

**LETICIA DE AGUILA MORENO**

**AQUISIÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI  
(*Vigna unguiculata* (L) Walper)**

BOTUCATU – SP  
2017

**LETICIA DE AGUILA MORENO**

**AQUISIÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-  
CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walper)**

Dissertação apresentada à Faculdade  
de Ciências Agrônômicas da UNESP -  
Câmpus de Botucatu, para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia  
(Agricultura)

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

BOTUCATU – SP  
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Moreno, Leticia de Aguila, 1985-  
M843a Aquisição da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walper)/ Leticia de Aguila Moreno. - Botucatu : [s.n.], 2017  
64 p. : il.,color. , grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017  
Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva  
Inclui bibliografia

1. Feijão-de-corda. 2. Sementes - Qualidade. 3. Longevidade. I. Silva, Edvaldo Aparecido Amaral da. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas.  
III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AQUISIÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE  
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walper)

**AUTORA: LETICIA DE AGUILA MORENO**

**ORIENTADOR: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA  
(AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA  
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu



Dr. ANDERSON TADEU SILVA  
Laboratório de Análises Moleculares - Inovacafé / Universidade Federal de Lavras



Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO  
Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Botucatu, 27 de janeiro de 2017

**À minha família e meus amigos,  
dedico.**

## AGRADECIMENTOS

À *Deus* por permitir que a cada dia eu possa aprender coisas novas para assim evoluir mental e espiritualmente

À minha mãe *Jussara* por me educar, me apoiar, me guiar nas decisões, por não me deixar desistir e por ser minha melhor amiga

À minha tia *Yara* por sempre me apoiar nos estudos e nas decisões da minha vida

Ao meu pai *Gilberto*, por permitir que eu tivesse a melhor educação e por sempre me apoiar em minhas decisões

À minha *família* por sempre estar ao meu lado, me apoiando e entendendo meus momentos de ausência

À *Universidade Estadual Paulista – UNESP (Faculdade de Ciências Agrônômica)* e aos *professores*, por proporcionarem um ensino de qualidade tanto na graduação quanto no mestrado

À *CAPES (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior)* pela concessão da bolsa permitindo assim que meu mestrado fosse realizado

Ao meu orientador *Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva* pelos ensinamentos, dedicação, pela oportunidade oferecida e principalmente pela paciência

Ao *Prof. Dr. João Nakagawa*, pela participação na banca de qualificação e por todos os momentos de ensinamento e paciência

À minha amiga *Victória Pires*, e meu amigo *Raoni Melo* por terem sido carinhosos, atenciosos e por me abrigarem em seu lar em momentos que mais precisei

As minhas amigas *Karina Ducatti* e *Leticia Liberato*, por me apoiarem, auxiliarem e pela paciência ao longo da nossa amizade

As minhas amigas *Daiani Ajala*, *Maria Rita Gilli* e *Denise Basso* por me auxiliarem e por estarem sempre ao meu lado em todas as situações

À *Republica MiCasa* pelo apoio, amizade e por serem minha segunda família

Aos funcionários do Departamento de Agricultura e da Secção de Pós-graduação, principalmente *Valéria*, *Eliane*, *Verinha* e *Regina* pelo amparo e paciência ao longo da minha graduação e do mestrado

Aos funcionários do campo do Departamento de Agricultura: *Casemiro*, *Milton Mateus*, *Célio*, *Cirinho* e *Camargo* que tanto me auxiliaram no campo e que sem eles nada disso teria sido possível

Aos meus amigos do *Laboratório de Sementes* por sempre me auxiliarem e por terem permitido que fossemos não apenas amigos de trabalho, mas sim uma família

A todos que de alguma forma colaboraram ou torceram para que esse projeto pudesse ser desenvolvido

## RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é uma espécie relativamente bem estudada, contudo faltam informações sobre a aquisição da qualidade fisiológica ao longo da maturação. Determinar o período em que cada componente da qualidade fisiológica é adquirido permite um ajuste no momento ideal da colheita e conseqüentemente uma colheita no período em que a semente se encontra com o máximo de qualidade fisiológica. Este trabalho teve como objetivo, determinar quando sementes de *Vigna unguiculata* adquirem qualidade fisiológica, incluindo a aquisição de tolerância à dessecação e a longevidade. O estudo foi realizado na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas - Laboratório de Análise de Sementes - Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (DPMV), Campus de Botucatu-SP. A produção de sementes foi realizada em abril de 2015, seguida de coleta e caracterização morfológica das sementes nos estádios reprodutivos 17, 20, 23, 25, 28, 31, 34, 37 e 40 dias após a antese (DAA). Para cada estágio foi determinado o teor de água, massa fresca, massa seca, germinação e vigor nas sementes frescas. Em seguida sementes foram submetidas a secagem e foi realizado o teste de germinação para se determinar a aquisição de tolerância à dessecação. As sementes secas foram então armazenadas à 35°C e 75% umidade relativa, para caracterizar a aquisição de longevidade. A qualidade fisiológica (germinação, tolerância à dessecação, vigor e longevidade) em feijão-caupi é adquirida ao longo da maturação da semente. O acúmulo de massa seca se iniciou próximo aos 17 DAA e atingiu o máximo aos 31 DAA. A germinação foi iniciada aos 28 DAA e atingiu seu máximo aos 37 DAA. A tolerância à dessecação foi iniciada a partir dos 28 DAA atingindo seu máximo aos 31 DAA. O vigor e a longevidade foram iniciados a partir dos 31 DAA apresentando seus máximos aos 37 DAA.

**Palavras-chave:** maturidade fisiológica, ponto de colheita, tolerância à dessecação, longevidade.

## ABSTRACT

Cowpea (*Vigna unguiculata*) is a relatively well-studied specie, but lack information on the acquisition of physiological quality throughout maturation. Determine the period in which each physiologic component is obtained allows an adjustment in the optimal time of harvesting a crop and consequently the period in which seed acquire the maximum physiological quality. This study aimed to determine when *Vigna unguiculata* seeds acquire physiological quality, including acquisition of desiccation tolerance and longevity. The research was conducted at the Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP), Faculty of Agricultural Science - Laboratory of Seed Analysis - Department of Plant Breeding and Production, Botucatu-SP. Seed production was performed at the beginning of the year 2015, followed by collection and morphological characterization of the seeds in the reproductive stages 17, 20, 23, 25, 28, 31, 34, 37 and 40 days after anthesis (DAA). For each stage was determined the water content, fresh weight, dry weight, germination and vigor on fresh seeds. Then seeds were submitted to drying and carried out the germination test to determine the acquisition of desiccation tolerance and longevity. The dried seeds were then stored at 35 ° C and 75% relative humidity, to characterize the acquisition of longevity. The physiological quality (germination, desiccation tolerance, vigor and longevity) of *Vigna unguiculata* is acquired during seed maturation, after the maximum dry matter accumulation. The dry matter accumulation began close to 17 DAA and reached the maximum at 31 DAA. Germination was acquired at 28 DAA and reached its maximum at 37 DAA. The desiccation tolerance was acquired from 28 DAA reaching its maximum at 31 DAA. The vigor and longevity were acquired from 31 DAA showing their maximum to 37 DAA.

**Keywords:** physiological maturity, harvest time, desiccation tolerance, longevity.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Médias mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no município de Botucatu-SP no período de abril/2015 a setembro de 2015. .... 37
- Figura 2** - Marcação da flor e início do desenvolvimento do fruto de *Vigna unguiculata*. A- Flor aberta B-Flor após 2 dias de polinização C-Fruto em formação, 9 dias após a antese. .... 39
- Figura 3** - Vagens de *Vigna unguiculata* em diferentes estádios de desenvolvimento. A- Vagem com 28 DAA B- Vagem com 31 DAA C- Vagem com 34 DAA D- Vagem com 40 DAA. .... 40
- Figura 4** – Sementes de *Vigna unguiculata* aos 28 DAA apresentando coloração verde..... 41
- Figura 5** – Sementes de *Vigna unguiculata* em diferentes estádios A- 31 DAA B- 34 DAA C- 37 DAA. .... 41
- Figura 6** – Sementes de *Vigna unguiculata* com 40 DAA..... 42
- Figura 7** – Alterações no Peso Seco (mg/semente) e no Peso Fresco (mg/semente) e no Teor de Água (%) em sementes de *Vigna unguiculata*. Os dados são médias de quatro repetições de 10 sementes cada. Barras representam desvio padrão..... 46
- Figura 8** – Aquisição de máxima de germinação, de máximo vigor (T50) e de tolerância à dessecação em sementes de *Vigna unguiculata*. A TD (tolerância à dessecação) foi determinada pela porcentagem de germinação após secagem rápida até 10%. .... 48
- Figura 9** – Germinação e Primeira contagem de plântulas normais de sementes de *Vigna unguiculata* em diferentes estádios de desenvolvimento após a antese (DAA). .... 49

**Figura 10** - Mudanças na porcentagem germinação de sementes secas de *Vigna unguiculata* nos diferentes dias após a antese(DAA) e armazenamento à 75% de umidade relativa (UR) e a 35°C. .... 51

**Figura 11**– Aquisição da longevidade em sementes de *Vigna unguiculata* ao longo da maturação da semente. Longevidade expressa em P50 (período em dias que a viabilidade da semente reduz para 50%)..... 52

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Ciclo fenológico do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) de acordo com Campos et al. (2000)..... 25
- Tabela 2** - Resultados da análise química do solo da área de implantação do experimento de *Vigna unguiculata*. ..... 38
- Tabela 3** - Médias das características massa seca das sementes (MS), teor de água (T), germinação (%), tempo médio em horas (h) para ocorrência de 50% de germinação (T50), primeira contagem (PC), tolerância à dessecação (TD) e período em dias em que a viabilidade das sementes se reduz a 50% (P50). ..... 45

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>22</b>
3.1. Caracterização da espécie <i>Vigna unguiculata</i> .....	22
3.1.1 Origem, distribuição e importância econômica.....	22
3.1.2 Classificação botânica e características morfológicas .....	23
3.1.3 Ciclo e ciclo fenológico.....	24
3.1.4 Caracterização da cultivar - BRS Guariba.....	26
3.2 Qualidade fisiológica da semente.....	26
3.2.1 Maturação da semente.....	27
3.2.2 Germinação.....	28
3.2.3 Vigor.....	29
3.2.4 Tolerância à dessecação.....	31
3.2.5 Longevidade.....	32
3.2.5.1 Proteção celular .....	33
3.2.5.2 Sistemas antioxidantes.....	34
3.2.5.3 Tegumento .....	35
3.2.5.4 Reparo celular .....	35
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
4.1 Localização e caracterização da área experimental.....	37
4.2 Produção das sementes.....	38
4.3 Caracterização dos estádios reprodutivos.....	38
4.4 Teor de água na semente .....	42
4.5 Determinação da massa fresca e massa seca das sementes.....	42
4.6 Germinação.....	42

4.7 Primeira contagem da germinação (PC) .....	42
4.8 Tempo médio para ocorrência de 50% de germinação (T50) .....	43
4.9 Teste de aquisição de tolerância à dessecação .....	43
4.10 Estudo da aquisição da longevidade .....	43
4.11 Análise Estatística... ..	44
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A globalização do agronegócio vem provocando reflexos na cadeia produtiva de várias culturas, principalmente, das que dependem do uso de grande quantidade de insumos (fertilizantes e defensivos agrícolas). Com esse alto volume de insumos sendo utilizado, o custo de produção está se elevando a cada ano e como consequência os produtores têm buscado novas opções para seus negócios (FREIRE FILHO et al., 2011; SINGH, 2006).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walper), também conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, é pertencente à família das leguminosas (Fabaceae) que vem ganhando força como uma das opções para os produtores. Além de uma excelente fonte de proteínas, vitaminas e minerais para dieta básica de parte da população da África, Brasil e Índia (NG, 1990; PEDALINO et al., 1992; OLUWATOSIN, 1998) é uma espécie rústica bem adaptada às condições de climas e solos de regiões tropicais e subtropicais e ao mesmo tempo possuidora de grande variabilidade genética (devido provavelmente às adaptações sofridas ao longo do tempo), o que a torna versátil, podendo ser usada em diferentes sistemas de produção, tradicionais ou modernos (FREIRE FILHO et al., 2005; ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

No Brasil, historicamente, a produção de feijão-caupi concentra-se nas regiões Nordeste e Norte do país, no entanto, a cultura está conquistando espaço na região Centro-Oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado (SILVA, 2011). Por possuir diversas utilidades, todas as partes da planta podem ser aproveitadas, tanto para consumo humano, como para forragem verde, feno, silagem e ração; é muito usado em rotação de culturas e adubação verde, visando a recuperação da fertilidade dos solos (MORAIS, 2002).

A qualidade de um lote de sementes é representada por um somatório de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. O atributo fisiológico relaciona-se com o metabolismo da semente para expressar seu máximo potencial e é representado pela germinação, tolerância à dessecação, vigor e longevidade. E é na maturidade fisiológica que se tem o máximo de qualidade fisiológica, ou seja, é quando se tem o máximo de vigor, máximo acúmulo de massa seca, máxima

germinação e longevidade (POPINIGIS, 1985). Todavia, há cada vez mais estudos, incluindo em leguminosas, que mostram que as características de qualidade fisiológica das sementes são sequencialmente adquiridas após a maturidade fisiológica, após o máximo acúmulo de massa seca, quando as sementes perdem água ainda na planta (SANHEWE; ELLIS, 1996b). Portanto, cada vez mais se tem estudado sobre o exato momento em que cada espécie adquire seu máximo acúmulo de massa seca, seu máximo potencial de vigor e germinação e principalmente seu máximo potencial de longevidade para assim obter uma semente com a máxima qualidade. Nem todas as espécies adquirem esses fatores ao mesmo tempo o que dificulta saber o momento ideal da colheita. Assim, o conhecimento da aquisição e do comportamento de cada fator para cada espécie pode facilitar o entendimento do momento ideal de colheita, visando máxima qualidade fisiológica.

A tolerância à dessecação e a longevidade (ou capacidade de armazenamento) de uma semente são as características de sobrevivência mais importantes no banco de sementes do solo e no armazenamento convencional de sementes. São eles, juntamente com um ambiente adequado, que permitem que a semente seja armazenada por um longo período de tempo, tanto para ser utilizada em um próximo plantio quanto para a conservação da espécie em banco de sementes, sem perder sua qualidade inicial (ELLIS; PIETRA-FILHO, 1992). O tempo que a semente fica no campo aguardando a colheita também é muito importante na qualidade da sementes, quanto mais longevidade a semente tem mais ela conseguirá permanecer no campo sem perder a qualidade fisiológica e para isso é necessário entender o padrão de aquisição de longevidade da espécie que está no campo.

O feijão-caupi é uma espécie relativamente bem estudada, contudo faltam informações sobre a aquisição da qualidade fisiológica ao longo da maturação. Determinar o período em que cada componente da qualidade fisiológica é adquirido permite um ajuste no momento ideal da colheita e conseqüentemente uma colheita no período em que a semente se encontra com o máximo de qualidade fisiológica.

## **2 OBJETIVO**

Este trabalho teve o objetivo de determinar quando os componentes da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi são adquiridos



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Caracterização da espécie *Vigna unguiculata*

##### 3.1.1 Origem, distribuição e importância econômica

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é originário da África, tendo sido domesticado nas regiões semiáridas desse Continente, onde ainda se encontram as áreas de maior produção, associadas ao sorgo, milho e milheto, constituindo-se em umas das principais fontes de subsistência alimentar. O feijão-caupi se desenvolve adequadamente em ampla faixa geográfica, desde a latitude 40 °N até 30 °S, adaptando-se tanto a terras altas como baixas, no oeste da África, na Ásia, na América Latina e na América do Norte (FREIRE FILHO et al., 2005). Entre todos os países, os principais produtores mundiais são a Nigéria e o Níger (QUIN, 1997; SILVA, 2009).

Watt (1978) e Freire Filho (1988) citam que sua introdução no Brasil ocorreu pelo estado da Bahia, a partir do qual, o feijão-caupi foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste e para outras regiões do país. Por outro lado, Simon et al. (2007) sugerem que mais de um evento de introdução de diferentes regiões da África deve ter ocorrido, especialmente considerando que houve migração de escravos africanos de diferentes regiões para nosso país. No nordeste brasileiro, o feijão-caupi é um dos principais componentes da dieta alimentar, pois seus grãos são de alto valor nutricional, devido ao seu elevado teor proteico (LIMA et al., 2007). No geral, apresenta cerca de 60% de carboidratos, 1,3% de gorduras e 3,9% de fibras. Seu valor proteico (em torno de 23,4% na composição média da semente) é superior ao do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) (EHLERS; HALL, 1997).

O cultivo dessa leguminosa é realizado em três safras, sendo a primeira denominada “safra das águas”, a segunda “safra da seca” e a terceira “safra de outono/inverno”. A 1ª safra, de acordo com o calendário, o plantio da Região Centro-Oeste, Sul e Sudeste vai de agosto a dezembro e a colheita nos meses de dezembro a abril. Já na Região Norte e Nordeste, o plantio é outubro, novembro e dezembro e a colheita em janeiro a maio.

O plantio da 2ª safra abrange todos os estados brasileiros e de acordo com o calendário, o plantio da Região Centro-Oeste, Sul e Sudeste vão de janeiro a abril, e a colheita nos meses de março a agosto. Já na Região Norte e Nordeste, o plantio fica entre os meses janeiro a junho e a colheita em abril a setembro. O plantio da Região Centro-Oeste, Sul e Sudeste na 3ª safra vai de março a junho e a colheita nos meses de junho a setembro. Já na Região Norte e Nordeste, o plantio é realizado nos meses de abril a julho e a colheita em junho a setembro (SEAB, 2015).

No ano de 2016 a produção de caupi na primeira safra foi de aproximadamente 80 mil toneladas sendo que 90% da produção ocorreu no Nordeste. Na segunda safra a produção foi de 272 mil toneladas sendo Centro-Oeste com 52% e Nordeste com 48%. Na terceira safra a produção foi de 40 mil toneladas sendo o Nordeste e o Norte os responsáveis por essa produção com respectivamente 52% e 48%. Os principais estados produtores dessa leguminosa são Ceará, Piauí, Bahia, Tocantins, Rio Grande do Norte, Maranhão e Mato Grosso (CONAB, 2016).

### 3.1.2 Classificação Botânica e Características morfológicas

O feijão-caupi é uma planta *Dicotyledonea* pertencente à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (ONOFRE, 2008). O caupi, uma leguminosa anual e herbácea, produz frutos do tipo vagem e, dependendo da variedade, pode apresentar porte mais alto. O sistema radicular é pivotante, formado por uma forte raiz principal com muitas ramificações laterais (ROCHA, 2001). As flores são hermafroditas e autógamas. A planta se desenvolve bem em condições de alta temperatura, solos arenosos ou de textura média, com boa drenagem. A propagação é feita exclusivamente por sementes e a semeadura é direta no campo (ARAÚJO et al., 1984).

As primeiras folhas surgem em par, simples ou unifolioladas e opostas; as seguintes são trifolioladas, longo-pecioladas, alternadas e compostas. Apresenta hábitos de crescimento determinado e indeterminado, onde no primeiro tipo, o caule produz um número limitado de nós e para de crescer quando emite uma inflorescência (ARAÚJO et al., 1981); já nas plantas de crescimento indeterminado, o caule continua crescendo e emitindo novos ramos secundários e gemas florais.

Este tipo é o mais comumente cultivado no Brasil. Quanto ao porte, distinguem-se: ereto, semi-ereto, prostrado e semi-prostrado (FREIRE FILHO et al., 2005).

As inflorescências do feijão-caupi são formadas a partir de um eixo central, consistindo em um racemo modificado com seis a oito pares de gemas florais. Os pares de gemas florais são dispostos alternadamente, em uma sucessão acropetal, em um eixo entumescido denominado almofada. As flores são zigomorfas e estão distribuídas aos pares, no racemo, na extremidade do pedúnculo; têm os órgãos masculinos e femininos bem protegidos pelas pétalas, em número de cinco, de coloração branca, amarela ou violeta (TEÓFILO et al., 2001). O androceu apresenta-se incluso em relação à corola e é composto de dez estames, sendo um livre e nove unidos (diadelfos); o gineceu apresenta ovário multilocular com estilete piloso do lado interno e estigma oblíquo (ROCHA et al., 2001). Após a fecundação (autogamia) as brácteas caem, e geralmente só de duas a três flores se convertem em frutos, sendo que as demais abortam.

Os frutos são legumes cilíndricos, retos ou curvados, deixando visível a posição interna das sementes. As sementes são muito variáveis na forma, tamanho e coloração (dependendo da cultivar). A forma da semente pode ser alongada, alongada-reniforme, ovoide ou globosa-angular, levemente comprimida ou, às vezes, cilíndrica e elíptica. O tegumento é coriáceo, com coloração que varia do branco-creme, castanho-amarelado-claro, vermelho-escuro, castanho-purpúreo, preto ou bicolor e, variavelmente, marmorada, com superfície glabra, levemente brilhante, lisa ou, às vezes, com fina rugosidade transversal (LORENZI, 2000).

### 3.1.3 Ciclo e ciclo fenológico

Segundo Freire Filho et al. (2000), o feijão-caupi, quanto ao ciclo pode ser classificado em: ciclo superprecoce – a maturação é atingida até 60 dias após a semeadura; ciclo precoce – a maturidade é atingida entre 61 e 70 dias após a semeadura; ciclo médio – a maturidade é atingida entre 71 e 90 dias após a semeadura; ciclo médio-tardio: a maturidade é alcançada entre 81 e 90 dias após a semeadura e ciclo tardio – a maturidade é atingida a partir de 91 dias após a semeadura. Com relação ao ciclo fenológico, o feijão-caupi pode ser identificado segundo Campos et al. (2000) de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 1 - Ciclo fenológico do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) de acordo com Campos et al. (2000).

<b>Fase Vegetativa</b>	
<b>V0</b>	Semeadura
<b>V1</b>	Os cotilédones estão emergidos na superfície do solo
<b>V2</b>	As folhas unifolioladas encontram-se completamente abertas, e as duas margens estão completamente separadas
<b>V3</b>	A primeira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos
<b>V4</b>	A segunda folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos
<b>V5</b>	A terceira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos
<b>V6</b>	Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas
<b>V7</b>	A primeira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta
<b>V8</b>	A segunda folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta
<b>V9</b>	A terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta
<b>Fase Reprodutiva</b>	
<b>R1</b>	Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal
<b>R2</b>	Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral
<b>R3</b>	Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Estádio caracterizado pelo início da mudança de coloração das vagens devido ao início da secagem das mesmas
<b>R4</b>	Maturidade de 50% das vagens da planta
<b>R5</b>	Maturidade de 90% das vagens da planta

### 3.1.4 Caracterização da cultivar - BRS Guariba

A cultivar BRS Guariba foi obtida do cruzamento da linhagem IT85F-2687, introduzida do *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA), em Ibadan, Nigéria, com a linhagem TE87-98-8G, do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI. É uma cultivar com ciclo precoce em torno de 61-70 dias, com florescimento médio de 41 dias após emergência, planta de porte semiereto, grão de coloração branca, com teor de proteína na faixa de 22% e de tamanho médio (massa média de 100 grãos é de 19,5 g). Além disso, a cv. BRS Guariba é resistente ao mosaico do feijão-caupi, transmitido por pulgão (*Cowpea aphidborne mosaic virus* – CABMV), e ao mosaico dourado do feijão-caupi (*Cowpea goldenmosaic virus* – CGMV), é moderadamente resistente ao oídio (*Erysiphe polygoni*) e a mancha café (*Colletotrichum truncatum*) e é moderadamente tolerante à seca e a altas temperaturas (VILARINHO, 2007).

### 3.2 Qualidade fisiológica da semente

A qualidade da semente é definida por um somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, e quando esses atributos não expressam seu máximo afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade. A qualidade fisiológica da semente significa sua capacidade de desenvolver suas funções vitais, abrangendo germinação, tolerância à dessecação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1985).

Sementes de baixa qualidade, com germinação e vigor reduzidos, originam lavouras com população inadequada de plantas acarretando em instabilidade e prejuízo econômico para o produtor, sendo assim, para que se obtenha altas produtividades de grãos ou sementes recomenda-se a utilização de sementes de qualidade comprovada. Sementes de baixa qualidade apresentam decréscimo na porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais, redução do vigor de plântulas e diminuição do potencial de armazenamento. A taxa de utilização de sementes melhoradas (percentual de sementes legais utilizadas pelos agricultores) em outras culturas produtoras de grãos (arroz, milho, soja, trigo), acima de 50%, tem sido considerada como um dos fatores responsáveis por cerca de 70% dos acréscimos de produtividade de grãos nos últimos dez anos, sendo a “cultivar” o fator preponderante (YOKOYAMA et al., 2000).

O entendimento da aquisição da germinação, do vigor, das fases de aquisição e perda à dessecação, assim como a aquisição de longevidade, é fundamental para o entendimento dos mecanismos controladores dos processos de formação/maturação de sementes e dos processos envolvidos na germinação (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998).

### 3.2.1 Maturação da semente

A partir da fertilização, o óvulo fecundado sofre uma série de alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, que levam a formação da semente. Três fases caracterizam esse processo: a fase 1 que correspondem às divisões e alongamento celular (o alongamento se inicia no final da fase 1 e continua na fase 2); a fase 2, também conhecida como maturação da semente, onde ocorre o acúmulo de reservas e a fase 3, onde após o total acúmulo de massa seca as sementes começam a perder conteúdo de água e a reduzir seu metabolismo (BEWLEY et al., 2013; DURE III, 1975; MARCOS FILHO, 2005).

A maturidade fisiológica é o momento em que cessa a transferência de massa seca da planta para as sementes. Alguns autores afirmam que nesse ponto as sementes apresentam máximo acúmulo de massa seca e máximo potencial fisiológico (ou seja, máxima germinação e vigor). Nesse ponto, a semente é capaz de desenvolver, com eficiência plena, todas as funções fisiológicas que lhe são inerentes (POPINIGIS, 1985; FRANÇA NETO, 1984; BARROS, 1986; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Para a obtenção de uma semente de qualidade seria ideal então, que as sementes fossem colhidas na sua maturidade fisiológica.

Contudo, Ellis e Pietra-Filho (1992) determinaram o ponto de máximo acúmulo de massa seca como “maturidade de massa”, pois foi observado que as sementes adquiriram o máximo potencial fisiológico após a “maturidade fisiológica”. Estudos com diversas espécies (como por exemplo, tomate, pimentão, feijão e *Arabidopsis*) de acordo com Bewley et al. (2013), confirmam que a qualidade fisiológica continua a aumentar após ter atingido a maturidade fisiológica, e por isso então estudos relacionados a aquisição da qualidade fisiológica vêm sendo desenvolvidos a fim de se conhecer o padrão de aquisição de qualidade em cada espécie, podendo assim determinar o ponto ideal de colheita para obter sementes com máximo potencial fisiológico.

### 3.2.2 Germinação

As sementes ortodoxas (sementes que ao final da maturação passam por um processo de redução no teor de água), ao final do desenvolvimento entram em estado quiescente (metabolismo reduzido) ou dormente, aguardando uma condição ideal para germinar (conseguem manter sua porcentagem de germinação por longos períodos de armazenamento a seco). Já as sementes recalcitrantes (sementes que não toleram a redução do teor de água no final da maturação) não sofrem secagem nem redução no metabolismo e, portanto, são dispersas com alto teor de água, prontas para que a germinação ocorra (BRADFORD, 1995).

O potencial fisiológico de sementes é determinado por meio do teste de germinação, que é o mais aceito para este fim (ISTA, 2003). O objetivo do teste de germinação é determinar o potencial máximo de germinação de lotes de sementes, comparando-os e, posteriormente, estimando um valor para semeadura em campo. O padrão mínimo de germinação de sementes de *Vigna unguiculata* é de 80%. Existem duas definições para germinação, a primeira de acordo com a *International Seed Testing Association* (ISTA) onde germinação é a capacidade de uma semente produzir plântulas classificadas como normais, em condições e períodos especificados pelas regras (BRASIL, 2009). De maneira geral, as plântulas normais são aquelas que apresentam todas as estruturas essenciais para que continuem seu desenvolvimento até tornarem-se plântulas normais, sendo elas: raiz primária, hipocótilo e epicótilo, gemas terminais e cotilédones.

A segunda definição de germinação, do ponto de vista fisiológico, se inicia quando a sementes começam a absorver água (embebição) e termina com a emergência do eixo embrionário (protrusão da radícula) através das estruturas que o rodeiam. Durante a germinação três principais etapas ocorrem: embebição, reativação dos processos metabólicos e emergência do eixo embrionário (usualmente a radícula) (BEWLEY et al., 2013). A germinação de sementes é um processo complexo e diversos fatores (internos e externos) podem afetá-la desde a embebição até a protrusão da radícula interferindo na qualidade da semente. Os fatores internos compreendem a longevidade, a viabilidade, o grau de maturidade, a dormência, a sanidade e o genótipo. Os fatores externos são temperatura, luz, água, oxigênio e promotores químicos. (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1979; POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; KIGEL; GALILI, 1995).

A partir da embebição de água pela semente, há a reativação do metabolismo, reparos e síntese de DNA, RNA e proteínas, aumento da atividade respiratória, digestão de reservas (para suprir o embrião), mudanças na expressão gênica, alongamento celular e atuação de promotores químicos, que juntos permitirão que ocorra o desenvolvimento de uma plântula normal (BEWLEY et al., 2013).

A continuidade do crescimento embrionário dará origem a emergências de plântulas do tipo epigeas ou hipógeas. No caso do feijão-caupi, a emergência é do tipo epigea, ou seja, a parte aérea é posta fora do solo envolta nos cotilédones, esse mecanismo acarreta em um rápido e vigoroso crescimento inicial do eixo hipocótilo-radicular, ao passo que o epicótilo e as folhas primárias, no interior dos cotilédones, praticamente não crescem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

### 3.2.3 Vigor

O vigor é caracterizado como sendo a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula (ISTA, 2003). Para a AOSA (2002), “vigor de sementes compreende aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais, sob uma ampla diversidade de condições ambientais, incluindo condições ótimas e sob estresse”. A fisiologia da semente, o potencial de conservação genético e a condição de armazenamento afetam diretamente o vigor.

O condicionamento fisiológico das sementes (embebição controlada seguida de desidratação ao seu teor de água inicial) tem sido muito utilizada para aumentar o vigor das sementes, uma vez que proporciona maior uniformidade e velocidade de germinação (RAJJOU et al., 2012). Na área das “ômicas”, novos estudos estão sendo realizados a fim de descobrir novos marcadores de qualidade das sementes que poderão ser utilizados na biotecnologia a fim de melhorar o rendimento das culturas, como por exemplo, o gene NnMT2 que é um gene do lócus sagrado que está fortemente relacionado com vigor (RAJJOU et al., 2012). O vigor das sementes é um dos principais determinantes do rendimento das culturas, especialmente sob condições ambientais adversas que podem comprometer severamente o estabelecimento de plântulas.



A melhoria do vigor de sementes e longevidade é, portanto, uma estratégia clara para manter e melhorar o rendimento das colheitas e mitigar os efeitos negativos resultantes das alterações climáticas.

Não há um teste de vigor padronizado para uma ou mais espécies, e também não há como quantificar o vigor e sim apenas realizar uma comparação entre os lotes de sementes. Os testes de vigor consistem em avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação. Empresas produtoras e entidade certificadoras de sementes utilizam os testes de vigor para a composição de programas internos de qualidade (VIEIRA et al., 1996). Além disso, empresas produtoras de sementes se utilizam dos testes de vigor para tomadas de decisão sobre época de semeadura (se a semente irá suportar condições de estresse em determinadas épocas, como excesso de chuva por exemplo) e comercialização (se devem comercializar ou se a semente irá suportar ser armazenada por mais tempo).

Os testes de vigor podem ser classificados em testes físicos (avaliam aspectos morfológicos ou características físicas das sementes possivelmente associados ao vigor); testes fisiológicos (determinam a atividade fisiológica específica cuja manifestação depende do vigor); testes bioquímicos (avaliam as alterações bioquímicas associadas ao vigor das sementes) e testes de resistência ao estresse (onde avaliam o desempenho de sementes expostas ao estresse) (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Os testes fisiológicos mais realizados são os baseados no desempenho e avaliação das plântulas, como por exemplo, crescimento de plântulas, velocidade de emergência no campo e primeira contagem. Condutividade elétrica e tetrazólio são os testes bioquímicos mais utilizados, e o teste de frio e o de envelhecimento acelerado são os testes de resistência ao estresse mais utilizados (OLIVEIRA et al., 2009).

### 3.2.4 Tolerância à dessecação

Durante o período de formação e maturação das sementes a água tem o papel importante, atuando na expansão, divisão celular e posteriormente como veículo para os produtos fotossintéticos que farão parte dos tecidos da semente ou serão armazenados para utilizações futuras nas fases iniciais da germinação. Assim, até o final do desenvolvimento, o teor de água da semente permanece elevado, normalmente acima de 30 a 40% do peso úmido (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998).

As sementes podem ser classificadas em ortodoxas, recalcitrantes (ROBERTS, 1973) e intermediárias (ELLIS et al., 1990). A tolerância à dessecação é uma das características mais marcantes que distinguem esses três tipos de sementes. Sementes ortodoxas são tolerantes à dessecação, ou seja, sobrevivem a uma redução do teor de água a valores entre 5-8%, essa característica junto com a tolerância a baixas temperaturas é o que permite o armazenamento e a preservação dessas espécies ortodoxas em bancos de sementes (HONG; ELLIS, 1996). Já as sementes recalcitrantes são sensíveis a secagem (não entram em quiescência e precisam manter seu teor de água elevado para manter seu metabolismo ativo) (CASTRO et al., 2004) e não toleram baixas temperaturas, o que dificulta o armazenamento e a preservação dessas espécies recalcitrantes. A classe intermediária tolera uma secagem a níveis entre 10-12%, mas se submetidas a valores inferiores ou a baixas temperaturas sofrem danos fisiológicos.

Essa diferença no comportamento das sementes pode ser considerada como resultado do processo de seleção natural, em concordância com as condições ambientais das regiões de origem da espécie (KERMODE; BEWLEY, 1985, BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998). O conhecimento se uma semente é ortodoxa, recalcitrante ou intermediária é uma ferramenta essencial desde a coleta até a comercialização e armazenamento.

Para que uma semente possa tolerar a retirada de água durante a fase final de sua maturação são necessários alguns pré-requisitos que irão agir conjuntamente na proteção às proteínas, enzimas, membranas, redução do movimento de moléculas no interior das células, sistemas de proteção ao ataque de radicais livres, redução das atividades metabólicas e reparo dessas mesmas atividades durante o processo de embebição (MOORE et al., 2009).

Dessa forma é possível afirmar que a aquisição da tolerância à dessecação corresponde a um complexo mecanismo que envolve um sinergismo entre várias substâncias (WALTERS, 2000).

### 3.2.5 Longevidade

A longevidade é o período de tempo total durante a qual as sementes permanecem viáveis (capacidade de manter a germinação que é gradualmente perdida com o tempo). Sementes de algumas espécies se deterioram mais rápido o que acarreta em menor longevidade, outras demoram mais tempo para se deteriorar podendo permanecer mais tempo armazenadas. A longevidade das sementes é variável podendo existir espécies como lótus sagrado (*Nucifera nelumbo*) com longevidade de cerca de 1300 anos (SHEN-MILLER, 2002) e *Phoenix dactylifera* com mais de 2000 anos (SANO et al., 2015).

Durante o desenvolvimento da semente, a longevidade é a última característica a ser adquirida (BEWLEY et al., 2013) e juntamente com a tolerância a dessecação são de extrema importância para a sobrevivência da semente no armazenamento convencional e no banco de semente do solo. A longevidade é adquirida no final da maturação das sementes podendo aumentar continuamente desde o enchimento das sementes até a dispersão natural da espécie. Estudos observaram três padrões de aquisição de longevidade, o primeiro padrão é quando a longevidade é adquirida, atinge seu máximo na maturidade de massa se mantendo constante até o final da colheita (como por exemplo, em tomate (DEMIR; ELLIS, 1992a) e pimentão (DEMIR; ELLIS, 1992b)). O segundo padrão ocorre quando a longevidade é adquirida, atinge seu máximo na maturidade de massa e então declina acentuadamente antes da colheita (como em milho (KAMESWARA et al. 1991) e mostarda selvagem (SINNIAH et al. 1998)). E o terceiro padrão é quando a longevidade vai aumentando, porém só atinge seu máximo após a dispersão natural da semente (*Digitalis purpurea* L. (HAY; PROBERT; 1995)).

A porcentagem de germinação de uma semente armazenada por um longo período é resultado de uma combinação de sistemas complexos de proteção, desintoxicação e reparo (NGUYEN, 2014), além de um ambiente adequado de armazenamento a fim de otimizar a vida útil da semente.

A ausência ou a expressão incompleta de um ou mais dos mecanismos que conferem tolerância à dessecação em sementes ortodoxas é considerada como a causa da sensibilidade à dessecação em sementes recalcitrantes. A tolerância à dessecação contribui para a longevidade das sementes, e a combinação desses sistemas complexos são os principais responsáveis por essas duas características (tolerância à dessecação e longevidade) em sementes ortodoxas.

#### 3.2.5.1 Proteção celular

A célula passa por uma série de alterações que vão auxiliar a perda de água e conseqüentemente proteger os componentes celulares, permitindo assim que a semente possa sobreviver por décadas se desidratada (longevidade prolongada). A primeira alteração a fim de limitar a atividade metabólica é a vitrificação. Processo pelo qual a célula transforma o citoplasma de um estado líquido para um estado vítreo através da acumulação de açúcares não-redutores (oligossacarídeos) no lugar da água (SANO et al., 2015). Nesse estado a mobilidade molecular é reduzida evitando aglomeração desordenada e o colapso das células, também são eficazes contra danos nas membranas celulares, protegem a estrutura e funcionamento de proteínas e tem sido associado a proteção de danos oxidativos, possivelmente por eliminação de radicais hidroxila (RAJJOU; DEBEAUJON, 2008).

Além da vitrificação, a participação de proteínas específicas como LEAs (*Late Embryogenesis Abundant*) e HSPs (*Heat shock proteins*) são fundamentais. Proteínas LEAs são encontradas em todos os organismos tolerantes a dessecação, sendo altamente hidrofílicas, estáveis e resistentes a altas temperaturas (OSBORNE, 1994). Elas possuem diferentes funções e mecanismos onde a grande maioria está relacionado à proteção das estruturas celulares. Pode ser encontrada abundantemente no citoplasma quando no estado vítreo, possivelmente pela sua capacidade de manter o local hidratado. Atuam na membrana plasmática onde através de um enrolamento preenchem os espaços na membrana plasmática causados pela secagem. Estudos em *Arabidopsis thaliana* (HUNDERTMARK et al., 2011) e *Medicago truncatula* (CHATELAIN et al., 2012) relacionam essa proteína com a longevidade, onde através de testes de envelhecimento acelerado notaram que sua presença diminui conforme a semente envelhece.

Já as proteínas HSPs podem estar envolvidas na extensão da longevidade de sementes, atuando na estabilização de proteínas; na proteção de proteínas contra danos oxidativos e no redobramento de proteínas que foram alteradas durante o armazenamento da semente (SANO et al., 2015). Estudos em plantas transgênicas de tabaco superexpressando o fator de transcrição de HSFA9, apresentaram acúmulo de HSPs e conseqüentemente, melhoria na longevidade das sementes (PRIETO-DAPENA et al., 2006).

### 3.2.5.2 Sistemas antioxidantes

Sistemas antioxidantes também são essenciais para que a longevidade seja máxima. A oxidação leva a formação de Espécies Reativas de Oxigênio (ROS) que podem modificar e inativar proteínas, lipídeos, DNA e RNA, induzir disfunções celulares e agir negativamente na estrutura da membrana celular. Com a finalidade de remover o excesso de ROS (que se acumulam durante o armazenamento das sementes) e controlar a superprodução de radicais livres (gerados pela reativação do metabolismo gerado pela embebição), a semente utiliza um conjunto de enzimas antioxidantes, como por exemplo, superóxido dismutase, catalases e glutathione (BAILLY, 2004; KUMAR et al., 2015).

Entre outros antioxidantes, os tocoferóis (vitamina E) desempenham um papel na manutenção da viabilidade, ao impedir a oxidação lipídica, durante o armazenamento (NAGEL et al., 2015). Além dos tocoferóis, os tocotrienóis - que se diferem estruturalmente dos tocoferóis - também são encontrados em sementes, e tem papel na proteção de lipídios da membrana contra peroxidação, protegendo o óleo durante o armazenamento contra os danos oxidativos. Polifenóis antioxidantes, tais como flavonóides que se encontram no tegumento, embrião e no endosperma, têm demonstrado aumentar a longevidade de sementes de *Arabidopsis thaliana*, por oferecer ação contra ROS e proteção de membranas, limitando a peroxidação lipídica (DEBEAUJON et al., 2000).

### 3.2.5.3 Tegumento

A presença do tegumento na semente confere maior ou menor longevidade à semente uma vez que ele protege as reservas do embrião e a semente de estresses bióticos e abióticos durante o armazenamento. Lepiniec et al. (2006) notaram que mutantes de *Arabidopsis thaliana* sem testa têm longevidade reduzida.

### 3.2.5.4 Reparo celular

Durante o desenvolvimento, a semente dispõe de diversos mecanismos de proteção, porém com o tempo os danos se acumulam e impulsionam o processo de envelhecimento se não são reparados. Os danos se acumulam no DNA, RNA e nas proteínas e após a embebição, vias metabólicas são rapidamente ativadas e as sementes podem reparar os danos causados durante o armazenamento, e iniciar a germinação (RAJJOU; DEBEAUJON, 2008). Estudos vem demonstrando que esta capacidade de reparação pode ser associada a longevidade de sementes (SANO et al., 2015).

Tem sido relatado que a perda de longevidade está associada com o acúmulo de lesões no DNA (BALESTRAZZI et al., 2011; WATERWORTH et al., 2015). Rupturas na fita de DNA são geralmente causadas pelos ROS através da desnaturação das unidades de desoxirribose. O *priming* (condicionamento fisiológico) tem sido utilizado para melhorar o desempenho das sementes no que se refere as questões de danos causados no DNA, pois o reparo é realizado durante o *priming* (OSBORNE, 1994).

O RNA é mais sensível a oxidação do que o DNA às ROS devido sua estrutura (as bases nitrogenadas no RNA não são protegidas por ligações de hidrogênio, ficando mais acessíveis ao ataque dos ROS). Danos ao mRNA (RNA mensageiro) podem inibir a transcrição e a tradução. A transcrição quando inibida não irá afetar a germinação pois a célula se utiliza de RNAs que foram sintetizados e armazenados no final da maturação, porém inibidores da tradução acarretam em perda de germinação e consequente perda de longevidade (BAZIN et al., 2011). Os mecanismos de proteção e reparo de RNA danificados ainda estão sendo elucidados.

As proteínas sofrem danos como oxidação e modificações covalentes levando a perda de função. A metionina sulfóxido reductase (MSR) é capaz de reduzir metionina sulfóxido (metionina que foi oxidada) e reparar as proteínas.

Estudos com *Medicago* e *Arabidopsis* mostram uma correlação positiva entre a atividade de reparo da MSR e a longevidade das sementes (CHATELAIN et al., 2013).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

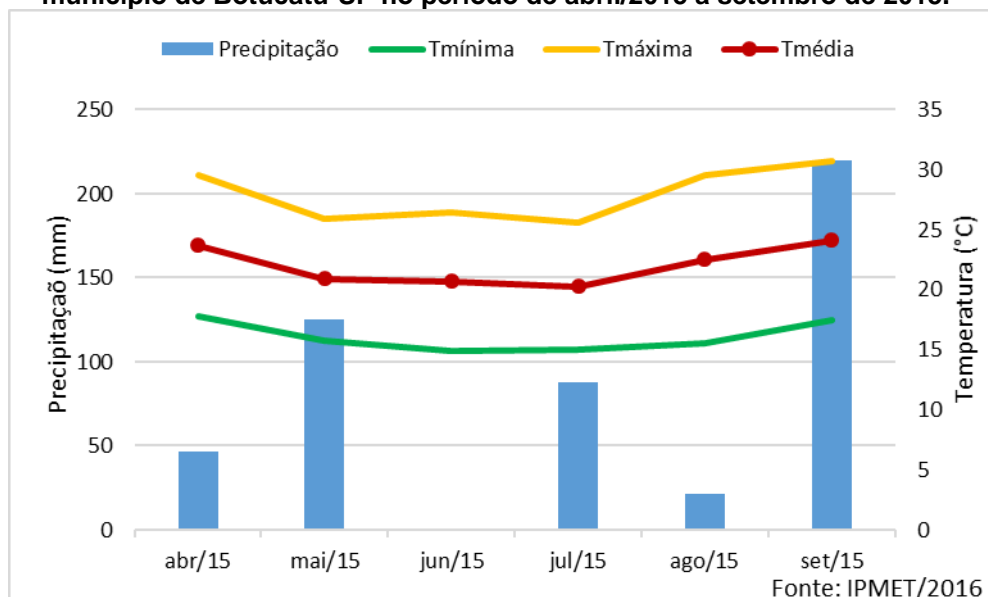
O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Experimental Lageado, localizada no município de Botucatu-SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu-SP. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (DPMV), pertencente à UNESP, Campus de Botucatu-SP.

### 4.1 Localização e caracterização da área experimental

As coordenadas geográficas da área são: 22° 51' de Latitude Sul, 48° 26' de Longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 740 metros. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região de Botucatu-SP é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994). A precipitação média anual é em torno de 1600 mm e a temperatura média anual é de 20,3 °C (CUNHA; MARTINS, 2009).

Os dados climáticos de precipitação pluvial, temperaturas máximas, mínima e média mensais do período de realização do experimento estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1 - Médias mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no município de Botucatu-SP no período de abril/2015 a setembro de 2015.**





Com base nos resultados da análise de solo (Tabela 2), iniciou-se o preparo da área para a semeadura, com aração e gradagem. A adubação foi realizada na semeadura com 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples, e de 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio. A adubação de cobertura foi realizada aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas, utilizando-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônia.

**Tabela 2 - Resultados da análise química do solo da área de implantação do experimento de *Vigna unguiculata*.**

AMOSTRA	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----								mg/dm <sup>3</sup>
Amostra 1	5.0	23	37	0	43	2.7	28	12	43	86	50	23

#### 4.2 Produção das sementes

As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium spp.* (na proporção de 100 ml do inoculante para 100 Kg de sementes) e a semeadura foi realizada no dia 18 de abril de 2015, com aproximadamente 18 sementes/m linear e espaçamento de 70 cm entre linhas, totalizando uma área de 160m<sup>2</sup>. Os tratos culturais foram realizados conforme as necessidades da cultura, onde o controle de plantas daninhas foi realizado com cinco capinas manuais e a irrigação complementar feita com aspersores. O controle fitossanitário foi realizado com a aplicação do fungicida tiofanato metílico, na dose de 0,7 kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial Cerconil®, e do inseticida deltametrina, na dose de 30 ml/100 litros de água ha<sup>-1</sup> do produto comercial Keshet®, ao longo do ciclo.

#### 4.3 Caracterização dos estádios reprodutivos

A caracterização dos estádios reprodutivos foi realizada tendo como base o trabalho de Ritchie et al. (1994) com soja, realizando adaptações necessárias para o feijão-caupi. O caupi é uma espécie autógama que apresenta cleistogamia (a autopolinização ocorre antes da abertura da estrutura floral) reproduzindo-se preferencialmente por autofecundação (sua taxa de fecundação cruzada é de 0.8%). Suas flores permanecem abertas apenas por algumas horas da manhã e quando se fecham já iniciam o desenvolvimento do fruto.

A emergência das plântulas ocorreu no dia 23 de abril de 2015 e o aparecimento dos primeiros botões florais ocorreu no dia 13 de julho de 2015. A cultivar BRS Guariba tem sua floração normalmente 40 dias após a emergência das plântulas, o atraso da floração nesse experimento pode ter sido devido a baixas temperaturas na fase vegetativa, já que temperaturas abaixo de 18°C retardam o aparecimento de flores aumentando o ciclo da cultura (ROBERTS et al., 1978). Assim que os primeiros botões florais surgiram, os mesmos foram marcados com fitas de cetim, para identificação de cada flor e acompanhados o número de dias após a antese (DAA) (Figura 2).

**Figura 2 - Marcação da flor e início do desenvolvimento do fruto de *Vigna unguiculata*. A- Flor aberta B-Flor após 2 dias de polinização C-Fruto em formação, 9 dias após a antese.**



Fotos: Leticia Moreno - 2015

Todos os dias as flores eram marcadas e ao longo do desenvolvimento da vagem as coletas eram realizadas, sendo que para cada estágio colhiam-se em média de 200 a 250 vagens. Os frutos foram coletados manualmente desde 11 DAA até 40 DAA, e as sementes foram retiradas das vagens manualmente. As análises de massa seca, massa fresca e teor de água foram realizadas a partir de 17 DAA (somente com 17 dias foi possível retirar as sementes da vagem sem danificá-las), totalizando 9 estádios reprodutivos. De acordo com pré-testes de germinação realizados nos diferentes dias após a antese (testes realizados antes da coleta definitiva dos estádios para conhecer a situação fisiológica da semente), verificou-se que as sementes estavam aptas a germinar apenas a partir dos 28 DAA. Portanto, para os testes de germinação, vigor, tolerância à dessecação e longevidade considerou-se apenas os últimos cinco estádios reprodutivos: 28, 31, 34, 37 e 40 DAA, com intervalo de 3 dias entre os estádios. As análises foram realizadas nas sementes frescas (logo após a coleta), nas sementes secas (após sofrerem

secagem em gerbox contendo sílica gel a uma redução do teor de água a 10%) e nas sementes submetidas ao teste de longevidade.

**Figura 3 - Vagens de *Vigna unguiculata* em diferentes estádios de desenvolvimento. A- Vagem com 28 DAA B- Vagem com 31 DAA C- Vagem com 34 DAA D- Vagem com 40 DAA.**



Fotos: Leticia Moreno - 2015

A vagem apresenta coloração verde escura aos 28 DAA (Figura 3A), aos 31 DAA elas iniciaram alteração da cor e apresentam metade da vagem com coloração verde e a outra metade com coloração roxa (Figura 3B). Com 34 DAA, a vagem apresenta-se com uma maior proporção de cor roxa (Figura 3C) e conforme vai avançando para os 37 DAA a vagem vai perdendo sua coloração. Aos 40 DAA a vagem já está seca e com coloração marrom (Figura 3D).

Aos 28 DAA a semente apresenta coloração verde intensa (Figura 4) e aos 31 DAA a semente já perdeu a intensidade do verde e possui algumas partes da semente com tons amarelados (Figura 5A).

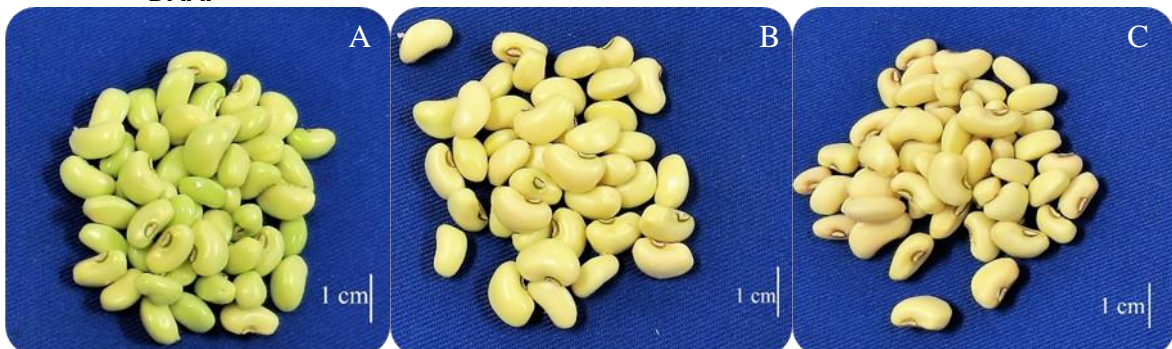
Figura 4 – Sementes de *Vigna unguiculata* aos 28 DAA apresentando coloração verde.



Fotos: Leticia Moreno -2015

Aos 34 DAA a semente já apresenta coloração creme com apenas a região ao redor do hilo na coloração verde (Figura 5B). Com 37 DAA a semente apresenta coloração creme, porém opaca (Figura 5C) sem diferir do tamanho das sementes dos estádios anteriores.

Figura 5 – Sementes de *Vigna unguiculata* em diferentes estádios A- 31 DAA B- 34 DAA C- 37 DAA.



Fotos: Leticia Moreno -2015

Na última coleta (com 40 DAA), as sementes apresentavam coloração creme (semelhante a coloração aos 37 DAA), porém com tamanho reduzido comparado aos estádios anteriores (Figura 6) devido à redução de água (dessecação) que ocorre no final da maturação em sementes ortodoxas (DURE III, 1975).

**Figura 6 – Sementes de *Vigna unguiculata* com 40 DAA.**



**Foto: Leticia Moreno -2015**

#### **4.4 Teor de água na semente**

Para determinação do teor de água o método utilizado foi o de estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, empregando-se quatro repetições de 10 sementes, sendo os dados expressos em porcentagem, em base úmida, conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### **4.5 Determinação da massa fresca e massa seca das sementes**

As sementes foram pesadas em balança de precisão de 0,001g para obtenção de massa fresca, utilizando quatro repetições de 10 sementes. Em seguida as mesmas foram colocadas em estufas de circulação de ar a  $60^{\circ}\text{C}$  até a estabilização da massa, obtendo a massa seca dessas sementes.

#### **4.6 Germinação**

Foram utilizadas três repetições de 25 sementes para cada estágio reprodutivo, semeadas em substrato de papel tipo Germitest, umedecido com 2,5 vezes o seu peso com água deionizada na forma de rolo e depois mantidas em germinador, em posição vertical, a uma temperatura de  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ . As leituras foram realizadas diariamente, adotando como critério a protrusão da radícula com comprimento de 2 mm e os resultados foram expressos em porcentagem.

#### **4.7 Primeira contagem da germinação (PC)**

Foram utilizadas três repetições de 25 sementes, umedecido com 2,5 vezes o seu peso com água deionizada na forma de rolo e depois mantidas em germinador,

em posição vertical, a uma temperatura de  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ . No 5º e 8º dia após a instalação do teste foram realizadas a contagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

#### **4.8 Tempo médio para ocorrência de 50% de germinação (T50)**

Foram utilizadas três repetições de 25 sementes para cada estágio de desenvolvimento, semeadas em substrato de papel tipo Germitest, umedecido com 2,5 vezes o seu peso com água deionizada na forma de rolo e depois mantidas em germinador, em posição vertical, a uma temperatura de  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ . As avaliações das sementes foram realizadas de seis em seis horas. As avaliações foram realizadas a cada 6 horas, sendo computado o número de sementes que apresentaram protrusão radicular com 2 mm de comprimento. O tempo requerido para germinação de 50% das sementes viáveis (T50) foi calculado por meio da análise de dados de germinação acumulada usando o módulo de ajuste de curva do software Germinator (JOOSEN et al., 2010) e os resultados expressos em horas.

#### **4.9 Teste de aquisição de tolerância à dessecação**

Três repetições de 25 sementes de cada estágio de desenvolvimento das sementes foram submetidas a secagem em atmosfera controlada, em caixas plásticas gerbox (11cm x 11 cm x 3,5 cm ) contendo sílica gel a  $20^\circ\text{C}$ . Esta secagem permite que as sementes atinjam cerca de 10% de umidade (base úmida) rapidamente (FARIA et al., 2005; ALPERT, 2005). Após a secagem foram determinados: a massa seca, teor de água e germinação das sementes. As sementes foram consideradas tolerantes à dessecação quando germinaram (protrusão radicular com comprimento de 2mm) após a secagem.

#### **4.10 Estudo da aquisição da longevidade**

Foi conduzido com 150 sementes (para cada ponto analisado), dispostas sob tela de alumínio, em caixas tipo gerbox contendo solução salina (NaCl), de modo a não se sobreporem e ficarem em ambiente controlado com 75% de Umidade Relativa à  $35^\circ\text{C}$  por intervalos diferentes, de acordo com o estágio analisado. Após estes períodos, as sementes foram colocadas para germinar e a avaliação da porcentagem de sementes germinadas foi realizada conforme descrito acima. Os

resultados de longevidade foram definidos como tempo (em dias) para que as sementes percam 50% da viabilidade durante o armazenamento. Os resultados foram expressos em P50, calculados conforme Ellis et al. (1980).

Para sementes com 28 DAA os intervalos foram de 3 dias entre cada ponto de longevidade (3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 dias), e para os demais estádios os intervalos foram de 10 dias entre cada ponto de longevidade se diferenciando apenas pelo tempo em que cada semente suportou a longevidade.

#### **4.11 Análise estatística**

Os dados médios dos testes de teor de água, massa fresca e massa seca, de germinação, primeira contagem da germinação, tempo médio de ocorrência de 50% de germinação, de aquisição de tolerância à dessecação e aquisição da longevidade foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e suas médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 1998).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estádios de desenvolvimento das sementes de *Vigna unguiculata* foram caracterizados com relação a massa seca, teor de água, germinação, vigor, aquisição de tolerância à dessecação e longevidade. Pelos resultados da análise de variância (Tabela 3), houve diferenças significativas entre os estádios de desenvolvimento para todas as variáveis analisadas.

**Tabela 3 – Médias das características massa seca das sementes (MS), teor de água (T), germinação (%), tempo médio em horas (hr) para ocorrência de 50% de germinação (T50), primeira contagem (PC), tolerância à dessecação (TD) e período em dias em que a viabilidade das sementes se reduz a 50% (P50).**

DAA	MS (g)	T (%)	G (%)	T50 (hr)	PC (%)	TD	P50 (dias)
17	0.005 g	87.6 a	0 c	0 c	0 c	0 c	0 d
20	0.014 g	83.82 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 d
23	0.034 f	77.87 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0 d
25	0.078 e	69.63 d	0 c	0 c	0 c	0 c	0 d
28	0.147 b	62.56 e	80,00 ab	154.60 b	0 c	25.33 b	0 d
31	0.196 a	57.64 f	68,00 b	142.85 b	20 c	94.66 a	52,6 c
34	0.099 cd	53.03 g	69,33 b	96.73 b	12 d	100.0 a	92,6 b
37	0.096 de	23.71 h	100,0 a	22.70 a	76 a	97.33 a	170,97 a
40	0.115 c	19.03 i	94,67 a	32.75 a	63 b	97.33 a	174,77 a

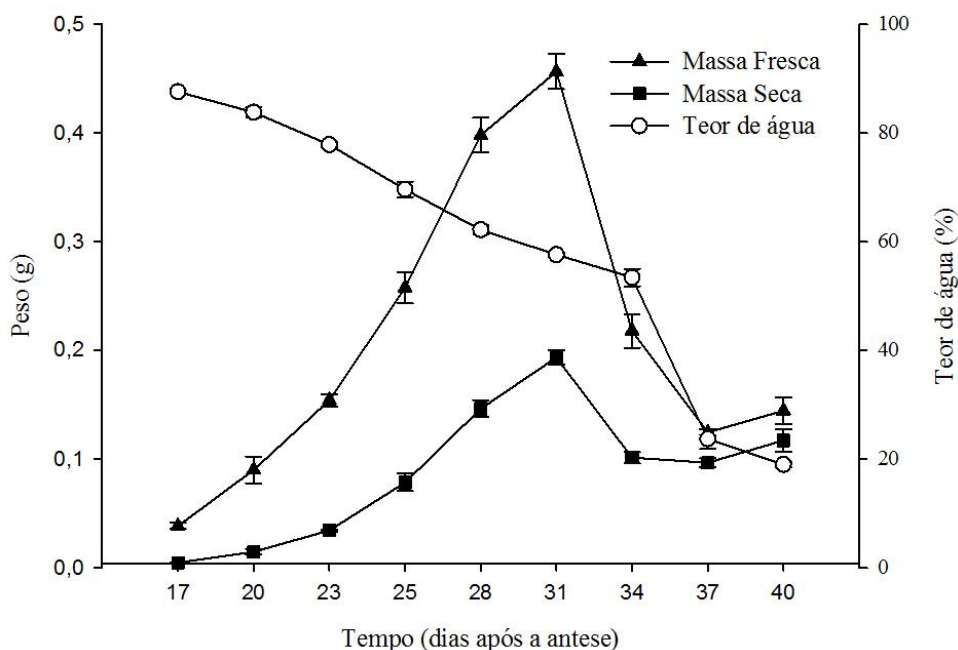
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

O teor de água da semente no início do desenvolvimento é elevado, e sementes aptas a germinar (28 DAA) continham um alto teor de água (63%) e ao longo do desenvolvimento da semente esse valor foi decrescendo gradualmente até os 34 DAA (53,03%). A queda do teor de água torna-se mais abrupta durante os estágios finais de maturação, até atingir 18% aos 40 DAA (Figura 7) ponto esse considerado maturidade da colheita (BEWLEY et al., 2013). Botelho (2009) observou o mesmo comportamento no teor de água em *Phaseolus vulgaris* colhidos em diferentes estádios de maturação, onde o conteúdo inicial de água era de aproximadamente 70%, sofrendo uma redução gradativa conforme o desenvolvimento da semente até atingir uma média de 16%. Em mucuna preta (*Mucuna aterrima*), também se observou queda do teor de água durante o avanço da maturação (NAKAGAWA et al., 2007). A redução contínua do teor de água, sendo mais acentuada no final da maturação, é um comportamento comum na maturação de sementes ortodoxas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).



Em *Vigna unguiculata* observa-se que a partir dos 17 DAA a semente começa a ter um aumento na massa seca. A maturidade de massa foi adquirida aos 31 DAA (0,193 g) se diferenciando estatisticamente dos outros estádios (Tabela 3) e indicando que após esse estádio a semente não recebe mais nutrientes da planta mãe e, portanto, entra na última fase do seu desenvolvimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) (Figura 7). Esse máximo acúmulo de massa seca, contudo, não coincide com o ponto de máximo vigor e de germinação, indicando que a qualidade fisiológica ainda não foi adquirida (BEWLEY et al., 2013). Esse resultado também foi observado por Oliveira (2012) em diferentes cultivares de feijão caupi, onde o acúmulo de massa seca também foi máximo aos 30 DAA.

**Figura 7 – Alterações no Peso Seco (g/semente) e no Peso Fresco (g/semente) e no Teor de Água (%) em sementes de *Vigna unguiculata*. Os dados são médias de quatro repetições de 10 sementes cada. Barras representam desvio padrão.**



Após os 31 DAA nota-se uma diminuição nos valores de massa seca (Figura 7). Esse padrão de redução de massa seca na semente também foi observado por Lazarini et al. (2000) com sementes de soja e por Mendes et al. (2006) em sementes de urucum. Essa perda de massa seca é normal visto que o teor de água ainda se encontra elevado (50%-60%) nesses estádios (e a semente já não mais recebe

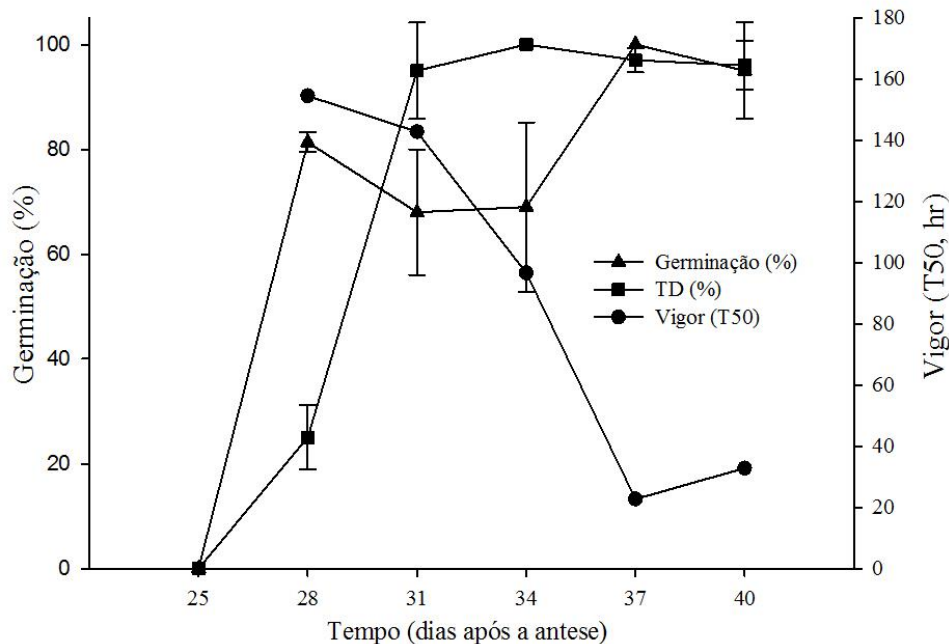
assimilados da planta mãe) e, portanto, está ainda com o metabolismo ativo ocorrendo perdas devido a respiração da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Conforme a semente alcança níveis de umidade menores, o metabolismo diminui o suficiente para eliminar essa perda de massa seca.

Sementes de *Vigna unguiculata* adquirem a habilidade de germinar aos 28 DAA (80%), e atingem seu máximo aos 37 DAA com 100% (não sofrendo redução significativa no estágio seguinte (Tabela 3)). Para o teste de vigor foram realizados o T50 (Figura 8) e a primeira contagem de plântulas normais (Figura 9). Para o T50, os valores aos 37 DAA e 40 DAA não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3), apresentando o menor tempo para atingir 50% de germinação (22 horas). Para o teste de primeira contagem, apesar da alta porcentagem de germinação aos 28 DAA, sementes ainda não são capazes de formar plântulas normais (Figura 9) (provavelmente pelo fato de que nessa fase de desenvolvimento a semente ainda estava acumulando reservas que são necessárias para a formação de uma plântula (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; GALLARDO et al., 2003)). Aos 31 DAA as sementes já apresentavam porcentagem de plântulas normais (20%), e aos 37 DAA a porcentagem de plântulas normais foi máxima (76%) (Tabela 3) confirmando o resultado do teste de T50, onde o máximo vigor foi atingido aos 37 DAA. Portanto, para os dois testes usados o máximo vigor foi atingido aos 37 dias após a antese.

O máximo vigor e o ponto máximo de germinação foram atingidos seis dias após o máximo acúmulo de massa seca (que ocorreu aos 31 DAA), o que indica que a semente já havia adquirido maturidade de massa, porém não havia ainda adquirido o máximo de qualidade fisiológica (ELLIS; PIETRA-FILHO, 1992; BEWLEY et al., 2013)).

Nogueira et al. (2014) e Oliveira (2012) também observaram em feijão caupi que o máximo vigor e o ponto máximo de germinação foram adquiridos no mesmo período de maturação da semente e após a maturidade de massa. Sobral et al. (2006) observaram em angico vermelho, que aproximadamente trinta e duas semanas após a antese, frutos de angico vermelho podem ser colhidos com máxima germinação e vigor e que a massa seca não diferiu estatisticamente entre os estádios, não servindo de parâmetro de colheita.

**Figura 8 – Aquisição de máxima de germinação, de máximo vigor (T50) e de tolerância à dessecação em sementes de *Vigna unguiculata*. A TD (tolerância à dessecação) foi determinada pela porcentagem de germinação após secagem rápida até 10%.**

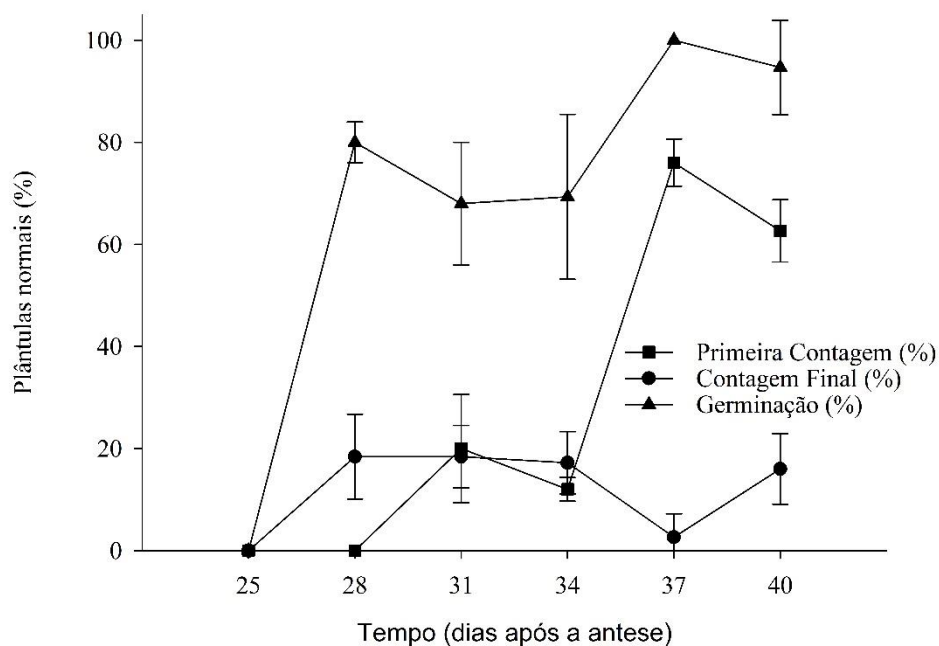


Araújo et al. (2006), estudando maturação de sementes de milho doce, observaram que a maturidade de massa ocorre aproximadamente 41 dias após a floração e o máximo de germinação ocorre com 48 dias após floração, valores esses adquiridos antes do máximo vigor que ocorreu aos 76 dias após a floração. Essas diferenças nos resultados entre vigor, germinação e massa seca são normais visto que a relação de quando cada elemento irá se desenvolver e atingir seu máximo varia entre as espécies (BEWLEY et al., 2013).

Para determinar quando as sementes adquirem tolerância à dessecação (capacidade que uma semente tem de germinar após sofrer dessecação), as sementes colhidas foram secas até um teor de água de aproximadamente 10%. Através de pré-testes, sementes com menos de 28 DAA não apresentaram capacidade de germinar após a secagem, o que indica que ainda não tinham adquirido tolerância à dessecação. A tolerância à dessecação se iniciou aos 28 DAA e atingiu seu máximo aos 31 DAA (Figura 8), mantendo-se similar estatisticamente aos próximos estádios (Tabela 3). O máximo de TD foi adquirido ao mesmo tempo

em que a maturidade de massa, em concordância com Berjak; Pammenter (2013) que sugerem que esse comportamento ocorre em sementes ortodoxas, para que quando se inicie a secagem da semente os tecidos já estejam predispostos a suportar tensões impostas durante a desidratação. Sementes que são tolerantes à dessecação passam por uma série de transformações (fisiológicas e morfológicas) que vão prepará-las para suportarem a secagem e também o armazenamento, e quando essas transformações começam a ocorrer pode variar entre as espécies (BEWLEY et al., 2013).

**Figura 9 – Germinação e primeira contagem de plântulas normais de sementes de *Vigna unguiculata* em diferentes estádios de desenvolvimento após a antese (DAA).**



Apesar das sementes já terem adquirido o máximo de TD aos 31 DAA, nota-se pela Figura 9 que as sementes ainda não eram capazes de atingir uma alta porcentagem de plântulas normais, isso se deve, pois, a aquisição de TD em feijão caupi ocorreu antes do ponto de máximo vigor, o que explica a baixa capacidade de formação de plântulas normais. Em *Sesbania virgata*, as sementes adquiriram TD aos 75 DAA juntamente com o máximo vigor, porém só atingiram máxima

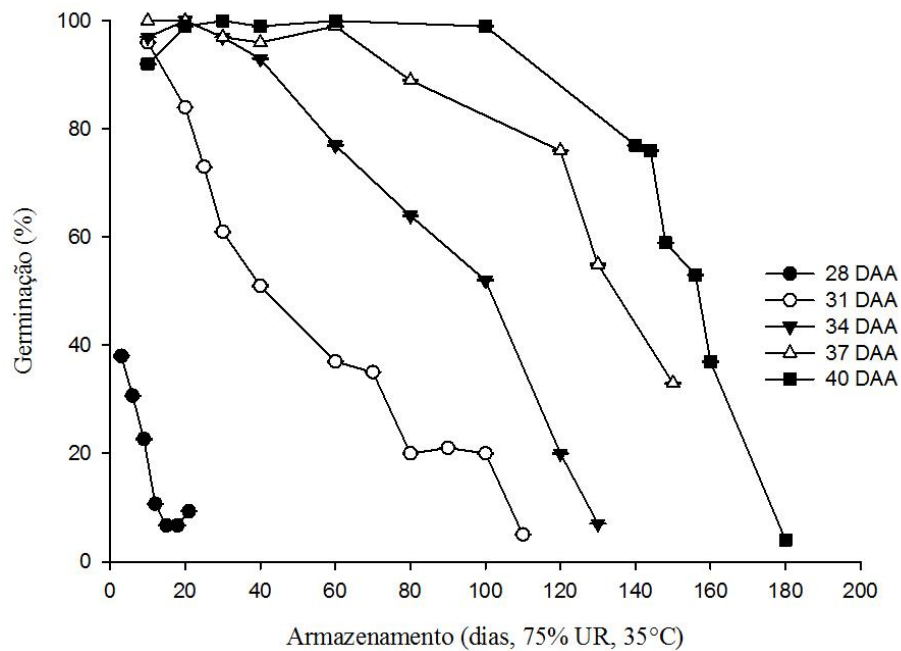
germinação aos 85 DAA (TEIXEIRA, 2016). Corsato (2014) observou que sementes de *Annona emarginata* adquiriram primeiramente o máximo de germinação e vigor aos 91 DAF (dias após o florescimento) seguido de maturidade de massa e TD aos 116 DAF. O período de aquisição de TD varia entre espécies e a aquisição de TD antes da máxima germinação foi considerado um comportamento normal em dicotiledôneas (SANHEWE; ELLIS, 1996a).

Para determinar a aquisição da longevidade ao longo da maturação de sementes de feijão caupi sementes de todos os estádios foram submetidas a condições de armazenamento com 75% de umidade relativa e 35° C. Para cada estádio de desenvolvimento as sementes foram testadas quanto a sua capacidade de germinação após o armazenamento (Figura 10). A longevidade foi avaliada estimando-se o período em dias em que a viabilidade das sementes reduz a 50% (P50) (ELLIS et al., 1980). Na Figura 11 nota-se que a longevidade foi progressivamente sendo adquirida a partir dos 28 DAA e seu máximo ocorreu aos 37 DAA não diferindo estatisticamente dos 40 DAA (Tabela 3). Estudos mostram que embora a semente já possa ser armazenada após ter adquirido TD, há um aumento da longevidade das sementes conforme alcançam os estágios finais da maturação (PROBERT et al., 2007), comportamento esse também observado em feijão caupi. Portanto, mesmo quando as sementes estão perdendo água, durante a fase final do desenvolvimento, ainda existem ganhos em qualidade da semente, principalmente longevidade (Figuras 7 e 11).

Sementes de *Vigna unguiculata* com 28 DAA não suportaram mais do que 21 dias de armazenamento (Figura 10). Zanakis et al. (1994) também constataram que sementes verdes imaturas de soja não apresentaram germinação após a secagem. Essa ausência da germinação se deve provavelmente porque nesse estádio as sementes ainda estão imaturas (verdes), não haviam adquirido a máxima capacidade de tolerar à dessecação (fazendo com que a secagem causasse danos à germinação das sementes) e também não haviam adquirido a capacidade de serem armazenadas (longevidade). Retenção de clorofila em sementes pode afetar a síntese de tocoferóis (antioxidantes) afetando assim sua capacidade de armazenamento (LEPRINCE et al., 2016; SANO et al., 2015). Conforme as sementes vão amadurecendo e mudando sua coloração, a síntese de tocoferóis pode ser realizada, afetando positivamente sua capacidade de ser armazenada (longevidade). Com 31 DAA, as sementes de feijão caupi já haviam adquirido TD,

sua coloração já começa a se alterar (Figura 5) e os sistemas de proteção celular começam a serem desenvolvidos, o que mostra uma maior capacidade de serem armazenadas (Figura 10).

**Figura 10 - Mudanças na porcentagem de germinação de sementes secas de *Vigna unguiculata* nos diferentes dias após a antese (DAA) e armazenamento à 75% de umidade relativa (UR) e 35°C.**

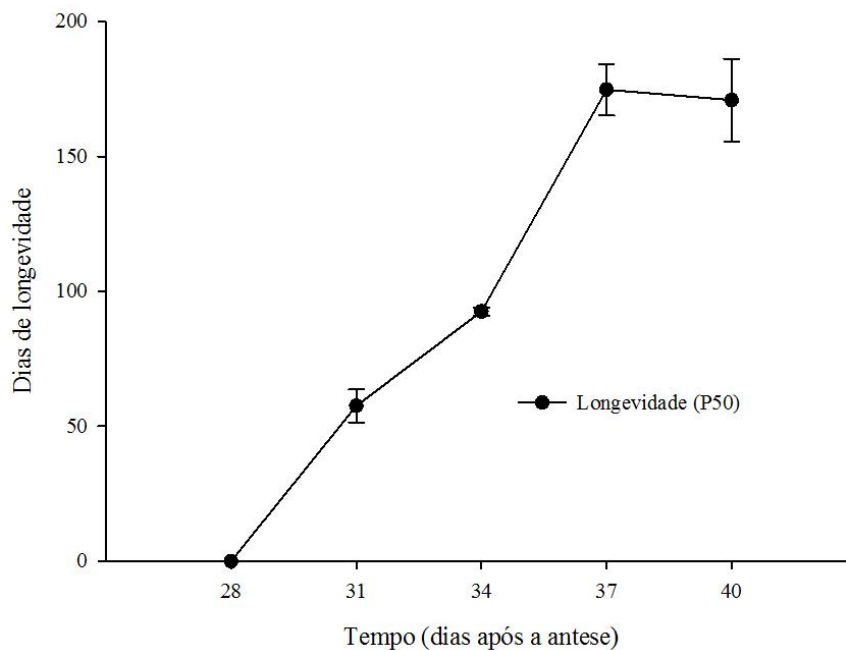


Como se pode observar nesses resultados, a tolerância à dessecação contribui para uma melhor longevidade (isso também pode ser observado em sementes recalcitrantes, que por serem sensíveis à dessecação não suportam longos períodos de armazenamento) porém as sementes não necessitam apenas tolerar a dessecação, mas permanecerem vivas no estado seco por longos períodos (ANGELOVICI et al., 2010).

À medida que a semente se desenvolve e adquire a longevidade, seu potencial de armazenamento aumenta como pode ser observado nas sementes com 37 DAA e 40 DAA (Figura 10), isso devido a sua qualidade fisiológica inicial superior e também por já terem desenvolvido mecanismos de proteção, associados à longevidade. Verdier et al. (2013) observaram que o aumento de oligossacarídeos (principalmente da família rafinose) no final da maturação está relacionado

diretamente com o aumento da longevidade em sementes de *Medicago truncatula*. Acumulação de proteínas LEAs no final do desenvolvimento das sementes de *M. truncatula* está relacionada com melhoria da capacidade de armazenamento das sementes (CHATELAIN et al., 2012).

**Figura 11– Aquisição da longevidade em sementes de *Vigna unguiculata* ao longo da maturação da semente. Longevidade expressa em P50 (período em dias que a viabilidade da semente reduz para 50%).**



As sementes tendem a perder o vigor e a capacidade de germinação durante o armazenamento devido a processos de deterioração. A deterioração causa uma série de alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas (como, por exemplo, esgotamento das reservas, alteração na composição química e estrutural da membrana) acarretando na morte das sementes (MARCOS FILHO, 2013).

A TD e a germinação em sementes de *Vigna unguiculata* foram adquiridas antes da última fase de desenvolvimento, quando a semente ainda estava na fase de enchimento de grão. Já a longevidade foi adquirida na última fase (também conhecida como maturação tardia da semente) atingindo seu máximo próximo da fase final da secagem, *Medicago truncatula* também adquire TD e longevidade em diferentes fases de desenvolvimento da semente ao contrário de *Arabidopsis*

*thaliana* onde o enchimento do grão continua até a fase final da maturação se sobrepondo com a aquisição da longevidade (RIGHETTI et al., 2015).

Visto que a longevidade é adquirida também após a maturidade de massa, a qualidade fisiológica da semente de *Vigna unguiculata* é atingida quando se tem um máximo vigor, máxima germinação e máxima longevidade aos 37 DAA. Entender o padrão de aquisição dos componentes de qualidade da semente de uma determinada espécie permite que a colheita seja realizada na máxima qualidade fisiológica da semente, além de permitir que essas sementes possam ser armazenadas por longos períodos mantendo essa máxima qualidade adquirida.



## **6 CONCLUSÃO**

A qualidade fisiológica em feijão-caupi é adquirida ao longo da maturação da semente.

O acúmulo de massa seca se iniciou próximo aos 17 DAA e atingiu o máximo ao 31 DAA.

A germinação (protrusão radicular) em feijão-caupi foi iniciada aos 28 DAA e atingiu seu máximo aos 37 DAA.

A tolerância a dessecação em feijão-caupi foi iniciada a partir dos 28 DAA atingindo seu máximo aos 31 DAA.

O vigor e a longevidade foram adquiridos a partir dos 31 DAA apresentando seus máximos aos 37 DAA.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPERT, P. Sharing the secrets of life without water. *In: Drying without dying: The comparative mechanisms and evolution of desiccation tolerance in animals, microbes, and plants. Integr. Comp. Biol.*, v. 45, p. 683-684, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A. S.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 108 p – (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2).
- ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A.R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends Plant Science**, v. 15, p. 211-218, 2010.
- AOSA - Association of official seed analysts. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, NE, USA, 2002. (Contribution, 32). 105 p.
- ARAÚJO, J. P. P. de; SANTOS, A. A. dos; CARDOSO, M. J.; WATT, E. E. Nota sobre a ocorrência de uma inflorescência ramificada em caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Subsp. unguiculata no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.12, n.1/2, 1981. p.187-193.
- ARAÚJO, J. P. P. de; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P. das; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA FILHO, A. **Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.:** descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1984. 82p (Embrapa-CNPAF. Circular Técnica, 18).
- ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R. F. **Maturação de sementes de milho-doce - Grupo super doce**. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n.2, p. 69-76, 2006. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v28n2/a09v28n2>
- BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botânica Brasilica**, v.12, n.2, p. 145-164, 1998.
- BARROS, A. S. R. Maturação e colheita de sementes. *In: MARCOS FILHO, J., CÍCERO, S. M., SILVA, W. R. Atualização em produção de sementes*. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.107-34.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W.. **Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds**. *Frontiers in Plant Science* v. 4:478; 2013.

- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILROST, H.W.M.; NONOGAKI, H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3. ed., New York: Springer, 2013. 392 p.
- BRADFORD, K.J. 1995. **Water relations in seed germination.** In **Seed Development and Germination** (Eds.) J. Kigel and G. Galili. Marcel Dekker, New York, USA. 1995. p. 351-396.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395p.
- BAILLY, C.. **Active oxygen species and antioxidants in seed biology.** Seed Sci. Res. 14: 93–107 (2004).
- BALESTRAZZI, A.; CONFALONIERI, M.; MACOVEI, A. and CARBONERA, D. Seed imbibition in *Medicago truncatula* Gaertn.: expression profiles of DNA repair genes in relation to PEG-mediated stress. **J. Plant Physiol.** 168: 706–713; 2011.
- BAZIN, J., LANGLADE, N., VINCOURT, P., ARRIBAT, S., BALZERGUE, S., EL-MAAROUF-BOUTEAU, H. and BAILLY, C.. **Targeted mRNA oxidation regulates sunflower seed dormancy alleviation during dry after-ripening.** *Plant Cell* 23:2196–208; 2011.
- BOTELHO, F. J. E.. "**Desempenho fisiológico de sementes de feijão colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento.**" Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, MG (Brazil) 69p (2009).
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R.Q. B. da; ROCHA, de M. R. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural.** v.5, n.2, p.110116, 2000.
- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Ed.) **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: ARTMED, 2004. p.51-67.
- CHATELAIN, E.; HUNDERTMARK, M.; LEPRINCE, O.; LE GALL, S.; SATOUR, P.; DELIGNY-PENNINCK, S.; ROGNIAUX, H.; BUITINK, J.. Temporal profiling of the heat stable proteome during the late maturation of *Medicago truncatula* seeds identifies a restricted subset of late embryogenesis abundant proteins associated with longevity. **Plant, Cell and Environment** 35, 2012. 1440—1455 p.

- CHATELAIN, E.; SATOUR, P.; LAUGIER, E.; VU, B.; PAYET, N.; REY, P. et al.. Evidence for participation of the methionine sulfoxide reductase repair system in plant seed longevity. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 110: 3633–3638; 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento **Levantamento de Safras**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>. Acesso em agosto/2016.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v.14, n.1, p.1-11, 2009.
- DEMIR, I.; ELLIS, R. H.. **Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato**. *Seed Science Research* 2, 81–87; 1992a.
- DEMIR, I.; ELLIS, R. H.. **Development of pepper (*Capsicum annuum*) seed quality**. *Annals of Applied Biology* 121, 385–399; 1992b.
- DEBEAUJON, I., LEON-KLOOSTERZIEL, K.M. and KOORNNEEF, M.. Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in *Arabidopsis*. **Plant Physiol.** 122: 403–414; 2000.
- DURE III, L. S. Seed formation. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 26, p. 259–278, 1975.
- EHLERS, J.D., HALL, A.E. **Cowpea *Vigna unguiculata* L. Walp.**. *Field Crops Research*, 53 (1-3):187-20; 1997.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E. H.. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **J. Exp. Bot.** 41:1167-1174; 1990.
- ELLIS R.H.; PIETRA-FILHO, C. Seed development and cereal seed longevity. **Seed Science Research**. v.2, p.9-15, 1992.
- FARIA, J.M.R., BUITINK, J., VAN LAMMEREN, A.A.M. & HILHORST, H. W. M.. Changes in DNA and microtubules during loss and re-establishment of desiccation tolerance in germinating *Medicago truncatula* seeds. **Journal of Experimental Botany**. 56, 2005. 2119-2130p; 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.
- FRANÇA NETO, J. B. Qualidade fisiológica da semente. In: FRANÇA NETO, J. B., HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica a sanitária da semente de soja**. Londrina, EMBRAPA - CNPSo, 1984. 39p. (EMBRAPA - CNPSo. Comunicado Técnico, 9).
- FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA/EMBRAPA, 1988. p.159-229.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264p. (Circular Técnica, 28).

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento Genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 29-92, 2005.

FREIRE-FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R. & RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

GALLARDO, K. Le Signor C., VANDEKERCKHOVE, J.; THOMPSON, R.D.; BURSTIN, J.. Proteomics of *Medicago truncatula* seed development establishes the time frame of diverse metabolic processes related to reserve accumulation. **Plant Physiol** 133, 2003. 664–682p.

HAY, F. R. ; PROBERT, R. J . Seed maturity and the effects of different drying conditions on desiccation tolerance and seed longevity in foxglove (*Digitalis purpurea* L.). **Annals of Botany** 76, 639–647 , 1995. doi: 10.1006/anbo.1995.1142

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. A protocol to determine seed storage behavior. In: ENGELS, J.M.M; TOLL, J. Rome: **IPGRI**, 1996. 62p. (IPGRI Technical Bulletin n.1).

HUNDERTMARK, M.; BUITINK, J.; LEPRINCE, O.; HINCHA, D. K. The reduction of seed-specific dehydrins reduces seed longevity in *Arabidopsis thaliana*. **Seed Science Research**, v.21, p.165–173, 2011.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. **International rules for seed testing**. Zurich, Switzerland, 2003.

JOOSEN, R. V. L.; KODDE, J.; WILLEMS, L. A. J.; LIGTERINK, W.; VAN DER PLAS, L. H. W.; HILHORST, H. W. M.. **Germinator: a software package for high-throughput scoring and curve fitting of *Arabidopsis* seed germination**. *Plant J.* 62:148–59, 2010.

KAMESWARA, R. N.; APPA; R. S.; MENGESHA, M. H.; ELLIS, R. H.. **Longevity of pearl millet (*Pennisetum glaucum* R.Br.) seeds harvested at different stages of maturity**. *Annals of Applied Biology* 119, 97–103, 1991.

KERMODE, A. R. and BEWLEY, J. D.. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. II. Acquisition of desiccation-tolerance and

germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany** **36**: 1906-1915; 1985.

KUMAR, S.J., PRASAD, S.R., BANERJEE, R. and THAMMINEMI, C.. Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. *Ann. Bot.* 116: 663–668, 2015.

KIGEL, J. & GALILI, G. 1995. **Seed development and germination**. Marcel Dekker Inc, New York.

LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; FERREIRA, R. C. Acúmulo de matéria seca em plantas de soja durante os estádios reprodutivos e qualidade fisiológica de sementes colhidas em diferentes fases do desenvolvimento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 153-162, 2000.

LEPINIEC, L.; DEBEAUJON, I.; ROUTABOUL, J. M.; BAUDRY, A; POURCEL, L.; NESI, N. and CABOCHE, M.. Genetics and biochemistry of seed flavonoids, *Annu. Rev. Plant Biol.* 57 (2006) 405–430.

LEPRINCE, O.; PELLIZZARO, A.; BERRIRI, S. and BUITINK, J.. **Late seed maturation: drying without dying**. *J. Exp. Bot.* 2016: erw363v1-erw363. doi: 10.1093/jbx/erw363

LIMA, C. J. G.S.; OLIVEIRA, F.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M.K.T.; JÚNIOR, A. B.A. Resposta do feijão-caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, v. 2, n.2, p.79–86, 2007.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168 p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil, terrestres, aquáticas e tóxicas**. 3. ed. São Paulo: Plantarum. 640 p. 2000.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ. 495p. 2005.

MARCOS FILHO, J. Deterioração em sementes. Tecnologia de sementes – ESALQ. Piracicaba – São Paulo, 2013. Disponível em:

<http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv5717/Deterioracao%20PG%202013.pdf>. Acesso em 17 set, 2015.

MAYER, A. M. & POLJAKOFF-MAYBER, A.. **The germination of seeds**. Pergamon Press, Oxford. 1979.

MENDES, A. M. S.; FIGUEIREDO, A. F.; SILVA, J. F.. Crescimento e maturação dos frutos e sementes de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 133-141, 2006.

MOORE, J.P.; LE NT, BRANDT, W.F.; DRIOUICH, A.; FARRANT, J.M.. Towards a systems-based understanding of plant desiccation tolerance. **Trends Plant Sci.** 14, 2009. 110-107p.

MORAIS, O. M.. **Época de colheita e método de trilha e suas relações com a produção e a qualidade de sementes de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. v, 89 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002.

NAGEL. M., KRANNER, I., NEUMANN, K., ROLLETSCHECK, H., SEAL, C.E. COLVILLE, L., et al.. Genome-wide association mapping and biochemical markers reveal that seed ageing and longevity are intricately affected by genetic background and developmental and environmental conditions in barley. **Plant Cell Environ.** 38: 1011–1022, 2015.

NAKAGAWA, J., ZUCARELI, C., CAVARIANI, C., & GASPAR-OLIVEIRA, C. M.. Maturação de sementes de mucuna-preta. **Bioscience Journal**, v. 23, n.1 , 2007.

NG, N. Q. Recent developments in cowpea germplasm collection, conservation, evaluation and research at the genetic resources unit, IITA. Ng, N. Q.; MONTI, L. M. Ed. Cowpea genetic resources. **Amarin Printing** , p. 13-29, 1990.

NGUYEN, T. P.. **Seed dormancy and seed longevity, from genetic variation to gene identification**. PhD Thesis. Utrecht University, Utrecht, 140p, 2014.

NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O.; TORRES, S. B. e LEAL, C. C. P.. Physiological maturation of cowpea seeds. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 3, p. 312-317, 2014.

OLIVEIRA, G. P.. **Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertação de Mestrado, UESB, Bahia, 2012.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F. e VIEIRA, H. D.. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Inter Ciencia Place**, v. 2, n. 4, p. 1-21, 2009.

OLUWATOSIN, O. B. Genetic and environmental variability in starch, fatty acids and mineral nutrients composition in cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp). **Journal Science Food Agriculture**. p.1-11, 1998.

- ONOFRE, A. V. C. **Diversidade genética e avaliação de genótipos de feijão-caupi contrastantes para resistência aos estresses bióticos e abióticos com marcadores SSR, DAF e ISSR**. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 2008.
- OSBORNE, D.J.. DNA and desiccation tolerance. **Seed Sci. Res.** 4: 175–185; 1994;
- PEDALINO, M.; DURZO, M. P.; DELLEDONNE, G.; GRILLO, S.; RAO, R. The structure of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) America seed storage proteins. **Seed Science Technology**. v. 20, p. 223-231, 1992.
- PRIETO-DAPENA, P., CASTAÑO, R., ALMOGUERA, C. and JORDANO, J.. Improved resistance to controlled deterioration in transgenic seeds. **Plant Physiol.** 142: 1102–1112 , 2006.
- PROBERT, R.; ADAMS, J.; CONEYBEER, J.; CRAWFORD, A. and HAY, F.. Seed quality for conservation is critically affected by pre-storage factors. **Australian Journal of Botany** 55, 326–335; 2007.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN. 289 p. 1985.
- QUIN, F. M. Introduction. In: SING, B. B. et al. (Eds.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA-JIRCAS, 1997. p. 9-15.
- RAJJOU, L. and DEBEAUJON, I.. Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. **C. R. Biol.** 331: 796– 805; 2008.
- RAJJOU, L.; DUVAL, M.; GALLARDO, K.; CATUSSE, J.; BALLY, J.; JOB, C.; et al.. Seed germination and vigor. **Annu. Rev. Plant Biol.** 63, 507–533; 2012.  
10.1146/annurev-arplant-042811-105550
- RIGHETTI, K.; VU, J.L.; PELLETIER, S.; VU, B.L.; GLAAB, E.; LALANNE, D. et al. Inference of Longevity-Related Genes from a Robust Coexpression Network of Seed Maturation Identifies Regulators Linking Seed Storability to Biotic Defense-Related Pathways. **Plant Cell**, 18p., 2015.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, C. E.; BENSON, G. O. How a soybean plant develops. **Ames: Iowa State University of Science and Technology**, 20 p., 1994.
- ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J.; MINCHIN, F. R.; STEWART, K. A.; NDUNGURU, B. J. **Effects of air temperature on seed growth and maturation in cowpea (*Vigna unguiculata*)**. *Annals of Applied Biology, Cambridge*, v. 90, n. 3, p. 437-446, 1978.
- ROBERTS, E.H.. Predicting the storage life of seeds. **Seed Sci. and Technol.** 1:499-514, 1973.]



ROCHA, F.M.R. da; MOUSINHO, S. F.; FREIRE FILHO, F. R. SILVA, S. M. de S. E; BEZERRA, A. A. de C. Aspectos da biologia floral do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI,5 201, Teresina.

**Avanços tecnológicos no feijão caupi:** anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 27-29. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).

ROCHA, F. da. G. D. **Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica na fase vegetativa.** 2001; 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SANHEWE, A. J.; ELLIS, R. H. **Seed development and maturation in *Phaseolus vulgaris*. I. Ability to germinate and to tolerate desiccation.** Journal of Experimental Botany, London, v. 47, p. 949-958, 1996a.

SANHEWE, A.J. and ELLIS, R.H.. **Seed development and maturation in *Phaseolus vulgaris* .2. Post- harvest longevity in air-dry storage.** *Journal of Experimental Botany* 47, 959–965; 1996b.

SANO, N.; RAJJOU, L.; NORTH, H.M.; DEBEAUJON, I.; MARION-POLL, A. and SEO, M.. Staying alive: molecular aspects of seed longevity. **Plant Cell Physiol** 57: 660–674; 2015.

SEAB – Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento. Feijão – Análise da Conjuntura Agropecuária. Departamento de Economia Rural – Paraná, 2015.

Disponível em:

[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/ feijao\\_2015\\_16.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/ feijao_2015_16.pdf). Acesso em 15 de julho/2016.

SHEN-MILLER, J. Sacred lotus, the long-living fruits of China Antique. **Seed Sci. Res.** 12: 131–143; 2002.

SINNIAH, U. R.; ELLIS, R. H.; JOHN, P.. Irrigation and seed quality development in rapid-cycling *Brassica*: seed germination and longevity. **Annals of Botany** 82, 309–314, 1998. doi: 10.1006/anbo.1998.0748

SILVA, A. C. **Características agronômicas e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 84f. 2011.

SILVA, K. J. D. E. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2009. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=34241>>. Acesso em: 26 dez. 2014.

SIMON, M.V.; BENKOISEPPON, A.M.; RESENDE, L.V.; WINTER, P.; KAHL, G. Genetic diversity and phylogenetic relationships in *Vigna Savi* germplasm revealed by DNA amplification fingerprinting (DAF), **Genome**, v.50, p.538547, 2007.

SINGH, B. B. Cowpea breeding at IITA: Highlights of advances impacts. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio**: Anais.Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. (Embrapa Meio-Norte, Documentos, 121) 1 CD-ROM.

SOBRAL, L.S.; BRUNETTO, R.S.; BELOTTI, A.; BATASSARE, A.M. **Maturação fisiológica de sementes de angico-vermelho (*Parapiptadenea rigida* (Benth.)**

**Brenan) -Fabaceae 2006**. Disponível em:

<http://www.unochapeco.edu.br/static/files/trabalhos-anais/Pesquisa/Ci%C3%AAncias%20Ambientais/Lucia%20Salengue%20Sobral.pdf>.

Acesso em: 10 de set. 2015.

TEIXEIRA, F. P.. **Desenvolvimento de sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pres.** 2016. Dissertação de Mestrado, UFLA, Lavras, 2016.

TEÓFILO, E. M.; PAIVA, J. B.; MEDEIROS FILHO, S. Polinização artificial em Feijão-caupi. (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25 n.1, p.220223, 2001.

VERDIER, J.; LALANNE, D.; PELLETIER, S.; TORRES-JEREZ, I.; RIGHETTI, K.; BANDYOPADHYAY, K. et al. A regulatory network-based approach dissects late maturation processes related to the acquisition of desiccation tolerance and longevity of *Medicago truncatula* seeds. **Plant Physiology**, v. 163, p. 757-774, 2013.

VIEIRA, R.V. **Comparação entre métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)** Lavras: ESAL, 1996. (Tese Mestrado).

VILARINHO, A. A. **BRS Guariba – cultivar de feijão-caupi de alto desempenho em Roraima**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em:

<[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_4/novaera/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/novaera/index.htm)>. Acesso em: 28 dez. 2014.

ZANAKIS, G.N.; ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J. Seed quality in relation to seed development and maturation in three genotypes of soybean (*Glycine max*).

**Experimental Agriculture**, Oxford, v.30, p.139-156, 1994.

WALTERS, C.. Levels of recalcitrance in seeds. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.** 12, 2000. 7-21p.

WATT, E. E. **First annual report on the EMBRAPA/IITA - Cowpea Program in Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1978. 55 p.

WATERWORTH, W.M.; BRAY, C.M. and WEST, C.E.. The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. **J. Exp. Bot.** 66: 3549–3558; 2015.

YOKOYAMA, L.P.; WETZEL, C.T.; VIEIRA, E.H.N.; PEREIRA, G.V. Sementes de feijão: produção, uso e comercialização. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. (Eds.). **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2000; p.249- 270.