de temperatura (24 ± 3 °C) e umidade (90 %). Para cada sistema reprodutivo foram utilizados 10 flores de cada racemo na mesma planta, em 03 repetições, totalizando 150 flores. A frutificação foi acompanhada semanalmente até a maturação dos frutos e estes coletados antes da deiscência. Foram avaliadas a porcentagem de frutificação, comprimento (cm) e diâmetro (cm) dos frutos, número de sementes e porcentagem de germinação. O Índice de Autogamia (IA) e Autoincompatibilidade (IAI) foram calculados conforme (RAMIREZ e BRITO,1990). A espécie foi considerada

autógama ou parcialmente autógama, quando o índice de autogamia foi superior a 0,30, e não-autógamas quando inferior a 0,30.

As sementes resultantes dos diferentes sistemas de polinização foram retiradas de frutos maduros e desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio (2% de cloro ativo) e água destilada (2:1) por 20 minutos, seguida de três lavagens em água destilada, esterilizada. Posteriormente as mesmas foram distribuídas em bandeijas plásticas contendo areia lavada e esterilizada. As sementes foram mantidas em câmara de germinação sob temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$. . O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado e o número de sementes utilizadas variou em função do sistema reprodutivo. Foi determinada a porcentagem de germinação nos diferentes sistemas reprodutivos.

Visitantes florais

Os visitantes florais foram observados diretamente no campo em dois períodos. O primeiro período, ocorreu durante 05 dias (um total de 55 horas) no pico da floração durante o mês de outubro de 2017, onde foram estabelecidos o horário de maior incidência de insetos visitantes. O segundo período concentrou durante 05 dias (um total de 165 horas) nos meses de março, abril e maio do ano de 2018, das 6:00 h às 17:00 h, perfazendo um total de (220 horas) sendo registrada um total 2045 visitas. Durante o transecto, todas as plantas que apresentavam mais de 10 racemos foram avaliadas/observadas, sendo que nesse período, praticamente todos os visitantes florais presentes nas flores foram coletados com auxílio de rede entomológica. As observações foram de 2 mim por flor considerando como 10 o número máximo de flores avaliadas. Foram contabilizados o comportamento, recurso floral, horário e duração da visita, frequência relativa de cada visitante floral. Os visitantes foram fotografados com câmera digital em três ângulos diferentes e os invertebrados coletados com auxílio de rede entomológica e sacrificados em câmara mortífera (frasco com acetato de etila) foram posteriormente enviados para identificação no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Os espécimes de insetos foram depositados nas

dependências do Instituto Federal Baiano, Campus Valença, no laboratório de Biologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Viabilidade dos grãos de pólen

O guaranazeiro apresentou uma baixa viabilidade dos grãos de pólen e uma interação positiva entre os estádios de floração independentemente do tipo de teste realizado, (histoquímica ou germinação *in vitro*) variando de 64,25% a 47,73% respectivamente. Viabilidade polínica inferior a 70% é considerada baixa, podendo trazer problemas para a espécie, como a infertilidade (HISTER e TEDESCO, 2016), que pode indicar irregularidades meióticas induzindo a diferentes graus de esterilidade.

Observou-se uma interação significativa (meios de cultura e horários de coleta de pólen) para a porcentagem de germinação *in vitro* dos grãos de pólen e comprimento do tubo polínico. O meio de cultura BK proporcionou as maiores porcentagens de germinação durante a antese com 70,94%, e maior comprimento do tubo polínico 3,15 μm (Tabela 1). Um maior desenvolvimento do tubo polínico significa maiores possibilidades de ocorrer polinização. Segundo Soares et al. (2008) tubos polínicos bem desenvolvidos aumentam a probabilidade dos gametas se encontrarem e ocorrer a fecundação.

Tabela 1. Porcentagem de germinação *in vitro* de grãos de pólen e comprimento do tubo polínico (μm) de *guaranazeiro* [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], em diferentes meios de cultura e horário da coleta.

Meios*	Horários de coleta do polen			Média
	Pré- Antese (00:00h)	Antese (2:00 h)	Pós-Antese (13:00)	
	Germinação <i>in vitro</i> (%)			
BK	68,89 aA	70,94aA	25,71bB	55,18a
MBK	33,81 bA	44,71bA	6,68dB	28,40b
SM	12,08 cB	41,71bA	31,05aA	28,28b
BM	4,19 dB	32,34cA	16,69cB	17,74b
Média	29,74B	47, 43A	20,03B	
CV(%)		48,8		
	Comprimento do tubo polínico (μm)			Média
BK	0,56aB	3,15 aA	0,93aB	1,55 a
MBK	0,74aA	0,88Ab	0,38aA	0,67 b
SM	0,74aAB	1,30Ac	0,50aB	0,84b
BM	0,56aA	0,39bcA	0,28aA	0,41 b
	1,3 A	1,43A	0,52B	
CV(%)		2,0		

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula na linha dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. * Meios de cultura: BK (BREWBAKER;KWACK, 1963), MBK (BREWBAKER; KWACK, 1963, modificado), SM (SOARES et al., 2008) BM (PARTON et al., 2002).

Com relação ao teste histoquímico a maior porcentagem de grãos de pólen viáveis foi obtida com o corante Carmim Acético 1% , com 80,35% de viabilidade, seguido do Reativo de Alexander a 1%, com 52,69% e 2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC), com 51,36% (Tabela 2) sempre no momento da antese, às 2:00 horas. Os grãos de pólen corados com Carmim Acético 1% quando viáveis apresentam coloração rosa escuro e os não corados ou com morfologia anômala são considerados inviáveis. A coloração vermelha do Carmim Acético baseia-se na integridade cromossômica (KEARNS e INOUYE,1993).

Tabela 2. Avaliação da viabilidade(%) de grãos de pólen do guaranazeiro [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] submetidos a teste histoquímico.

Reagentes	Horários			Média
	00:00h (Pré- Antese)	2:00h (Antese)	13:00 (Pós–Antese)	
	Viabilidade (%)			
Carmim acético 1 %	7,99 aB	80,35 aA	1,43 aC	29,93a
Reativo de Alexander 1 %	8,59 aB	52,69 bA	0 aC	20,53b
2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC)	8,45 aB	51,36 bA	0,5 aC	20,10 b
Média	8,34B	64,25A	0,64C	
CV(%)	7,7			

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Em contrapartida, o Reativo de Alexander 1%, por conter fucsina ácida e verde malaquita que apresentam coloração reversa, reagem, respectivamente com o protoplasma e a celulose. Assim, os pólenes viáveis são corados de azul-arroxeados, pela afinidade da fucsina ácida com o protoplasma da célula, enquanto que os pólenes inviáveis ou abortados apresentam coloração de azul-esverdeado, uma vez que o verde malaquita reage com a celulose presente na parede celular.

Com relação ao corante TTC, os grãos pólenes viáveis apresentaram coloração rosa escuro assim como, os grãos corados por carmim acético, e não viáveis sem coloração ou muito claros. A diferença está em relação a ação do corante, o Carmim Acético 1% age com o material nuclear, retratando a integridade do mesmo, enquanto o corante TTC reflete a atividade das enzimas desidrogenase envolvidas na atividade respiratória de tecidos vivos. Quanto maior a taxa de respiração celular, mais intensa será a coloração adquirida pelo pólen, pois as enzimas ativas presentes nas células vivas provocam mudanças na cor dos grãos, para o vermelho por realizarem atividade oxidativa (MUNHOZ et al., 2008). Alguns autores argumentam que o teste do TTC é uma estimativa confiável da viabilidade polínica, sendo próxima àquela fornecida pelos testes de germinação *in vitro*.

A grande vantagem de se realizar o teste histoquímico está associada com a rapidez dos resultados e o baixo custo. No entanto, se faz necessário avaliar diferentes tipos de corantes para que se possa estimar a viabilidade polínica com maior confiabilidade, ou seja, aquele que forneça resultados mais próximos ao obtido pela germinação de pólen *in vitro*, pois não há um corante específico para cada espécie.

Para muitos autores, a presença da coloração fornecida pelos corantes apenas estimam a viabilidade do pólen, mas não necessariamente a fertilidade. Neste sentido, o Reativo de Alexander 1% e o corante TTC promoveram resultados mais fidedignos no que diz respeito à estimativa da viabilidade e fertilidade dos grãos de pólen. Rodrigues et al., (2006), relataram que a presença de conteúdo celular, como pode ser observada pela coloração púrpura fornecida pelo Reativo de Alexander 1%, não garante que o pólen é metabolicamente ativo ou capaz de crescer em tubos polínicos, sendo portanto, possível apenas estimar a viabilidade. Já a fertilidade do pólen é determinada por testes de germinação e crescimento do tubo polínico *in vitro* ou por meio de testes fluorocromáticos.

O pólen apresentou-se viável desde o início até 12 horas após a antese, com maior viabilidade no momento da abertura da flor.

Receptividade do estigma

Verificou-se que o estigma apresenta-se receptivo desde a antese até 14 h horas após abertura floral; entretanto, a maior receptividade foi registrada 04 horas após a abertura da flor (pós antese) (Tabela 3). Estes resultados indicam que em programa de melhoramento da cultura, os cruzamentos controlados devem ser programados no período entre 2:00 horas até às 14 horas, para as condições em que foram realizados os estudos.

A receptividade do estigma está associada à abertura floral e influencia diretamente no sistema de polinização, porque é neste estágio de desenvolvimento floral que os grãos de pólen devem ser depositados sob o estigma para que ocorra a fecundação (CRUDEN, 2000; PANNEL e LABOUCHE, 2013). Portanto, nas condições que foram realizados os estudos, os trabalhos de hibridação poderão ser realizados no período das 6 às 11

horas, dado que os grãos de pólen apresentam alta viabilidade e o estigma está receptivo.

Tabela 3. Receptividade do estigma do guaranazeiro [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], avaliada com solução de Peroxido de Hidrogenio entre a pré-antese e pós-antese

Horários	H ₂ O ₂
Pré-antese (00:00h)	-
Antese (2:00-12:00h)	++
04 horas pós-antese (6:00h)	+++
14 horas pós-antese (16:00h)	++
18 horas pós-antese (20:00h)	+

(-) sem reação; (+) resposta positiva fraca; (++) resposta positiva forte; (+++) resposta positiva muito forte. Metodologias adaptadas de Dafni e Maués (1998); peróxido de hidrogênio 3%;

LENZA e FERREIRA (2000) avaliando a receptividade estigmática de *Serjania erectada* família Sapindaceae com solução de peróxido de hidrogênio, verificaram ocorrer o mesmo comportamento do guaranazeiro.

Sistemas Reprodutivos

Foram observadas diferenças significativas, entre os sistemas de polinização, com formação de frutos com sementes férteis para polinização cruzada manual (35,6%), polinização aberta (28,4%) e autopolinização manual (flores da mesma planta) (20,6%). Para os tratamentos com autopolinização espontânea e agamospermia, não houve formação de frutos, indicando que a espécie não é autocompatível e ou apresenta apomixia (Tabela 4).

Nos tratamentos que apresentaram frutificação, o comprimento dos frutos variaram de $11,05 \pm 0,69$ mm a $14,95 \pm 0,57$ mm, e o diâmetro dos frutos de $12,47 \pm 0,74$ a $16,33 \pm 0,49$ mm. O número de sementes produzidas diferiu significativamente entre os tratamentos, com um maior número de sementes formadas na polinização cruzada manual ($10,68 \pm 1,16$), seguida da polinização aberta ($6,56 \pm 1,43$) e da autopolinização manual ($5,42 \pm 1,35$). A porcentagem de germinação das sementes foi de 71%, no caso da polinização

cruzada manual contrastando com 40% de germinação para polinização aberta e autopolinização manual.

Tabela 4. Produção de frutos, comprimento e diâmetro dos frutos, número de sementes e porcentagem germinação de sementes do guaranazeiro [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] em função dos diferentes sistemas de polinização

Sistemas de polinização	Frutos formados (%)	Comp. dos frutos (mm)	Diâmetro dos frutos (mm)	Número de sementes	Sementes germinadas (%)
Polinização aberta	28,4(47/160) ab	11,05 ± 0,69 ab	12,47 ± 0,74 b	6,56 ± 1,43 b	40b
Auto polinização espontânea	0(0/160) c	0c	0c	0c	0c
Autopolinização manual	20,6 (33/160) bc	13,05± 0,54 b	12,22 ± 0,424 b	5,42 ± 1,35 b	40 b
Polinização cruzada manual	35,6 (57/160) a	14,95 ± 0,57 a	16,33 ± 0,49 a	10,68 ± 1,16 a	71a
Agamospermia	0 (0/160) c	0c	0c	0c	0c
IA	0				
IAI	0,58				

O número de frutos produzidos/ número de flores utilizadas são apresentados entre parêntesis. (IA) Índice de autogamia; (IAI) Índice de incompatibilidade. As médias com diferentes letras na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

A porcentagem de germinação das sementes foi de 71%, no caso da polinização cruzada manual contrastando com 40% de germinação para polinização aberta e Autopolinização manual (Tabela 3).

O guaranazeiro apresentou índice de autogamia zero e índice de autoincompatibilidade 0,58 (tabela 4). Com base nesses resultados é possível afirmar que essa espécie é preferencialmente alógama autoincompatível. No entanto, para manter a produção de sementes viáveis há necessidade da presença de um agente polinizador.

Visitantes florais

Foram registradas 2.045 visitas de insetos, representados por 46 espécies, 15 famílias e 5 ordens, sendo que a ordem Hymenoptera foi a mais frequentes com 76%, seguida da ordem Diptera com 12,53%, Lepidoptera com 5,18% e Coleoptera com 4,24%, e a ordem Orthoptera que registrou a menor frequência relativa, com apenas 2,05 % (Figura 1).

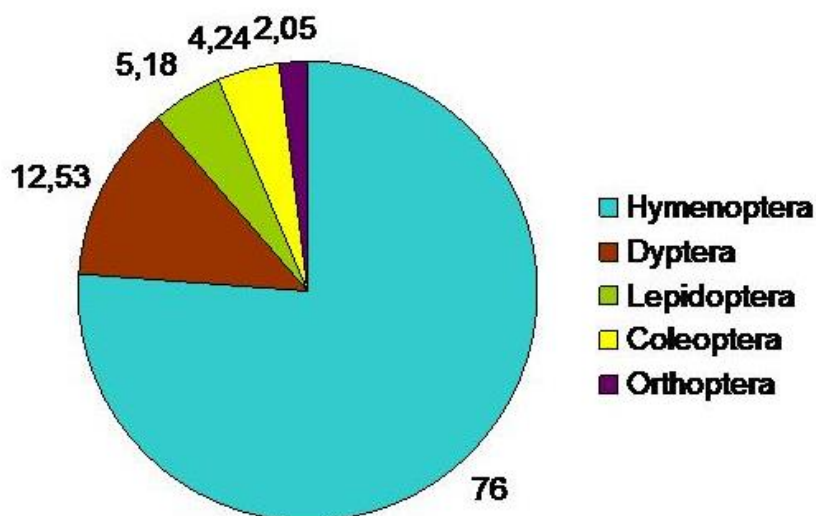


Figura 1. Frequência relativa (%) por ordens de insetos visitantes em guaranazeiro [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Martius) Duke]

Segundo Alves dos Santos et al. (2016), os visitantes florais são animais que buscam nas flores recursos para si ou para sua prole. Às vezes uma mesma planta pode receber um espectro grande de visitantes, como é o caso de espécies cujas flores oferecem muito néctar. Porém, nem todo visitante floral realiza a polinização. Para ser um polinizador efetivo é necessário cumprir alguns requisitos, como: contato com a antera e o estigma, frequência de visita suficiente, fidelidade floral e a realização de uma rota adequada de visita.

A família Apidae compreendeu os visitantes florais mais observados visitando as flores do guaranazeiro, perfazendo 59,41% das visitas (Figura 2).

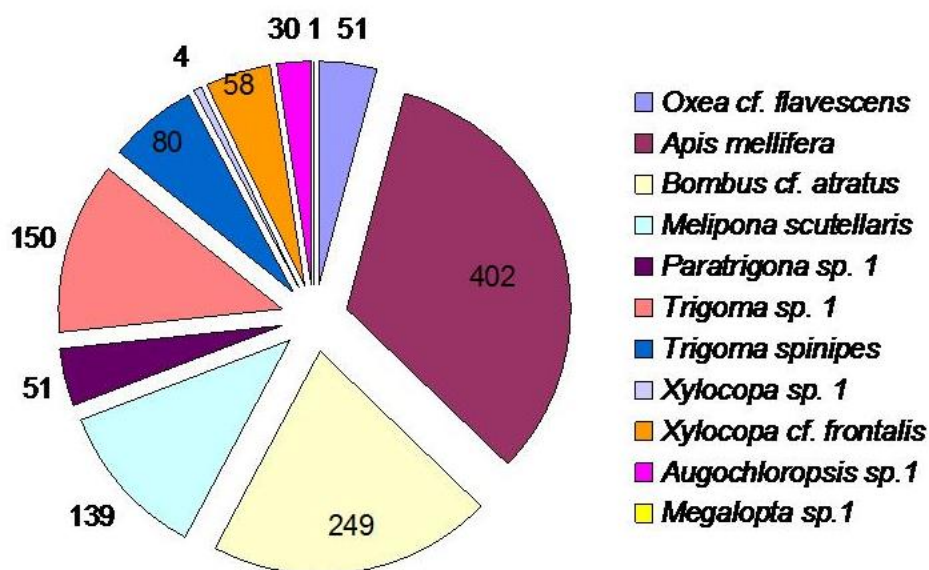


Figura 2. Número de visitas realizadas pelas abelhas visitantes de flores do guaranazeiro na região de Valença-BA (1215Visitas).

Resultados semelhantes foram encontrados por Gondim (1978) coletou trinta e duas espécies de insetos de cinco ordens diferentes no guaranazeiro. Os espécimes de Hymenoptera representaram 71% dos indivíduos, com 27 espécies de abelha visitando as flores. O autor sugere que a polinização do guaranazeiro está adaptada aos Hymenoptera e que as espécies *Melipona* sp., *Xylocopa muscaria* e *Apis mellifera* estão entre os mais importantes polinizadores, sendo os outros apenas ocasionais.

As abelhas são os principais polinizadores de *Paullinia weinmanniifolia*. Isso também é observado em outras espécies de Sapindaceae como *Allophylus serratus* (ALURI et al., 1998), *Cupania guatemalensis* (BAWA, 1977), *Paullinia cupana* (ESCOBAR et al., 1984) e *Xerospermum intermedium* (APPANAH, 1982). Nestas espécies, o néctar é o principal recurso floral, mas o pólen de *Cupania guatemalensis* (BAWA, 1977) e *Talisia striata* (VARY et al., 2011) aparentemente é um importante recurso trófico para as abelhas.

Entre as espécies coletadas, *Apis mellifera* e *Bombus cf. atratus* foram as mais abundantes, com frequência de 33,08 e 20,49% respectivamente das visitas registradas, e a espécie de menor representatividade foi *Megalopta sp.1*

com 0,08%(figura1). Esta última espécie é caracterizada como insetos de hábito noturno e crepuscular.

Tal eficiência já foi descrita para outra espécie de planta, a *Campomanesia phaea* (Myrtaceae), conhecida popularmente por cambuci, espécie com início de antese à noite, assim como o guaraná (CORDEIRO et al., 2017). Garibaldi et al. (2013), comentaram que em cultivos agrícolas, a produção é maior quando estão presentes *Apis mellifera scutellata* (abelha africana) e abelhas nativas. Para aumentar a produção de frutos de guaraná em cultivos agrícolas é interessante a adoção de práticas agrícolas favoráveis aos polinizadores. As práticas mais comuns são a redução no uso de agrotóxicos, especialmente durante a floração e a manutenção da mata adjacente ao cultivo, sendo um ambiente ideal e favorável à nidificação e oferta de recursos florais para as abelhas, diversificação dos cultivos com inclusão de espécies florísticas.

A ordem Díptera expressou-se como a segunda maior em porcentagem de frequência de visitação com o índice de 12,53%(figura1). Muscidae sp.2 destacou-se com 6,36% de frequência de visitação. Em relação as outras ordens não houve expressividade.

A ordem Lepidoptera com 5,18% frequência (figura1). Na ordem Lepidoptera merece destaque sp.3, representada por 42 indivíduos atingindo uma frequência relativa de 2,05%.

Observando em campo os Lepidópteros, verifica-se que, ao pousarem, estes insetos tocam as asas nas partes das flores, provavelmente carregando ou depositando o pólen e polinizando as flores. Eles atuam também, com a utilização da probóscide quando vão retirar o néctar toca no estigma da flor, a ação de retirar néctar, atuam como prováveis agentes polinizadores. Esses insetos permanecem pouco nas inflorescências, levantando voo na aproximação de outros insetos, principalmente das abelhas.

As atividades dos insetos de uma forma geral foram registradas a partir das 06h, intensificando ao longo da manhã, tendo seu período de maior atividade entre 7h e 10h. A partir das 11h, as visitas diminuem, embora tenham sido observados visitantes, como as espécies *Augochloropsis* sp.1 e *Oxaea* cf. *flavescens*, em flores até às 17:30 h ao entardecer. O comportamento das abelhas na flor foi semelhante, isto é, elas pousam nas sépalas, caminham

sobre a flor e coletam pólen e néctar, em seguida voam em direção a outras flores e agem da mesma forma.

CONCLUSÕES

Os grãos de pólen do guaranazeiro apresentaram baixa porcentagem de viabilidade polínica independente do método utilizado (histoquímico e germinação em vitro).

As maiores porcentagens de germinação e comprimento do tubo polínico foram obtidas em meios de cultura BK (BREWBAKER; KWACK, 1963), com (70,94%) e SM (SOARES et al., 2008) com (1,30%).

O estigma está receptivo a partir da antese, permanecendo até 14 h após a abertura floral, sendo este período ideal para a realização de cruzamentos.

A espécie é preferencialmente alógama, necessitando de agentes polinizadores para a fertilização.

A ordem Hymenoptera apresentou maior representatividade nas visitas florais as plantas do guaraná.

A família Apidae apresentou os visitantes florais mais frequentes nas plantas do guaranazeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-DOS-SANTOS, I.; SILVA, C. I. DA; PINHEIRO, M.; KLEINERT, A. DE M. P. Quando um visitante floral é um polinizador?. **Rodriguésia**. v .67, n.2, p. 295-307, 2016

ALEXANDER, M. P. A versatile stain for pollen, fungi, yeast and bacteria. **Stain Technology**, Baltimore, v. 55, p. 13-18, 1980.

ALURI, JACOB SOLOMON RAJU; REDDII, CHILAKALA SUBBA; DAS, KANAKALA RAMA. Temporal dioecism and pollination by wasps and bees in *Allophylus serratus* (Roxb.) Radlk.(Sapindaceae). **Plant Species Biology**, v. 13, n. 1, p. 1-5, 1998.

APPANAH, S. Pollination of androdioecious *Xerospermum intermedium* Radlk.(Sapindaceae) in a rain forest. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 18, n. 1, p. 11-34, 1982.

BAWA, Kamaljit S. The reproductive biology of *Cupania guatemalensis* Radlk.(Sapindaceae). **Evolution**, v. 31, n. 1, p. 52-63, 1977.

BREWBAKER, J. L.; KWACK, B. H. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. **American Journal Botany**, New York, v. 50, p. 859-865, 1963.

BHATTACHARYA, A.; MANDAL, S. Pollination, pollen germination and stigma receptivity in *Moringa oleifera* Lamk. **Grana**, n. 43, p. 48–56, 2004

CIDADE BRASIL. Município de Valença. <http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-mutuipe.html>. Acesso em 24 de abril de 2019

CORDEIRO, G. D. et al. Pollination of *Campomanesia phaea* (Myrtaceae) by night active bees: a new nocturnal pollination system mediated by floral scent. **Plant Biology**, v. 19, n. 2, p. 132-139, 2017

CRUDEN, R. W. Pollen grains: why so many? **Plant Systematics and Evolution**. nº 222, p. 143-165, 2000.

DAFNI, A.; MAUÉS, M.M. A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. **Sexual Plant Reproduction**, v.11, n. 3, p.177-180, 1998.

ESCOBAR, J. R.; CORRÊA, M. P.F.; AGUILERA, F. P.. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 5, p. 615-622, 1984.

GARIBALDI, Lucas A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GALLAI, N.; SALLES, Jean-Michel; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B.E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GONDIM, C.J. E.. Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke-Sapindaceae. **Acta amazônica**, v. 14, n. 1-2, p. 9-38, 1984.

HISTER, C.A.L.; TEDESCO, S.B. Estimativa da viabilidade polínica de araçazeiro (*Sabine*) através de distintos métodos de coloração. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, n.1, p.135-141, 2016.

IBGE Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, pp. 1–59, 2017. Disponível http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2015_v42_br.pdf. Consultado em 09 de abril de 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=2922409>. Acesso em 24 de abril de 2019.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. **Techniques for pollinations biologists**. Niwot: University Press of Colorado, 1993. 583 p.

KRUG, C.; GARCIA, M. V. B.; GOMES, F. B. A scientific note on new insights in the pollination of guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 164-166, 2015.

KULLOLI, S.K., RAMASUBBU, R., SREEKALA, A.K. AND PANDURANGAN, A.G. Cytochemical localization of stigma-surface esterases in three species of *Impatiens* (Balsaminaceae) of Western Ghats. **Asian Journal of Experimental Biological Science** n. 1, p. 106-111. 2010.

LENZA, E.; FERREIRA, J.. Biologia floral de *Serjania erecta* Radlk. (Sapindaceae): um caso de dioecia temporal. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, n. 6, p.23-37. 2000

LENZI, M.; ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinusterebinthifolius* Raddi.), em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, p. 198-201, 2004.

MUNHOZ, M.; LUZ, C.F.P.; FILHO, P. M.; BARTH, O. M.; REINERT, F. Viabilidade polínica de *Carica papaya* L.: uma comparação metodológica. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.2, p.209-214, 2008

NEGRELLE, R. R. B.; MURARO, D. Aspectos fenológicos e reprodutivos de *Vriesea incurvata* Gaudich (Bromeliaceae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 95-102, 2006.

PANNELL, J. R.; LABOUCHE, Anne-Marie. The incidence and selection of multiple mating in plants. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1613, p. 20120051, 2013.

PARTON E, VERVAEKE R, DELEN BR, VANDENBUSSCHE R AND DE PROFT M. Viability and storage of bromeliad pollen. **Euphytica**, nº 125:p. 155-161. 2002.

RAMIREZ, N.; BRITO, Y. Reproductive of a tropical palm swamp community in the Venezuelan llanos. **American Journal of Botany**, New York, v.77, p. 1260-1271, 1990.

RODRIGUES, L. R.; FORTE, B. de C.; BODANESE-ZANETTINI, M. H.. Isolation and culture of soybean microspores and pollen grains. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, n.4, p.537-545, 2006.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/Stat user's guide: statistics**. Version 9.2. 3. ed. Cary, NC, 2010.

SOARES, T.L.; SILVA, S. DE O.; COSTA, M. A.P. de C.; SANTOS-SEREJO, J.A. dos ; SOUZA A. DA S., LINO, L.S. M.; SOUZA, E. H. de; JESUS, O.N.de. In vitro germination and viability of pollen grains of banana diploids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 2, p. 111-118, 2008.

SCHULTZ, Q.; VALOIS, A.C.C. Estudos sobre o mecanismo de floração e frutificação do guaranazeiro. Boletim técnico. Inst. **Pesq. Agropec. Amar. Ocid.**, n. 4, p. 35-58, 1974.

SOARES, T.L.; SOUZA, E. H. de; ROSSI, M. L.; SOUZA, F. V.D. Morfologia e viabilidade de grãos de pólen de acessos silvestres de abacaxi. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, 2011.

TECHIO, V.H. DAVIDE, L.C.; PEDROZO, C. Â.; PEREIRA, A. V. Viabilidade dos grãos de pólen de acessos de capim-elefante, milho e híbridos

interespecificos (capim-elefante x milheto). **Revista Acta Scientia Biologica**, v.28, n.1, p.7-12, 2006

VARY, L. B.; SAKAI, A. K.; WELLER, S. G. Morphological and functional sex expression in the Malagasy endemic *Tina striata* (Sapindaceae). **American journal of botany**, v. 98, n. 6, p. 1040-1048, 2011.

ZEISLER, M. Über die abgrenzung des eigentlichennarbenflächemithilfe von reaktionen. **Beihefte zum Botanischen Central blatt**, Jena, v. 58, p. 308-318, 1933.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas espécies de Sapindaceae possuem importância econômica, em destaque para o guaranazeiro [*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Mart.) Ducke], a mais conhecida da família, devido à sua utilização como energético e na fabricação de refrigerantes. A importância da cultura é evidenciada pela demanda de sementes pelas indústrias de bebidas, para atender ao promissor mercado de refrigerantes e energéticos, tanto o nacional como o internacional. Embora tenha se constatado o aumento da área colhida, não houve aumento na produção de guaraná no Brasil. A obtenção de materiais genéticos de alta produtividade associado à resistência a pragas e doenças, e a utilização de manejo adequado permitirão melhorar o desempenho da cultura, preservando o meio ambiente e aumentando a renda do produtor rural. Neste contexto compreender a biologia floral e reprodutiva, estabelecer programas de melhoramento na cultura além de possibilitar entender os possíveis agentes visitantes florais. As informações geradas a partir do presente estudo permitiram estabelecer o momento, duração e intensidade da florada da espécie, assim como a sua influência sobre o comportamento dos polinizadores. Outro aspecto a destacar ainda relacionado à biologia floral e reprodutiva foi a determinação do horário da antese e pós antese, o período de viabilidade do estigma e grão de pólen. Estudos anatômicos possibilitaram conhecer a morfoanatomia floral e foliar, informações que serão utilizadas como suporte para futuros trabalhos taxonômico, filogenético e reprodutivo dessa espécie. Os estudos referentes aos visitantes florais, permitiram avaliar as principais ordens, famílias e espécies, e quantificar a espécie mais frequente, oferecendo suporte para possíveis trabalhos sobre agentes polinizadores. Finalmente, o trabalho realizado permitiu um avanço importante na biologia floral e reprodutiva da espécie em estudo.