

HAYNNA FERNANDES ABUD

**CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS, HISTOQUÍMICA E QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PIMENTA DURANTE A MATURAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A165c  
2013

Abud, Haynna Fernandes, 1985-

Caracterização de frutos, histoquímica e qualidade fisiológica de sementes de pimenta durante a maturação / Haynna Fernandes Abud. – Viçosa, MG, 2013.  
x, 93 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Eduardo Fontes Araújo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Capsicum frutescens* L. 2. *Capsicum chinense* Jacq.

3. Pimenta - Maturação. 4. Sementes - Qualidade.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.84

HAYNNA FERNANDES ABUD

**CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS, HISTOQUÍMICA E QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PIMENTA DURANTE A MATURAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 16 de julho de 2013.

---

Sanzio Mollica Vidigal

---

Denise Maria Trombert de Oliveira

---

Edgard Augusto de Toledo Picoli  
(Coorientador)

---

Roberto Fontes Araujo  
(Coorientador)

---

Eduardo Fontes Araujo  
(Orientador)

*A DEUS.*

*Aos meus pais Habib e Terezinha.*

*Aos meus irmãos Sayd e Karynn.*

*DEDICO.*

*“Ninguém é suficientemente perfeito, que não possa aprender com o outro, e ninguém é totalmente desprovido de valores, que não possa ensinar algo ao seu irmão.”*

São Francisco de Assis

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, oportunidades, forças e discernimento durante toda a minha vida, sempre me conduzindo pelos caminhos corretos.

Aos meus pais, Habib e Terezinha pelo amor, atenção, dedicação, ensinamentos. Ao meu irmão, Sayd Abud, por todos os momentos compartilhados, toda amizade, carinho, atenção e principalmente por almejar tanto quanto eu meu sucesso profissional. A minha irmã Karynn Abud, que já é motivo de muitas alegrias. A minha família por compreender a ausência no dia-a-dia, pelo incentivo e amor.

Ao José Gilson, por toda atenção e carinho, apoio, pelos ensinamentos e por contribuir para meu crescimento pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Fitotecnia, ao Departamento de Botânica, e a todos os professores que fizeram parte da minha vida formação acadêmica.

Ao professor Eduardo Fontes Araujo, pela orientação, atenção, dedicação, ensinamentos, paciência e amizade.

Aos coorientadores Roberto Fontes Araujo, Edgard Picoli e Cleide Maria Ferreira Pinto por todos os ensinamentos e colaboração com a pesquisa.

À professora e amiga Maria Izabel Gallão por toda contribuição e amizade desde a época da graduação.

À professora Denise Trombert e ao Dr. Sanzio Vidigal pelas sugestões e colaboração com o trabalho.

Aos colegas de laboratório, Carminha, José Eduardo, Cezinha, João, Hugo Tiago, Fabricio, Valquíria, e em especial a Vinicius, Martha e Jussara.

Aos colegas do Laboratório de Anatomia Vegetal, em especial a Sara Galvão, Lays Nery.

Aos amigos Nayara Roberto, Diego Pereira, Magnum Pereira, Rodrigo de Góes e Alan Bernard, que mesmo a distância, contribuem muito com o meu crescimento profissional.

Às colegas de república, Larisse Freitas e Maria Fernanda pelos bons momentos compartilhados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro com a bolsa de doutorado.

A FAPEMIG pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

## **BIOGRAFIA**

Haynna Fernandes Abud, filha de Habib Rodrigues Abud e Terezinha Fernandes Oliveira, nasceu em Fortaleza, no estado do Ceará em 29 de abril de 1985.

Em 2003, iniciou o curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal do Ceará (UFC), graduando-se em 2007.

Em 2008, iniciou o mestrado no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, Ceará. Em 2010, recebeu o título de Mestre em Agronomia, área de concentração Fitotecnia.

Ainda em 2010, ingressou no curso de Doutorado do programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais. Foi aprovada no exame de qualificação, em 10 de outubro de 2011 e submeteu-se a defesa de tese de doutorado em 16 de julho de 2013.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1- INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2- OBJETIVO GERAL .....	3
3- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
4- REVISÃO DE LITERATURA.....	4
4.1- Espécie .....	4
4.2- Caráter alimentar e condimentar .....	5
4.3- Caráter ornamental .....	8
4.4- Caráter medicinal .....	10
4.5- Maturação fisiológica.....	11
4.6- Histoquímica .....	13
5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15
CAPÍTULO I.....	
Caracterização Morfométrica dos Frutos de Pimentas Malagueta e Biquinho em Diferentes Estádios de Maturação.....	23
RESUMO .....	23
ABSTRACT .....	24
1- INTRODUÇÃO .....	25
2 - MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4- CONCLUSÕES .....	38
5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
CAPÍTULO II .....	

Qualidade Fisiológica Durante a Ontogênese de Sementes de Pimentas Malagueta e Biquinho.....	43
RESUMO .....	43
ABSTRACT.....	44
1- INTRODUÇÃO.....	45
2- MATERIAL E MÉTODOS .....	47
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4- CONCLUSÃO.....	58
5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
CAPÍTULO III.....	
Alterações Histoquímicas Durante a Ontogênese de Sementes de Pimentas Malagueta e Biquinho .....	63
RESUMO .....	63
ABSTRACT.....	64
1- INTRODUÇÃO.....	65
2- MATERIAL E MÉTODOS .....	67
2.1 - Caracterização morfológica das sementes .....	68
2.2 - Análises histoquímicas .....	68
2.3- Registro de imagens.....	70
2.4 - Determinação química da quantidade de proteína e lipídeos .....	70
3- RESULTADOS .....	71
4- DISCUSSÃO .....	81
5- CONCLUSÕES .....	85
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
ANEXO.....	93

## RESUMO

ABUD, Haynna Fernandes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Caracterização de frutos, histoquímica e qualidade fisiológica de sementes de pimenta durante a maturação.** Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientadores: Roberto Fontes Araujo, Edgard Augusto de Toledo Picoli e Cleide Maria Ferreira Pinto.

Objetivou-se avaliar o processo de maturação fisiológica de sementes das pimentas malagueta (*Capsicum frutescens* L.) e biquinho (*Capsicum chinense* Jacq.). Durante o florescimento, as flores em antese foram etiquetadas diariamente até ser obtido número de frutos/sementes suficiente para as avaliações propostas. Foram coletados frutos de pimenta aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a antese (DAA). No primeiro experimento, foram realizadas determinações morfométricas, em uma amostra de 30 frutos, mensurando-se a massa, o comprimento, o diâmetro dos frutos, bem como a espessura do pericarpo. Os coeficientes de correlação de Pearson foram estimados entre as quatro variáveis analisadas. A massa de matéria seca também foi determinada, utilizando-se quatro repetições de 10 frutos. No segundo experimento, para determinar a qualidade fisiológica em diferentes épocas de maturação, as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, a massa de matéria seca, peso de mil sementes, germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado. E no terceiro experimento, utilizou-se Azul de Toluidina, Xylidine Ponceau, PAS, Lugol e Vermelho de Rutênio, Floroglucina Ácida e Sudam III para detecção dos compostos estruturais e de reserva das sementes. Os frutos das pimentas malagueta e biquinho apresentam alterações de coloração dos 25 aos 40 DAA e alterações de turgescência após a maturidade fisiológica. Existe correlação positiva entre as variáveis massa, comprimento, diâmetro e espessura do pericarpo para as duas espécies. Ocorrem acréscimos nos valores das variáveis morfométricas até determinada época de maturidade e, a partir de 43 DAA e 65 DAA, respectivamente, são observadas reduções. A qualidade fisiológica das sementes das duas espécies é máxima aos 70 DAA, indicando que esta é a melhor época de maturação para a colheita das sementes, quando os frutos apresentam a cor vermelha.

Por meio das análises histoquímicas, verificou-se que as proteínas e os lipídeos constituem os principais compostos de reserva das sementes de pimentas malagueta e biquinho. Estes compostos são depositados durante a ontogênese das sementes e são compartimentalizados em corpos protéicos e lipídicos, estocados no embrião e endosperma. O acúmulo de reservas protéicas ocorre desde os primeiros estádios de maturação, no citoplasma das células do endosperma. Nas células do embrião, as reservas são acumuladas em estádios mais tardios da maturação, a partir dos 55 DAA. O amido foi observado apenas aos 25 DAA, constituindo uma fonte transitória de reserva para o desenvolvimento do embrião.

## ABSTRACT

ABUD, Haynna Fernandes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **Characterization of fruits, histochemistry and physiological quality pepper seeds during maturation.** Adviser: Eduardo Fontes Araujo. Co-adviser: Roberto Fontes Araujo, Edgard Augusto de Toledo Picoli and Cleide Maria Ferreira Pinto.

This study aimed to evaluate the process of seed physiological maturity of *malagueta* (*Capsicum frutescens* L.) and *biquinho* (*Capsicum chinense* Jacq.) peppers. During flowering, the flowers in anthesis were tagged daily until being obtained the sufficient number of fruits/seeds to the proposed evaluations. Pepper fruits were collected at 25, 40, 55, 70, 85 and 100 days after anthesis (DAA). In the first experiment, morphometric determinations were performed in a sample of 30 fruits, measured the mass, length, fruit diameter and the thickness of the pericarp. The Pearson correlation coefficients were estimated between the four variables analyzed. The dry mass was also determined, using four replicates of 10 fruits. In the second experiment, to determine the physiological maturity at different times of maturation, the seeds were evaluated for water content, the dry weight, 1.000-seed weight, germination, first count, speed index of germination and accelerated aging. In the third experiment, was used Toluidine Blue O, Xylidine Ponceau, Periodic Acid /Schiff (PAS), Lugol, Ruthenium Red, Acid phoroglucine and Sudan III for the detection of structural compounds and of reserves in seeds. The fruits of *malagueta* and *biquinho* present color changes from 25 to 40 DAA and changes in turgor after physiological maturity. There is a positive correlation between variables mass, length, diameter and thickness of the pericarp of both species. Additions occur in the values of morphometric variables until a certain time maturity and from 43 DAA and 65 DAA, respectively, are observed reductions. The physiological quality of seeds of the two species is highest at 70 DAA, indicating that this is the best time of maturation to the harvest of seeds, when the fruits present red color. The histochemical analysis indicated that proteins and lipids are the main reserve compounds of *malagueta* and *biquinho* pepper seeds. These compounds are deposited during ontogenesis of the seeds and are compartmentalized in proteic and lipids bodies stored in the embryo and endosperm. The accumulation of proteic reserves occur from the earliest stages of maturation in the cytoplasm of the

endosperm cells. In the cells of the embryo, the reserves are accumulated in later stages of maturation at 55 DAA. The starch was only observed at 25 DAA, providing a transient source of reserve for developing embryo.

## 1- INTRODUÇÃO GERAL

As espécies de pimenta (*Capsicum* spp.) pertencem à família Solanaceae, produzem frutos geralmente com sabor picante, embora também existam pimentas doces, muito utilizadas na fabricação de páprica. No Brasil, a produção de pimenta é realizada em todas as regiões. Entretanto, os cultivos concentram-se em regiões de clima subtropical, como no Sul, e tropical, como no Norte e Nordeste, com destaque para os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (Pinto et al., 2006); sendo este um dos melhores exemplos de agricultura familiar e de integração do pequeno agricultor com a agroindústria (Reifschneider, 2000).

O centro de origem das pimentas do gênero *Capsicum* spp. é o continente americano. Registros antigos sobre o consumo de pimentas datam de aproximadamente 9000 a.C. e foram encontrados durante expedições arqueológicas no México, tendo sido cultivada pelos nativos indígenas como medicamento (Rufino e Penteado, 2006), e nas regiões andinas do Peru (Nuez et al., 1998). Juntamente com os gêneros *Phaseolus* (feijão) e *Cucurbita* (abóboras), as pimentas foram as primeiras plantas a serem domesticadas nas Américas.

Provavelmente, os primeiros temperos utilizados pelos índios foram as pimentas, para dar aroma, cor e sabor aos alimentos. Além de tornar carnes e cereais mais atraentes, ajudavam a conservar os alimentos, protegendo-os da ação de fungos e bactérias. Com a chegada dos portugueses e espanhóis à América, no século XV, as pimentas e pimentões foram disseminados pelo mundo e hoje fazem parte da culinária típica de vários países (Heiser, 1976; Casali e Couto, 1984; Garcia, 1991). Além de atuarem como conservantes, são ricos em vitamina C, antioxidantes e outras substâncias benéficas ao organismo, prevenindo algumas doenças (Reifschneider, 2000).

No Brasil, a produção de pimenta encontra-se em ascensão devido à versatilidade de suas aplicações na culinária, na indústria, além de sua utilização como planta ornamental e medicinal (Bosland, 1993). As pimentas apresentam elevados teores de vitamina A e C, e têm grande potencial de melhoramento com enfoque nutricional (IBPGR, 1995; Bosland e Votava, 2000; Rêgo et al, 2009a; Rêgo et al., 2009b). Nos Estados Unidos e Europa, é comum a sua utilização como planta

ornamental, em vasos (Bosland e Votava, 2000). Cada tipo de pimenteira, dependendo do uso a que se destina, planta, fruto ou sementes, apresenta características que a faz comercialmente aceitável (Bosland e Votava, 2000; Poulos, 1994; Rêgo et al, 2009a).

A crescente demanda do mercado tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas um dos mais importantes do país (Rufino e Penteado, 2006). Atualmente, parte da produção brasileira de pimentas é exportada como páprica e pasta, além de desidratada, como conservas e também como plantas ornamentais. Em 2005, o volume de exportações de *Capsicum* atingiu 9.222 toneladas, fazendo com que as pimentas fossem posicionadas como a segunda principal hortaliça exportada (Napoleão, 2006).

Poucas companhias de sementes de hortaliças no Brasil comercializam sementes de pimenta e aquelas que o fazem restringem-se a alguns tipos específicos, mais comumente a malagueta, dedo-de-moça e cambuci (chapéu-de-frade). Desse modo, os pimenticultores utilizam no plantio sementes de frutos colhidos na própria lavoura ou, muitas vezes, de frutos adquiridos em mercados e feiras. Ainda é frequente a comercialização de sementes de pimenta pela internet; no entanto, tais sementes são de qualidade variável e duvidosa, normalmente com baixa germinação, vigor e qualidade sanitária, o que compromete o estabelecimento e, conseqüentemente, a produtividade.

Aspectos relacionados à produção e a qualidade das sementes de pimenta são pouco estudados em condições tropicais, o que pode ter importantes conseqüências, como o baixo rendimento, dificuldades de extração e problemas relacionados à qualidade fisiológica das sementes. Desta forma, a avaliação do processo de maturação fisiológica de sementes é imprescindível para a definição do ponto de colheita adequado dos frutos, e obtenção de sementes de qualidade.

## **2- OBJETIVO GERAL**

Avaliar o processo de maturação fisiológica de sementes das pimentas malagueta (*Capsicum frutescens* L.) e biquinho (*Capsicum chinense* Jacq.).

## **3- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar as variações morfométricas decorrentes das alterações físicas durante a maturação dos frutos das pimentas malagueta e biquinho.

Avaliar o processo de maturação das sementes de pimentas malagueta e biquinho, para determinação de características relacionadas à maturidade fisiológica e definição do ponto adequado para a colheita dos frutos.

Identificar e determinar, por meio de análises histoquímicas e químicas, os principais materiais de reserva, tais como carboidratos, lipídios e proteínas, que são depositados nas sementes das pimentas malagueta e biquinho, durante diferentes estádios do desenvolvimento da semente.

## 4- REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1- Espécie

Pimentas do gênero *Capsicum* são classificadas taxonomicamente em: Divisão: Spermatophyta; Filo: Angiospermae; Classe: Dicotiledônea; Ordem: Solanales (Personatae); Família: Solanaceae (Bosland e Votava, 2000). Este gênero é composto por cerca de 35 táxons (espécies e suas variedades), sendo os táxons classificados de acordo com o nível de domesticação das espécies. Segundo Bianchetti e Carvalho (2005), o gênero é constituído por cinco táxons domesticados, cerca de 10 semidomesticados e 20 silvestres.

As diversas espécies de pimenta podem ser diferenciadas a partir de suas características morfológicas, visualizadas nos frutos e, principalmente, nas flores. No Brasil, as espécies mais cultivadas são: *Capsicum frutescens*, *C. chinense*, *C. annuum* e *C. baccatum* (Moreira et al., 2006).

Dentre as pimentas, há uma grande variedade de tipos, nomes, tamanhos, cores e ardumes (pungência). A pungência é uma característica marcante do gênero *Capsicum*, atribuída a substâncias alcaloides. As capsaicinas formam uma classe de substâncias que são responsáveis pela pungência dos frutos de pimenta e estes compostos são sintetizados por glândulas secretoras localizadas na região placentária dos frutos (Mazourek et al., 2009). A quantidade de capsaicinas acumulada nos frutos é variável entre espécies e variedades da mesma espécie (Bosland, 1992).

As pimentas possuem flores perfeitas, ou seja, hermafroditas e sua reprodução ocorre preferencialmente por autofecundação. Entretanto, a quantidade de polinização cruzada pode variar de acordo com a cultivar, local, condições climáticas e população de insetos, entre outros fatores (Tanksley, 1984; Pickersgill, 1997). Odland e Porter (1941) realizaram estudos com *C. frutescens* e verificaram taxas de cruzamento natural variando de 9 a 31,8%, dependendo da cultivar. Desta forma, o isolamento ou a implantação de barreiras naturais entre diferentes cultivares de pimenta torna-se imprescindível para a produção de sementes.

A maioria das cultivares plantadas no Brasil é considerada variedade botânica ou grupo varietal, com características de frutos bem definidas (Ribeiro, 2008). As principais são: *C. frutescens* (malagueta e tabasco), *C. chinense* (pimenta-bode, biquinho, pimenta-de-cheiro, habanero, etc.), *C. annuum* (pimenta-doce, ‘Jalapeño’, ‘Serrano’, ‘Cereja’, etc.), *C. baccatum* var. *baccatum* (dedo-de-moça) e *C. baccatum* var. *praetermissum* (Cumari).

A pimenta malagueta é um arbusto pequeno, sendo uma das pimentas mais conhecidas, consumida e cultivada em praticamente todo o Brasil, sendo a pimenta mais cultivada na Zona da Mata mineira. Sua produção é destinada tanto para o consumo *in natura*, quanto para a fabricação de molhos e conservas. Os frutos são geralmente filiformes, com 1,5 a 3 cm de comprimento e 0,4 a 0,5 cm de largura. São de coloração verde quando imaturos, passando diretamente para coloração vermelha quando maduros. Geralmente existem de dois a cinco frutos por inserção, os quais apresentam elevada pungência (Moreira et al., 2006).

A pimenta biquinho, também conhecida como pimenta-de-bico, é mais consumida na região Norte do país. Comumente, é comercializada em feiras, *in natura* ou preparada artesanalmente, na forma de molhos e conservas. É uma pimenta doce que apresenta frutos pequenos, com formato triangular arredondado, formando um biquinho na sua extremidade, de coloração verde-amarelada e vermelha brilhante quando maduros. Contém em média 25 sementes por frutos (Moreira et al., 2006).

#### **4.2- Caráter alimentar e condimentar**

A capsaicina e di-hidrocapsaicina, os dois principais alcaloides produzidos pelos frutos de pimenta, são acumulados durante o seu crescimento, porém o conteúdo destes compostos decresce com o amadurecimento dos frutos na planta (Contreras-Padilla e Yahia, 1998). Pereira et al. (2008) afirmaram que, com o amadurecimento de frutos de *C. chinense*, foram observados decréscimos no teor de capsaicina e di-hidrocapsaicina. Além disso, os autores sugerem que o aumento da atividade de peroxidases com o decorrer do amadurecimento dos frutos está relacionado com o metabolismo destes alcaloides e seus análogos.

O teor de capsaicina pode oscilar em função de vários fatores, entre os quais o ambiente de cultivo (especialmente temperatura), a posição do fruto na planta e os tratamentos culturais, como adubação, irrigação e controle de pragas e doenças, entre outros (Maillard et al., 1997; Contreras-Padilha e Yahia, 1998; Carvalho et al., 2009).

A Embrapa lançou uma nova cultivar de pimenta dedo-de-moça, ‘BRS Mari’, desenvolvida principalmente para processamento, porém apresenta múltiplos usos, podendo ser destinada tanto ao mercado *in natura*, como para o processamento na forma de molhos líquidos e desidratados em flocos. A sua principal característica é o elevado teor de capsaicina, com aproximadamente 90.000 SHU (Unidades de Calor Scoville). A cultivar ‘BRS Mari’ possui grande potencial para ser utilizada na produção de pimenta calabresa, pois seu elevado conteúdo de capsaicina é altamente desejável para a produção de embutidos e temperos (Carvalho et al., 2009).

Em Roraima, a pimenta é consumida como alimento e condimento pela população indígena e não indígena. A população indígena a utiliza *in natura*, ou processada na forma de molhos, preparando-os sob diversas bases, como água e sal, óleo, azeite, soro-de-leite, etc, além de desidratada e moída, que é popularmente conhecida como “jiquitaia”. A população não indígena, além do hábito de utilização das pimentas como condimento, as utilizam também na forma de doces, servidas como sobremesas, geléias e licor (Nascimento-Filho et al., 2007).

Barbosa et al. (2010) avaliaram padrões morfométricos e usos preferenciais de pimentas *Capsicum* spp. em Roraima, utilizando 182 subamostras. Os morfotipos com frutos de menor peso e alta pungência das espécies *C. chinense* e *C. frutescens*, independente da cor, foram os preferidos dos usuários para produção de molhos e pó de pimenta, conhecido popularmente na região como “jiquitaia”.

Lannes et al. (2007) afirmaram que os frutos menores de *C. chinense* são mais adequados para a produção de produtos desidratados, pois apresentam pericarpo mais fino e maiores concentrações de sólidos solúveis totais. Além de tornar o processo menos dispendioso, uma vez que contém menos água que precisa ser removida durante a secagem. Frutos maiores apresentaram pericarpo mais espesso, o que é importante para seleção de variedades adequadas para venda de frutos frescos, uma vez que estes são mais resistentes a danos durante o manuseio pós-colheita e transporte, além de apresentarem uma aparência mais atrativa. Os autores avaliaram,

também, o teor de capsaicina dos frutos e verificaram que a maior frequência dos acessos analisados, com 27% do total, continha aproximadamente 1,9 mg. g<sup>-1</sup>, o que significa que os frutos são caracterizados como doces ou de baixa pungência. Apenas 2,5% dos acessos foram caracterizados como extremamente pungente, com teor de capsaicina variando de 12 a 14 mg.g<sup>-1</sup>.

Esayas et al. (2011) avaliaram a composição nutricional, conteúdo mineral e fatores antinutricionais de frutos de três variedades de *C. annuum* cultivadas na Etiópia e concluíram que, em média, as cultivares apresentaram 9,0% de umidade, 9,9% de proteína bruta, 27,2% de fibra bruta, 9,96% de óleo. Foram determinados os teores de potássio, que em média foi de 1,7 mg/100g; a concentração de cálcio variou de 27,2 a 54,6 mg/100 g entre as três cultivares, e os teores de ferro apresentaram em média 7,9 mg/100 g. As amostras também apresentaram tanino, mas fitatos não foram encontrados.

Valverde (2011) realizou determinações químicas de pimenta malagueta *in natura* e processada e observou que o teor de água e a porcentagem de cinzas estão de acordo com os encontrados na tabela de composição de alimentos (IBGE, 1996). O teor de água reduziu consideravelmente com o processamento, onde na pimenta *in natura* era de 29,4% e na processada chegou a 15,3%. Quanto aos teores de proteínas e lipídios, não houve diferença entre as duas formas. Para o teor de ácido ascórbico, verificou-se a perda de 88,06% da pimenta *in natura* para a pimenta processada em conserva. Simmone et al. (1997) afirmaram que diversos fatores podem influenciar as perdas de ácido ascórbico, tais como as variações nos cultivares, genética, maturidade, fertilização, condições ambientais e também o processamento dos frutos.

Em três cultivares de *C. annuum* foram determinados os teores de carotenoides, as concentrações de vitamina A e a perda de sua atividade após o cozimento. Os autores afirmaram que as três cultivares apresentam o mesmo perfil de carotenoides, sendo nove tipos identificados: fitoflueno, alfa-caroteno, beta-caroteno, *cis*-zeta-caroteno, 5,6,5',6'-diepóxi-beta-caroteno, 5,6,5',6'-diepóxi-criptoxantina, beta-criptoxantina, luteína e violaxantina. O alfa e o beta-caroteno foram os principais carotenoides que contribuíram com a atividade pró-vitamínica A. Os teores de vitamina A variaram entre 23,17 e 48,7 retinol/100 g para amostras *in natura*. Devido à sensibilidade dos carotenoides ao calor, após o cozimento durante 10

minutos, os valores de vitamina A foram menores, variando entre 18,22 e 36,27, com reduções entre 21,08 e 30,80% (Bianchini e Penteado, 1998).

Quanto maior o teor de carotenoides presente nos frutos, mais intensa será a coloração do pó da páprica. Casali e Stringueta (1984) afirmaram que a maioria dos pigmentos são carotenoides, como capsantina, capsoburina,  $\beta$ -caroteno, zeaxantina e criptoxantina, por ordem de importância. Em frutos maduros de *C. annuum*, o principal carotenoide encontrado  a capsantina (Suzuki et al., 2007). Os autores afirmaram que os pericarpos dos frutos de 13 cultivares analisados apresentam em torno de 40 a 60% do total de carotenoides presentes. Altos níveis de carotenoides, como a capsantina e zeaxantina, são características desejáveis em programas de melhoramento (Hornero-Mendez et al., 2000). Foi observado uma forte correlao positiva ( $r = 0,9603$ ) entre o  $\beta$ -caroteno e capsantina, na proporo de 1:10.

#### **4.3- Caráter ornamental**

Dentre as plantas ornamentais em vasos, as pimentas vêm se destacando pela crescente aceitao pelo mercado consumidor, fazendo a diferença na variedade de produtos das floriculturas (Rêgo et al., 2009a). Alguns tipos de pimentas do gênero *Capsicum* apresentam potencial para utilizao como plantas ornamentais, por possrem caracteres que conferem valor esttico, como folhagem variegada, pequeno porte, frutos de colorao intensa que contrastam com a folhagem (Carvalho et al., 2006) e também por serem de fácil cultivo e possrem grande durabilidade.

Um fator peculiar para uso ornamental  sua capacidade de crescer em recipientes, como vasos, e manter características de planta perene. No paisagismo, elas podem atingir um porte maior do que em vasos, principalmente se os vasos forem recipientes pequenos, que limitam o crescimento radicular e aéreo. Cultivares ornamentais são usadas principalmente para decorao, porém seus frutos podem ser utilizados para confeco de conservas ou serem desidratados (Witt, 1999).

No Brasil, são poucas as variedades comerciais destinadas a este propósito, embora os bancos de germoplasma de *Capsicum* possuam em seu acervo acessos que podem ser utilizados no melhoramento genético com objetivo de criar novas cultivares de pimentas ornamentais. Luz (2007) encontrou grande variabilidade entre acessos de *C. chinense* avaliados por meio de descritores morfológicos e com

potencial de uso desse germoplasma em programas de melhoramento. A Embrapa Clima Temperado mantém, desde 2003, um Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*, o qual conserva acessos de *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*.

Elizas Raibow (UFPB 1) é uma nova cultivar de pimenteira ornamental envasada, que apresenta frutos de coloração lilás, obtida de acesso pertencente ao banco de germoplasma da Universidade Federal da Paraíba (Rêgo et al., 2011). Paralelamente ao potencial ornamental, a qualidade dos frutos mostrou-se adequada para o consumo *in natura*. As sementes deste programa de melhoramento já foram disponibilizadas aos agricultores de algumas comunidades de Areia-PB.

Sudré et al. (2005) publicaram um estudo de distância genética entre 56 acessos de pimenta e pimentão. Os frutos analisados pertenciam à Coleção de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Os autores utilizaram técnicas multivariadas e indicaram, dentre todos os acessos analisados, aqueles que apresentaram características interessantes destinadas ao uso ornamental.

Neitzke et al. (2010), estudando a dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental, utilizaram 17 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*, da Embrapa Clima Temperado, caracterizando-os morfológicamente com 8 descritores quantitativos e 22 descritores qualitativos. Os autores afirmam que a utilização conjunta da caracterização baseada em descritores quantitativos e qualitativos, possibilita uma interpretação mais fidedigna da dissimilaridade genética e permite melhor direcionamento dos cruzamentos em *Capsicum*. Alguns acessos apresentaram características peculiares, como a variedade de *C. annuum* (P77), pela alta concentração de antocianina na planta, o que lhe condiciona cor violeta nas folhas, corola e nos frutos imaturos, permitindo indicá-lo como acesso ornamental.

Em estudo semelhante, Büttow et al. (2010) caracterizaram divergência genética entre os acessos de *C. annuum* do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado. Foram caracterizados 20 acessos com base em 36 descritores morfológicos multicategóricos. O estudo evidencia a existência de variabilidade genética moderada entre os 20 acessos avaliados e apresenta acessos com características ornamentais, tais como plantas compactas, frutos eretos que se

destacam com a folhagem e frutos que passam por diversas cores durante o processo de maturação (acessos P7, P22, P39 e 77), os quais podem ser incorporados em programas de melhoramento.

Monteiro et al. (2010) avaliaram a diversidade genética entre 23 acessos de espécies cultivadas de pimentas do gênero *Capsicum* pertencentes ao banco ativo de germoplasma da Universidade Federal do Piauí e observaram a existência de variabilidade entre os acessos, sendo possível a utilização deles em programas de melhoramento, como plantas ornamentais. Outra possibilidade é a utilização dos frutos *in natura*, ou como molhos ou conservas.

Em Roraima, a venda de pequenos vasos com mudas de plantas ornamentais, com nome popular de “pimenta-de-mesa” é evidenciada como uma forma de uso das pimentas. Em geral, as plantas da espécie semi-domesticada *C. annum* v. *glabriusculum*, devido seu porte e beleza, são usadas na decoração ou como talismã contra o mal olhado (Nascimento-Filho et al., 2007).

#### **4.4- Caráter medicinal**

O mecanismo de ação da capsaicina tem sido extensivamente estudado, sendo a esse composto atribuídos efeitos farmacológicos. Nos últimos 20 anos, várias pesquisas têm sido realizadas com a finalidade de determinar aplicações clínicas específicas em humanos, como no trato gastrointestinal, na perda de peso, e no seu uso como analgésico. Porém, a pungência dos frutos ainda é um fator limitante no tratamento clínico. Moléculas análogas, não-pungentes, têm sido desenvolvidas para possíveis aplicações em tratamentos clínicos, mas ainda é necessária a realização de ensaios para o uso em tratamentos farmacológicos (Reyes-Escogido et al., 2011).

Os capsaicinoides estão sendo utilizados na composição de medicamentos para aliviar dores musculares, reumáticas, inflamações, queimaduras, nevralgias, torcicolo, entre outras (Bianchetti e Carvalho, 2005).

A capsaicina também tem sido incluída em pesquisas que visam o tratamento do alívio de dor neuropática, embora possa ocasionar alguma irritação na pele (Reyes-Escogido et al., 2011). Os autores afirmaram que este composto também tem sido utilizado para tratar a dor de erupções cutâneas, psoríase e doenças na bexiga.

Outro grande efeito farmacológico da capsaicina foi identificado há quase 20 anos, quando se descobriu que ela reduziu o tecido adiposo em roedores, por maiores gastos de energia e aumento do metabolismo lipídico, possivelmente aumentando a secreção de catecolaminas (adrenalinas e noradrenalina) da medula adrenal em resposta à ativação do sistema nervoso simpático (Kawada et al., 1986; Watanabe et al., 1987). Essas pesquisas têm ajudado a sustentar as investigações sobre os possíveis efeitos terapêuticos e mecanismos de tratamento da obesidade por meio da capsaicina (Reyes-Escogido et al., 2011).

A capsaicina também é utilizada como analgésico na odontologia, pois provoca a liberação de endorfinas (morfinas endógenas), atuando sobre a fisiopatologia da dor, sendo empregada no tratamento da dor orofacial crônica, da dor pós-herpética e da dor por desafferentação (Grégio et al., 2008).

Em estudo sobre os hábitos e formas de usos da pimenta em Roraima, Nascimento-Filho et al. (2007) evidenciaram que o uso simbólico e medicinal da pimenta pelos índios de Roraima é muito amplo, sendo utilizada a pimenta malagueta (*C. frutescens*) para curar oftalmia, febre e até malária. Os autores afirmaram que ocorre a utilização da pimenta *in natura*, verdes, maduras e secas, pela população indígena e não indígena.

Carvalho et al. (2010) avaliaram a atividade antibacteriana *in vitro* de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) sobre quatro bactérias toxinfecivas alimentares. Dentre as plantas analisadas, a pimenta calabresa (“pool” *Capsicum* sp), pimenta-de-jardim (*C. annuum*), pimenta dedo-de-moça (*C. baccatum*) e pimenta malagueta (*C. frutescens*) apresentaram atividades de inibição e inativação seletivas, em ordem decrescente, para salmonela, coliforme fecal, enterococo e estafilococo. A pimenta cambuci (*C. baccatum*) e os pimentões (*C. annuum*) amarelo, verde e vermelho, não apresentaram qualquer atividade. Assim, as pimentas pungentes podem constituir um fator de proteção, quando agregadas às formulações e preparações alimentares.

#### **4.5- Maturação fisiológica**

A maturação compreende todas as mudanças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e funcionais que ocorrem desde a fecundação do óvulo até o momento da colheita (Berger et al., 2008; Hehenberger et al., 2012). O teor de água do óvulo,

após a fertilização, geralmente aumenta por alguns dias e então começa a decrescer progressivamente, à medida que a semente se desenvolve, até que se estabeleça um equilíbrio com o meio.

Durante a maturação das sementes, o fruto sofre várias transformações químicas e físicas, como mudança de coloração, perda de água, diminuição da massa específica, ocorrendo também acúmulo de substâncias de reservas, tais como compostos orgânicos solúveis, óleos e proteínas (Tadesse et al., 2002; Taiz e Zeiger, 2009).

As pimenteiros são plantas com floração contínua e, assim, na época da colheita, apresentam frutos e sementes em diversos estádios de desenvolvimento e maturação, o que dificulta a determinação da época ideal de colheita para a obtenção de sementes de alta qualidade (Nascimento et al., 2006; Vidigal et al., 2009b). A idade e a coloração dos frutos de pimenta são, atualmente, as principais características empregadas para identificar a maturidade fisiológica das sementes e do ponto ideal para a colheita (Vidigal et al., 2011).

A maturidade fisiológica é acompanhada por mudanças visíveis no aspecto externo, sendo as principais alterações verificadas no tamanho, formato típico da cultivar e na coloração dos frutos. Em algumas cultivares, a colheita pode ser iniciada aproximadamente aos 60 dias após o florescimento ou quando mais de 80% dos frutos estiverem mudando de cor. Esta alteração indica que as sementes atingiram o ponto de maturidade fisiológica, quando são observados níveis máximos de germinação e vigor e níveis mínimos de deterioração (Freitas et al., 2008).

Estabelecer o momento apropriado da colheita do fruto para extração das sementes, o período que o fruto tolera na planta sem prejuízos à qualidade das sementes e mesmo o período de tolerância dos frutos após a colheita, em razão do seu grau de maturação, pode auxiliar a racionalização do processo de extração de sementes (Silva et al., 2009). Vidigal et al. (2009a) verificaram que colheitas precoces (40 dias após antese) de frutos de pimenta não são benéficas à qualidade fisiológica das sementes, mesmo quando associadas a um período de armazenamento pós-colheita dos frutos por até 15 dias. Para frutos colhidos aos 50 dias após a antese, o armazenamento pós-colheita por 12 dias foi imprescindível, enquanto que, para a colheita a partir dos 60 dias, não foi necessário o armazenamento dos frutos para obtenção de sementes de elevada qualidade fisiológica.

Diversos estudos já foram realizados para determinação do estágio ideal de colheita dos frutos carnosos, como para abóbora italiana (Alvarenga et al., 1991), mamão (Tokuhisa et al., 2008), tomate (Vidigal et al., 2006; Dias et al., 2006a; Dias et al., 2006b), pimenta ‘Amarela comprida’ (Vidigal et al., 2009a; Vidigal et al., 2009b; Vidigal et al., 2011) e pimenta habanero (Queiroz et al., 2011).

Durante o processo de maturação das sementes, além do estudo da qualidade fisiológica, existe a necessidade da sua caracterização, baseando-se principalmente em caracteres morfológicos e anatômicos, como tamanho, coloração, consistência do tegumento (seco ou carnosos - sarcotesta), número de tegumentos, posição da camada mecânica no tegumento (testal ou tégmica), presença de material de reserva (albuminosa ou exalbuminosa), tipo de endosperma (nuclear, celular ou helobial), tipo de estrutura de armazenamento de reservas (cotilédones, endosperma ou perisperma), presença de apêndices e estruturas especiais (asa, pêlo, arilo, ariloide, carúncula, estrofiolo e elaiossomo), assim como tamanho, formato, número de cotilédones e curvatura do embrião (Corner, 1976; Werker, 1997; Vidal e Vidal, 2000).

Entretanto, muitas dessas características não podem ser examinadas apenas com a observação das sementes maduras, mas apenas pelo estudo da sua ontogênese, ou seja, logo após a fecundação dos óvulos até a completa maturação das sementes.

#### **4.6- Histoquímica**

Histoquímica é um método utilizado para determinação, caracterização e localização dos constituintes celulares, utilizando-se métodos químicos baseados em reações bioquímicas específicas. Estas reações bioquímicas podem ocorrer por meio de ligações eletrostáticas, covalentes ou interações hidrofóbicas. Nas ligações eletrostáticas, o corante ionizado reage com o composto de carga iônica oposta (reação ácido - base). Neste tipo de ligações pode-se observar as reações de acidofilia, basofilia e metacromasia. Nas reações de acidofilia podemos citar o corante Xylidine Ponceau, que é um corante aniônico, usado para evidenciar grupos catiônicos totais, como as proteínas (O’Brien; McCully, 1981). Nas reações de basofilia o composto acidófilo, carregado negativamente (aniônico) reage com um corante catiônico. A reação de metacromasia é caracterizada pela modificação no

espectro de absorção de alguns corantes básicos, quando se ligam a polímeros polianiônicos. O Azul de Toluidina é um corante catiônico, utilizado para detecção de basofilia e basofilia metacromática (O'Brien, 1964).

Nas ligações covalentes, o princípio químico ainda não está esclarecido. Como exemplo deste tipo de reação pode-se citar a reação do PAS (Periodic Acid Schiff), que é utilizada para detecção de polissacarídeos neutros, como amido, celulose e hemicelulose (McManus, 1948).

Nas interações hidrofóbicas, ocorrem reações específicas para lipídios não polares, como Sudan Black e Sudan III, entre outros.

Outra reação importante utilizada para caracterização histoquímica é o teste de Lugol, utilizado para identificar a presença de amido pela reação entre o substrato e o reagente, que possui em sua constituição iodo e iodeto de potássio. A floroglucina ácida (Jensen, 1962), utilizada para detecção de lignina, é um método que fundamenta-se na reação com o floroglucinol, produzindo uma coloração avermelhada.

Diversas pesquisas utilizando as técnicas histoquímicas, têm sido realizadas com o intuito de caracterização estrutural e química, principalmente. Karihaloo e Malik (1996) descreveram a epiderme de sementes de *Solanum melogena* e *S. violaceum* em vários estádios de desenvolvimento. Em sementes de *Capsicum annuum*, Chen e Lott (1992) observaram que as proteínas e os lipídeos constituem as principais reservas em sementes maduras e que o amido é ausente.

Algumas características morfoanatômicas e químicas das sementes podem ter apenas valor taxonômico ou representar adaptações ecológicas, mas também podem indicar características fitotécnicas relevantes. A resistência mecânica e a composição química do tegumento podem estar diretamente relacionadas com a dormência tegumentar em algumas espécies (Bewley et al., 2013; Briggs et al., 2005). Análises anatômicas e histoquímicas são comumente utilizadas para determinar e localizar barreiras mecânicas e, ou químicas no tegumento de sementes e assim orientar métodos de quebra de dormência.

Características qualitativas e quantitativas do material de reserva estão relacionadas não só ao potencial de uso, mas também com a longevidade das sementes e condições de armazenamento (Bewley et al., 2013).

## 5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, E.M.; SILVA, R.F.; ARAUJO, E.F.; LEIRO, L.S. Maturação fisiológica de sementes de abóbora italiana. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.147 - 150, 1991.
- BARBOSA, R.I.; MOURÃO JÚNIOR, M.; LUZ, F.J.F. Morphometric patterns and preferential uses of Capsicum peppers in the State of Roraima, Brazilian Amazonia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 477 - 482, 2010.
- BERGER, F., HAMAMURA, Y.; INGOUFF, M.; HIGASHIYAMA, T. Double fertilization - caught in the act. **Trends in Plant Science**, v. 13, n.8, p.664 - 670, 2008.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer. Third Edition. 2013. 392 p.
- BIANCHETTI, L.; CARVALHO, S.I.C. Subsídios à coleta de germoplasma de pimentas e pimentões do gênero Capsicum (Solanaceae). In: WALTER BMT; CAVALCANTI, T.B. (eds). **Fundamentos para coleta de germoplasma vegetal**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 355 - 385. 2005.
- BIANCHINI, R. PENTEADO, M. V. C. Carotenoides de pimentões amarelos (*Capsicum annuum*, L.). caracterização e verificação de mudanças com o cozimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, p. 283 - 288, 1998.
- BOSLAND, P.W. Chiles: a diverse crop. **HortTechnology**, v. 2, p. 6 - 10, 1992.
- BOSLAND, P. W. Breeding for quality in *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, v. 12, p. 25 - 31, 1993.
- BOSLAND, P.W., VOTAVA, E.J. **Peppers: Vegetable and Spice Capsicums**. CAB International, Wallingford, 2000. 204 p.
- BRIGGS, C.L.; MORRIS, E.C.; ASHFORD, A.E. Investigations into seed dormancy in *Grevillea linearifolia*, *G. busifolia* and *G. sericea*: anatomy and histochemistry of the seed coat. **Annals of Botany**, v. 96, n.6, p. 965 - 980, 2005.

- BÜTTOW, M. V.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; HEIDEN, G.; CARVALHO, F. I. F. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p. 1264 - 1269, 2010.
- CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B.; RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A. **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 27p. (Documentos, 94). 2006.
- CARVALHO, S.I.C.; RIBEIRO, C.S.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHEIDER, F.J.B. ‘BRS Mari’: nova cultivar de pimenta dedo-de-moça para processamento. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 571 - 573, 2009.
- CARVALHO, H.H.; WIEST, J.M.; CRUZ, F.T. Atividade antibacteriana in vitro de pimentas e pimentões (*Capsicum* sp.) sobre quatro bactérias toxigenas alimentares. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, p.8 - 12, 2010.
- CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A.A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, v. 10, n. 113, p. 8-10. 1984.
- CASALI, V.W.D.; STRINGHETA, P.C. Melhoramento de pimentão e pimenta para fins industriais. **Informe Agropecuário**, v.10, p. 23 - 25, 1984.
- CHEN, P.; LOTT, J.N.A. Studies of *Capsicum annuum* seeds: structure, storage reserves, and mineral nutrients. **Canadian Journal of Botany**, v. 70, p.518 - 529, 1992.
- CONTRERAS-PADILHA, M.; YAHIA, E.M. Changes in capsaicinoids during development, maturation and senescence of chile peppers and relation with peroxidases activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2075 - 2079, 1998.
- CORNER, E.J.H. **The Seeds of Dicotyledons**. Cambridge University Press, Cambridge, v.1. 1976. 311 p.
- DIAS, D.C.F.S.; RIBEIRO, F.P.; DIAS, L.A.S.; SILVA, D.J.H.; VIDIGAL, D.S. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v. 34, 691 - 699, 2006a.

- DIAS, D.C.F.S.; RIBEIRO, F.P.; DIAS, L.A.S.; SILVA, D.J.H.; VIDIGAL, D.S. Tomato seed quality harvested from different trusses. **Seed Science and Technology**, v. 34, p. 681 - 689, 2006b.
- ESAYAS, K.; SHIMELIS, A.; ASHEBIR, F.; NEGUSSIE, R.; TILAHUN, B.; GULELAT, D. Proximate composition, mineral content and antinutritional factors of some capsicum (*Capsicum annum*) varieties grown in Ethiopia. **Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia**, v. 25, n. 3, p. 451 - 454, 2011.
- FREITAS, R.A; NASCIMENTO, W.M, CARVALHO, S. I.C. Produção de semente. p.173-187. In: **Pimentas *Capsicum***. RIBEIRO, C.S., LOPES, C.A., CARVALHO, S.I.C., HENZ, G.P., REISFCHNEIDER, F.J.B (edts técnicos). Editora Athalaia Gráfica e Editora Ltda. 2008, 199p.
- GARCIA, A.J.V. El Aji (*Capsicum chinense* Jacq.), patrimônio cultural y filogenético de las culturas Amazónicas. **Colombia Amazonica**, v. 5, n.1, p. 161-185, 1991.
- GRÉGIO, A.M.T.; FARIAS, M. M.; GOMES, M. C. B.; AZEVEDO, L. R.; LIMA, A.A.S.; MACHADO, M. A. N. Capsaicina e sua aplicação em odontologia. **Arquivos em odontologia**, v. 44, n.1, p. 45 - 48, 2008.
- HEHENBERGER, E.; KRADOLFER, D.; KÖHLER, C. Endosperm cellularization defines an important developmental transition for embryo development. **Development**, v. 139, p. 2031 - 2039, 2012.
- HEISER, C.B. Peppers - ***Capsicum* (Solanaceae)**. In: Simmonds, N.W. (ed) Evolution of Crop Plants. Longman, London, p. 265 - 268, 1976.
- HORNERO-MENDEZ, D.; GUEVARE, R.G.; MINBUEZ-MOSQUERA, M.L. Carotenoid biosynthesis changes in five red pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars during ripening. Cultivar selection for breeding. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 48, p. 3858 - 3864, 2000.
- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. IPGRI. **Descriptors for Capsicum**. Rome, IBPGRI, 1995. 49p.
- JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry: principles and practice**. 1<sup>st</sup> ed., Berkley: W. H. Freeman e Co, 1962, 408p.

- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.
- KARIHALOO, J. L.; MALIK, S. K. Seed epidermis development and histochemistry in *Solanum melongena* L. and *Solanum violaceum* Ort. **Annals of Botany**, v.77, p. 421 - 428, 1996.
- KAWADA, T.; HAGIHARA, K.; IWAI, K. Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. **Journal of Nutrition**, v. 116, p. 1272 – 1278, 1986.
- LANNES, S.D.; FINGER, F.L.; SCHUELTER, A.R.; CASALI, V.W.D. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 112, p. 266 - 270, 2007.
- LUZ, F. J. F. **Caracterização morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq)**. Jaboticabal: UNESP. 70p. (Tese doutorado). 2007.
- McMANUS, J.F.A. Histological and histochemical uses of periodic acid. **Stain Technology**, v. 23, p. 99 - 108, 1948.
- MAILLARD, M.N.; GIAMPAOLI, P.; RICHARD, M.J. Analysis of eleven capsaicinoids by reverse-phase high performance liquid chromatography. **Flavour Fragrance Journal**, v. 12, p. 409 - 413, 1997.
- MAZOUREK, M.; PUJAR, A.; BOROVSKY, Y.; PARAN, I.; MUELLER, L. JAHN, M.M. A Dynamic interface for capsaicinoid systems biology. **Plant Physiology**, v. 150, n. 4, p. 1806 - 1821, 2009.
- MONTEIRO, E.R.; BASTOS, E.M.; LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.F.; NUNES, J.A.R. Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**, v. 40, n.2, p. 288 - 293, 2010.
- MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S.C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário: cultivo da pimenta**, v. 27, n. 235, p. 16 - 29, 2006.
- NAPOLEÃO, B.A. Futuro promissor para a cultura da pimenta. **Informe Agropecuário: cultivo da pimenta**, v.27, n.235, p.3, 2006.
- NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D.C.F.S.; FREITAS, R.A. Produção de sementes de pimentas. **Informe Agropecuário: cultivo da pimenta**, v. 27, n. 235, p. 30 - 39, 2006.

- NASCIMENTO FILHO, H.R.; BARBOSA, R.I.; LUZ, F.J.F. Pimentas do gênero *Capsicum* cultivadas em Roraima, Amazônia brasileira. II. Hábitos e formas de uso. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 4, p. 561 - 568, 2007.
- NEITZKE, R.S.; BARBIERI, R.L.; RODRIGUES, W.F.; CORRÊA, I.V.; CARVALHO, F.I.F. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 47 - 53, 2010.
- NUEZ, F.; DÍEZ, M. J.; RUIZ, J. J.; FERNANDEZ DE CORDOVA, P.; COSTA, J.; CATATÁ, M. S.; GONZÁLVEZ, J.A.; RODRIGUEZ, A. **Catálogo de semilias de pimiento**. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentacion / instituto Nacional de Investigacion y Tecnologia Agraria y Alimentaria. Madrid, 1998. 108p.
- PEREIRA, G. M.; FINGER, F. L. CASALI, V. W. D.; BROMMONSCHENKEL, S. H. Influência do tratamento com etileno sobre o teor de sólidos solúveis e a cor de pimentas. **Bragantia**, v.67, n.4, p.1031 - 1036, 2008.
- O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; McCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368 - 373, 1964.
- O'BRIEN, T.P.; McCULLY, M.E. **The study of plant structure principles and selected methods**. Melbourne, Termarcarphi Pty. Ltd. 1981. 345 p.
- ODLAND, M. L., PORTER, A. M.; A study of natural crossing in peppers (*Capsicum frutescens*). **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 38, p. 585 - 588, 1941.
- PICKERSGILL, B. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. **Euphytica**, v. 96, p. 129 - 133, 1997.
- PINTO, C. M F.; PUIATTI, M.; CALIMAN, F. R. B.; MOREIRA, G. M. R.; MATTOS, R. N. Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. **Informe Agropecuário**, v.27, n.235, p. 40 - 49, 2006.
- POULOS, J.M. Pepper breeding (*Capsicum* spp.): achievements, challenges and possibilities. **Plant Breeding Abstract**, v. 64, n. 2, p. 143 - 155, 1994.
- QUEIROZ, L.A.F.; VON PINHO, E.V.R.; OLIVEIRA, J.A.; FERREIRA, V.F.; CARVALHO, B.O.; BUENO, A.C.R. Época de colheita e secagem na qualidade

- de sementes de pimenta habanero yellow. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3 p. 472 - 481, 2011.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum. Pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.
- RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; FINGER, F.L.; CRUZ, C.D.; CASALI, V.W.D. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli peppers (*Capsicum baccatum*). **Euphytica**, v.168, p. 275 - 287, 2009a.
- RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; SILVA, D.F.; CORTEZ, R.M.; SAPUCAY, M.J.L.C.; SILVA JUNIOR, S.J. Selection for leaf and plant size and longevity os ornamental pepper (*Capsicum* spp.) grown in greenhouse condition. **Acta Horticulturae**, v. 829, p. 371 - 375, 2009b.
- RÊGO, E. R.; FINGER, F.L.; RÊGO, M.M. **Produção genética e melhoramento de pimentas (*Capsicum* spp.)**. Universidade Federal da Paraíba. Recife: Imprima. 2011. 223p.
- REYES-ESCOGIDO, M.L.; GONZALEZ-MONDRAGON, E.G.; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, E. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. **Molecules**, v.16, p. 1253 - 1270, 2011.
- RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B., **Pimentas Capsicum**, Embrapa Hortaliças. Brasília. 2008.
- RUFINO, J.L.S.; PENTEADO, D.C.S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe agropecuário**, v.27, n.235, p.7 - 15, 2006.
- SILVA, R.F.; ARAUJO, E.F.; VIGGIANO, J. **Extração de sementes de frutos carnosos de hortaliças**. In: NASCIMENTO, W.M. (Ed.). Tecnologia de Sementes de Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009, 432p.
- SIMMONE, A. H.; SIMMONE, E. H.; EITENMILLER, R. R.; MILLS, H. A.; GREEN, N. R. Ascorbic acid and provitamin A contents in some unusually

- coloured bell peppers. **Journal of Food Composition and Analysis**. v 10, n. 4, p. 299 - 311, 1997.
- SUDRÉ, C.P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p. 22 - 27, 2005.
- SUZUKI, K.; MORI, M.; ISHIKAWA, K.; TAKIZAWA, K.; NUNOMURA, O. Carotenoid Composition in Mature *Capsicum annuum*. **Food Science and Technology Research**, v. 13, n.1, p. 77 - 80, 2007.
- TADESSE, T.; HEWETT, E.W.; NICHOLS, M.A.; FISHER, KJ. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit grown and development. **Scientia Horticulturae**, v. 93, p. 91 - 103, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- TANKSLEY, S.D. High Rates of cross-pollination in chile pepper. **HortScience**, v.19, n. 4, p. 580 - 582, 1984.
- TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Época de colheita dos frutos e ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n.2, p.75 - 80, 2008.
- VALVERDE, R. M. V. **Composição bromatológica da pimenta malagueta *in natura* e processada em conserva**. Bahia: UESB. 54p. (Dissertação de mestrado) 2011.
- VIDAL, W.N., VIDAL, M.R.R. **Botânica: organografia**. 4 ed. Viçosa: Editora UFV, 2000. 124p.
- VIDIGAL, D.S; DIAS, D.C.F.S.; NAVEIRA, D. S. P.; ROCHA, F. B.; BHERING, M.C. Qualidade Fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 87 - 93, 2006.

- VIDIGAL, D. S.; DIAS, D.C.F.S.; VON PINHO, E.R.D.; DIAS, L.A.S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p.129 - 136, 2009a.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; VON PINHO, E.R.D.; DIAS, L.A.S. Sweet pepper seed quality and Lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v.37, n.1, p.192 - 201, 2009b.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; FINGER, F.L. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola.**, v.68, n.5, p.535 - 539, 2011.
- WATANABE, T.; KAWADA, T.; YAMAMOTO, M.; IWAI, K. Capsaicin, a pungent principle of hot red pepper, evokes catecholamine secretion from the adrenal medulla of anesthetized rats. **Biochemistry Biophysical Research Communications**, v. 142, p. 259 - 264, 1987.
- WERKER, E. **Seed anatomy**. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 1997. 424p.
- WITT, D. **The chile pepper encyclopedia**. New York: William Morrow and Company, 1999. 337p.

## CAPÍTULO I

---

### **Caracterização Morfométrica dos Frutos de Pimentas Malagueta e Biquinho em Diferentes Estádios de Maturação.**

#### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar as características morfométricas dos frutos das pimentas malagueta e biquinho, de acordo com o estágio de maturação. Foram colhidos frutos aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a antese (DAA) e classificados quanto ao seu estágio fenológico com base na coloração do exocarpo. Em seguida, foram realizadas determinações morfométricas, em uma amostra de 30 frutos, mensurando-se a massa, o comprimento, o diâmetro dos frutos, bem como a espessura do pericarpo. Foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre as quatro variáveis analisadas. A massa de matéria seca também foi determinada, utilizando-se quatro repetições de 10 frutos. As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância, segundo um experimento em delineamento inteiramente casualizado. Foi realizada decomposição ortogonal do fator tratamentos (dias após a antese) em efeitos linear, quadrático e cúbico. Foi ajustada equação de regressão ao se observar significância em nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I, para algum dos efeitos. Existe correlação positiva entre as variáveis morfométricas massa, comprimento, diâmetro e espessura do pericarpo de frutos para as duas espécies. Os frutos da pimenta malagueta apresentavam-se completamente verdes aos 25 e 40 DAA, enquanto os da pimenta biquinho aos 25 DAA. As alterações na coloração do exocarpo, para a cor laranja, foi iniciada aos 40 DAA para a pimenta biquinho e aos 55 DAA para a pimenta malagueta. Aos 70 e 85 DAA, o exocarpo dos frutos apresentava a coloração vermelha, sendo intensificada aos 100 DAA. Durante a maturação dos frutos de pimenta malagueta e biquinho ocorrem acréscimos nos valores das variáveis morfométricas até determinada época de maturidade e, a partir de 43 DAA e 60 DAA, respectivamente, são observadas reduções.

Palavras - chave: *Capsicum frutescens* L.; *Capsicum chinense* Jacq; morfometria; maturidade fisiológica, frutos.

## **Morphometric Characterization *Malagueta* and *Biquinho* Fruits Peppers at Different Stages of Maturation**

### **ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the morphometric characteristics of the fruits of *malagueta* and *biquinho* peppers, according to the stage of maturation. Fruits were collected at 25, 40, 55, 70, 85 and 100 days after anthesis (DAA) and classified according to their developmental stage based on the exocarp coloring. Posteriorly, morphometric determinations were performed in a sample of 30 fruits by measuring the mass, length, fruit diameter and the thickness of the pericarp. The Pearson's coefficients correlation were estimated between the four variables analyzed. The dry mass was also determined, using four replicates of 10 fruits. The variables obtained were subjected to analysis of variance according to a completely randomized experiment. It was performed a orthogonal decomposition of treatments factor (days after flowering) in linear effect, quadratic and cubic. The regression equation was adjusted by observing the significance level of 5% probability of type I error for any of the effects. There is positive correlation between morphometric variables mass, length, diameter and thickness of the pericarp of fruits of both species. The fruits of *malagueta* were completely green at 25 and 40 DAA, while *biquinho* pepper at 25 DAA. Changes in the exocarp coloring, to the orange color, was started at 40 DAA for *biquinho* pepper and at 55 DAA for *malagueta* pepper. The exocarp of fruits had red coloring at 70 and 85 DAA, being intensified at 100 DAA. During the fruits maturation of *malagueta* and *biquinho* occurs increases in the values of morphometric variables until a certain time of maturation and from 43 DAA and 60 DAA, respectively, are observed reductions.

**Key words:** *Capsicum frutescens* L.; *Capsicum chinense* Jacq; morphometry; physiologic maturity, fruits.

## 1- INTRODUÇÃO

A pimenta é uma cultura de importância mundial, sendo cultivada principalmente nos países tropicais e subtropicais. A produção mundial ocupa uma área de aproximadamente 1,8 milhões de hectares, com mais de 28 milhões de toneladas colhidas (FAO, 2012). O gênero *Capsicum* compreende um grupo altamente diversificado de pimentas doces e pungentes, sendo as espécies mais cultivadas: *C. annum*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. frutescens* (Pickersgill, 1997). No Brasil, as espécies *C. baccatum* e *C. chinense* são as predominantemente comercializadas, uma vez que estão bem adaptadas às condições de clima equatorial e tropical (Lannes et al., 2007).

Seus frutos podem ser consumidos *in natura*, na forma de conservas, molhos, condimentos, ou utilizado como corante na indústria alimentar. É uma excelente fonte de ácido ascórbico (vitamina C), carotenoides (provitamina A), vitamina E, flavonoides e capsaicina (Howard et al., 2000), que são importantes componentes da dieta humana, devido a sua ação redutora na ocorrência de doenças degenerativas (Menichini et al., 2009).

A variabilidade genética no gênero *Capsicum* é consideravelmente elevada, visível principalmente nos frutos, que apresentam como características diferentes tamanhos, formatos, ardor (pungência) e coloração. A cor dos frutos maduros varia do vermelho, amarelo, alaranjado, preto e, ainda, em algumas variedades, uma mistura de cores em um mesmo fruto (Moreira et al., 2006). Além da coloração do exocarpo, a firmeza dos frutos, o teor de sólidos solúveis, o teor de ácidos, a concentração de compostos voláteis, assim como as alterações em outros compostos químicos têm sido utilizados como indicadores de maturidade para vários produtos comerciais, inclusive a pimenta (Tadesse et al., 2002). Esses indicadores são utilizados para determinar a época de colheita apropriada, de modo que seus atributos de qualidade física e fisiológica se mantenham por longos períodos durante o armazenamento e a comercialização.

O estágio de maturação é um fator relevante quanto aos atributos de qualidade, pois influencia diretamente a composição dos frutos, uma vez que, durante o amadurecimento, ocorrem várias modificações bioquímicas, fisiológicas e

estruturais. No caso de frutos de pimenta, o conhecimento prático sobre a maturação dos frutos e sementes, bem como do período ideal de colheita, assume grande importância agrícola, tendo em vista que estas espécies apresentam florescimento contínuo, em que frutos de diferentes estádios de maturação estão presentes na mesma planta (Vidigal et al., 2009). Desse modo, a coloração dos frutos de pimenta é uma característica que pode ser utilizada como um indicativo da maturidade da semente, podendo ou não coincidir com o máximo de germinação e vigor (Vidigal et al., 2011).

A caracterização morfométrica de frutos tem sido bastante relatada como fundamental na identificação e caracterização botânica de espécies, na compreensão de desenvolvimento, além de subsidiar informações relevantes ao melhoramento vegetal das espécies. Diversas pesquisas na área de melhoramento vegetal apresentam como objetivo principal quantificar a divergência fenotípica entre acessos de *Capsicum* spp., com base na caracterização morfológica e agrônômica, por meio de descritores quantitativos (peso, comprimento, diâmetro, número de sementes, espessura do pericarpo) e qualitativos (cor, pungência, formato, textura do fruto). Muitos trabalhos utilizam como descritor o *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI, 1995), renomeado de *Biodiversity International*.

Bento et al. (2007) verificaram que o comprimento de frutos do gênero *Capsicum* variou de 10,24 a 143 mm e afirmam que, em função desta variável, pode-se determinar a forma de uso mais adequada para o acesso. Os frutos pequenos apresentaram maior potencial de utilização em molhos e os frutos maiores comercializados, preferencialmente, *in natura* ou desidratados. Teixeira (1996) e Sudré et al. (2005) observaram que as características que apresentam maior importância para a diversidade genética entre os acessos de *Capsicum* spp. foram o peso, o comprimento e o diâmetro dos frutos, além do peso de mil sementes. Outros autores também destacam a importância da caracterização morfológica de acessos deste gênero (Zewdie e Zeven, 1997; Geleta et al., 2005; Oyama et al., 2006; Fonseca et al., 2008; Rêgo et al., 2009; Thul et al., 2009; Rêgo et al., 2011).

Contudo, existem poucas informações sobre a fisiologia de crescimento e maturação dos frutos de pimenta, como relatado por Vidigal et al. (2009), Rêgo et al. (2011), Queiroz et al. (2011), Vidigal et al. (2011), entre outros. Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características morfométricas dos frutos das pimentas

malagueta e biquinho, de acordo com o estágio de maturação dos frutos, além de determinar a correlação entre estas características.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de duas espécies de pimenta, malagueta (*C. frutescens* L.) e biquinho (*C. chinense* Jacq.). As sementes foram produzidas na casa de vegetação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a partir de sementes adquiridas por doação da Embrapa Hortaliças.

Realizou-se a semeadura em bandejas de isopor de 128 células, contendo substrato comercial utilizado para produção de olerícolas (Plantmax<sup>®</sup>), em casa de vegetação, sendo os tratos culturais realizados conforme recomendações técnicas para a cultura (Pinto et al., 2006).

Quarenta dias após a semeadura em bandejas, quando as plantas apresentavam de três a cinco pares de folhas, foi realizado o transplante das mudas para vasos de polietileno, com volume de cinco litros de substrato (Plantmax<sup>®</sup>), distribuídos em casa de vegetação previamente limpa. Para garantir a pureza genética das sementes, evitando a ocorrência de polinização cruzada, foram colocados tecidos organza de coloração branca ao longo da casa de vegetação, separando as diferentes espécies.

Durante o florescimento, as flores foram etiquetadas diariamente, a partir da antese até ser obtido número de sementes suficientes para os testes propostos. Foram coletados frutos aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a antese (DAA). Após a colheita, os frutos das duas espécies de pimenta foram transportados ao Laboratório de Análises de Sementes e, foram classificados quanto ao seu estágio fenológico com base na coloração externa do exocarpo.

Para a determinação morfométrica dos frutos de pimenta malagueta e biquinho utilizou-se uma amostra de 30 frutos, exceto para a variável massa de matéria seca. Foram mensurados:

a) **Massa** - os frutos foram pesados individualmente em balança digital (precisão 0,001 g), determinando-se o peso médio de frutos em grama/fruto.

b) **Comprimento** - mensurado da região compreendida entre o ápice e a base dos frutos utilizando-se paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm e os resultados foram expressos em mm/fruto.

c) **Diâmetro** - mensurado na região central dos frutos utilizando-se paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm e os resultados foram expressos em mm/fruto.

d) **Espessura do pericarpo** - mensurado na região central dos frutos, utilizando-se paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm e os resultados foram expressos em mm/fruto.

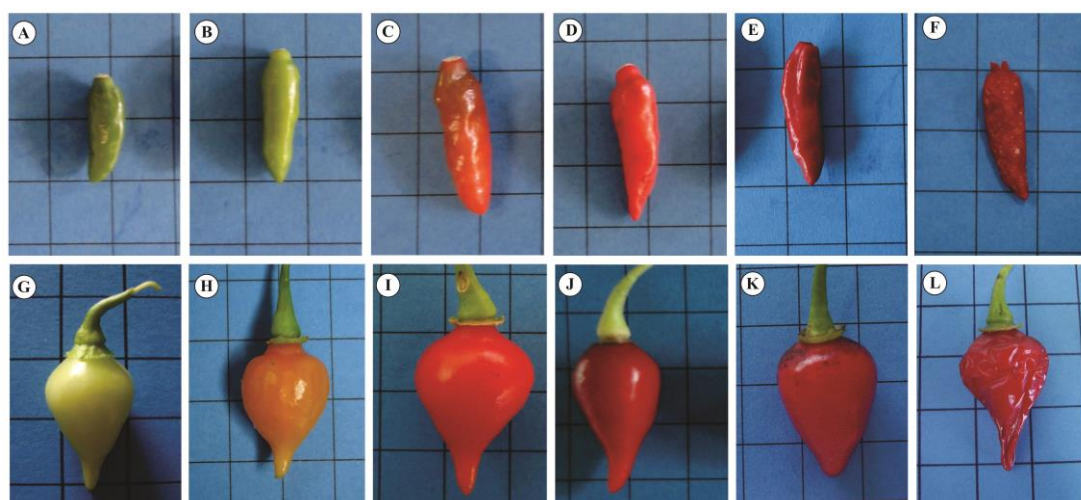
e) **Massa de matéria seca dos frutos** - os frutos foram colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, por 36 horas. Foram utilizados quatro repetições de 10 frutos para cada época de maturação e os resultados expressos em g/fruto.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com um número amostral de 30 frutos, em que os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento MIXED (SAS 9.3). Foi realizada decomposição ortogonal do fator tratamentos (dias após a antese - DAA) em efeitos linear, quadrático e cúbico. Ao se observar significância em nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I para algum dos efeitos, ajustou-se equação de regressão utilizando-se a declaração SOLUTION. Foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis massa, comprimento, diâmetro e espessura do pericarpo.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, observa-se o aspecto visual dos frutos de pimenta malagueta e biquinho em diferentes estádios de maturação, aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 DAA. Nas duas espécies, observou-se que aos 25 os frutos apresentavam-se completamente verdes. Com a degradação da clorofila e acúmulo de outros pigmentos, como carotenoides e antocianinas (Taiz e Zeiger, 2009) verificou-se que para a pimenta biquinho, a partir de 40 DAA e, para a pimenta malagueta, a partir dos 55 DAA, ocorrem alterações na coloração do exocarpo dos frutos para a cor laranja. Aos 70 e

85 DAA o exocarpo dos frutos das pimentas malagueta e biquinho apresentavam a coloração vermelha, sendo esta bastante intensificada aos 100 DAA.



**Figura 1.** Aspecto visual dos frutos de pimenta malagueta (A - 25 DAA; B - 40 DAA; C - 55 DAA; D - 70 DAA; E - 85 DAA; F - 100 DAA) e biquinho (G - 25 DAA; H - 40 DAA; I - 55 DAA; J - 70 DAA; K - 85 DAA; L - 100 DAA) durante o processo de maturação.

É importante ressaltar que durante o amadurecimento de frutos ocorrem várias modificações bioquímicas, fisiológicas e estruturais que determinam os padrões de qualidade. Menichini et al. (2009) verificaram diferenças na composição de frutos imaturos e maduros de *C. chinense* durante os estádios de desenvolvimento, com aumento na concentração de carotenoides e redução na concentração de fenóis, quando as pimentas atingiram a maturidade fisiológica.

De acordo com a Figura 1, é possível visualizar uma elevada alteração na turgescência dos frutos aos 100 DAA, principalmente para a pimenta biquinho. A perda de água pela transpiração e perda de matéria seca, devido ao aumento da atividade respiratória, refletem em perda de massa fresca total pós-colheita. Além das alterações de coloração e turgescência, Pino et al. (2006) afirmam que ocorrem alterações nos compostos voláteis responsáveis pelo aroma dos frutos verdes-maduros e maduros de *C. chinense*, que conferem aroma distinto para cada estágio, durante o amadurecimento dos frutos. Os autores identificaram 102 compostos diferentes, com predominância de diferentes tipos de álcoois, aldeídos e cetonas.

Na Tabela 1, estão inseridas a estatística descritiva referente à morfometria dos frutos de pimenta malagueta e biquinho. Dentre as variáveis analisadas, o diâmetro dos frutos apresentou a menor variação para a pimenta malagueta e, o comprimento para a pimenta biquinho. Para as duas espécies, as variáveis massa e espessura dos frutos apresentaram as maiores dispersões relativas, como denotam os seus coeficientes de variação.

Estudos relacionados à caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas possibilitam o entendimento dos métodos de propagação, assim como a análise de crescimento vegetativo, além de fornecer informações relativas à identificação de espécies, fornecendo subsídios para a diferenciação entre espécies, variedades e caracterização de aspectos ecológicos da planta, como dispersão e estabelecimento de plântulas.

**Tabela 1.** Características físicas dos frutos de pimenta malagueta (MA) e biquinho (BQ).

<b>Espécie</b>	<b>Variável</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Intervalo de Variação</b>	<b>CV (%)</b>
MA	Massa (g)	0,366	0,156	0,076 - 0,778	42,7126
	Comprimento (mm)	23,314	4,306	14,600 - 36,320	18,4693
	Diâmetro (mm)	5,820	0,637	4,380 - 7,610	10,945
	Espessura do Pericarpo (mm)	0,559	0,186	0,250 - 1,00	33,2737
BQ	Massa (g)	1,101	0,313	0,454 - 1,893	28,4287
	Comprimento (mm)	21,053	2,270	15,090 - 28,720	10,7822
	Diâmetro (mm)	12,156	1,641	7,760 - 16,880	13,4995
	Espessura do Pericarpo (mm)	1,746	0,395	0,970 - 2,620	22,6231

Na Tabela 2, é apresentada a associação existente entre as variáveis: massa, comprimento, diâmetro e espessura do pericarpo de frutos das pimentas malagueta e biquinho, obtidos por meio da Correlação de Pearson. Para a pimenta malagueta, verificou-se elevada correlação entre as variáveis comprimento e diâmetro (0,904), massa e espessura do pericarpo (0,835) e massa e diâmetro (0,781). A correlação entre todas as variáveis analisadas para esta

espécie foi superior a 50%, com exceção para a correlação existente entre o comprimento e espessura do pericarpo dos frutos, sendo esta de 0,447.

**Tabela 2.** Correlação de Pearson referente às variáveis biométricas de frutos de pimenta malagueta e biquinho ( $p < 0,001$ ).

Espécie	Comparações	Correlação de Pearson
Malagueta	Massa x comprimento	0,73054
	Massa x diâmetro	0,78147
	Massa x espessura do pericarpo	0,83527
	Comprimento x diâmetro	0,90414
	Comprimento x espessura do pericarpo	0,44776
Biquinho	Massa x comprimento	0,67904
	Massa x diâmetro	0,96648
	Massa x espessura do pericarpo	0,92362
	Comprimento x diâmetro	0,66306
	Comprimento x espessura do pericarpo	0,52658

Para a pimenta biquinho, observou-se que, todas as correlações foram acima de 50%, sendo as mais elevadas associações verificadas entre as variáveis: massa e diâmetro (0,966) e massa e espessura do pericarpo (0,923) como pode ser visualizado na Tabela 2.

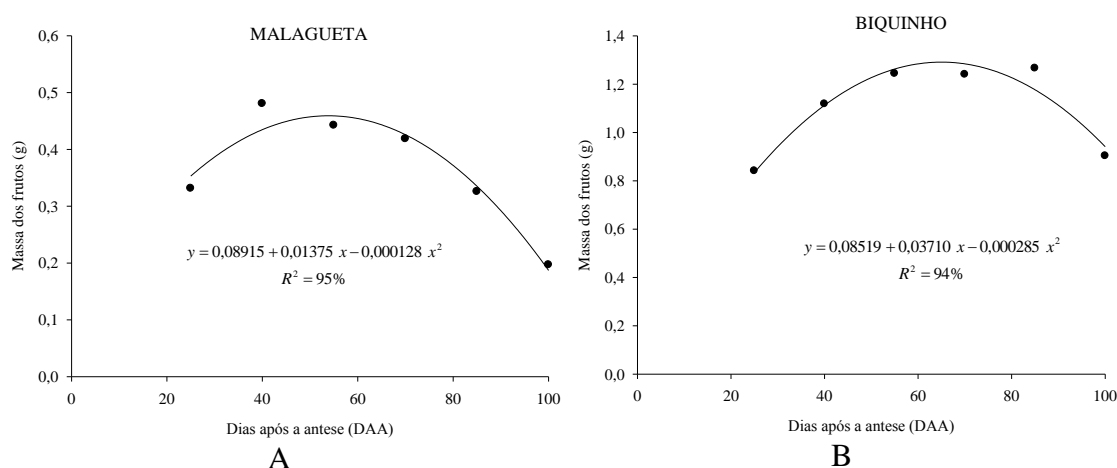
Em pesquisa semelhante, Tadesse et al. (2002) citam que o peso de frutos fresco de pimentão cv. Domino foi positivamente correlacionado a atributos físicos de crescimento, como diâmetro (0,93), comprimento (0,81) e volume (0,99), com  $p \leq 0,001$ . Lannes et al. (2007), em pesquisa com acessos da espécie *Capsicum chinense* do banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, verificaram elevada correlação entre as variáveis peso e espessura do pericarpo ( $r = 0,79$ ), em que acessos com peso médio de 0,99 g apresentaram pericarpo de aproximadamente 1,57 mm, enquanto acessos que apresentavam 19,15 g tinham pericarpo de 3,39 mm de espessura.

As correlações positivas entre comprimento e diâmetro, massa e diâmetro, massa e espessura do pericarpo dos frutos, verificadas na presente pesquisa para

ambas as espécies, são favoráveis ao rendimento de polpa dos frutos. Esta é uma característica que agrega valores econômicos a estas espécies, uma vez que a polpa dos frutos de pimenta apresenta relevante importância, sendo utilizada tanto *in natura*, como industrializada na forma de condimentos, molhos, páprica, entre outros.

A massa dos frutos das pimentas malagueta e biquinho apresentaram comportamento quadrático. Aos 25 DAA observou-se massa de 0,352g para a pimenta malagueta e 0,834 g para a pimenta biquinho. Os máximos valores de massa dos frutos foram de aproximadamente 0,458 g aos 54 DAA (Figura 2A) e 1,292 g aos 65 DAA (Figura 2B), para as pimentas malagueta e biquinho respectivamente. Verificou-se que até os 54 e 65 DAA para as pimentas malagueta e biquinho (Figura 2), ocorreram incrementos na massa dos frutos das duas espécies e, partir destas épocas de maturação, foram observados decréscimos dos seus valores, sendo que aos 100 DAA os frutos apresentaram 0,184 e 0,945 gramas respectivamente.

Vidigal et al. (2011) verificaram para a pimenta cv. ‘Amarela comprida’ que os frutos apresentaram aumento significativo até os 45 DAA, onde a partir desta época de maturação o peso dos frutos manteve-se constante até os 75 DAA.

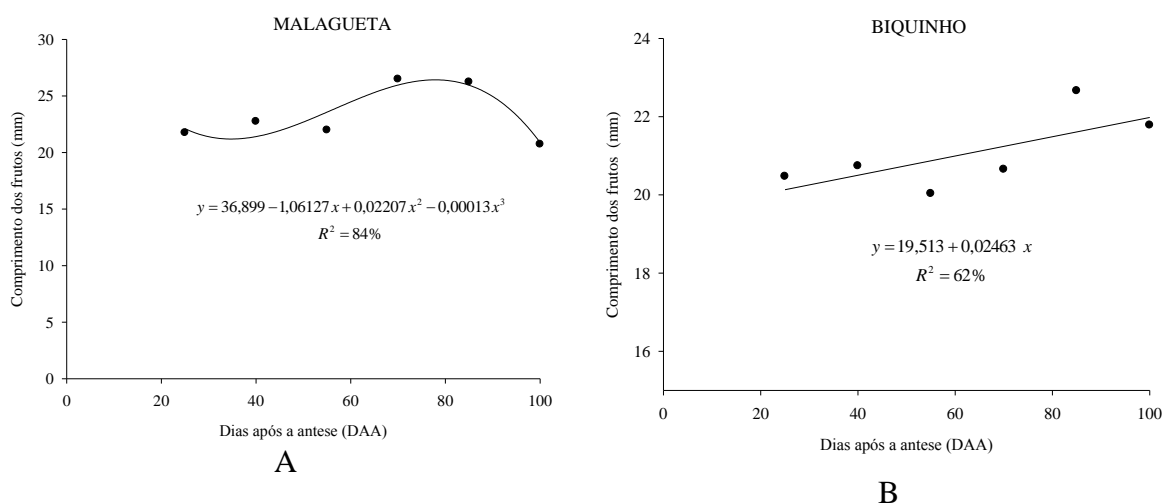


**Figura 2.** Massa dos frutos de pimenta malagueta (A) e biquinho (B) em diferentes estádios de maturação.

O comprimento dos frutos das duas espécies apresentou comportamento matemático distinto de desenvolvimento durante a maturação (Figura 3). Para a

pimenta malagueta foi ajustado um comportamento cúbico, sendo que aos 25 DAA os frutos apresentavam aproximadamente 22,12 mm de comprimento. O valor máximo foi verificado aos 79 DAA, quando os frutos apresentavam 26,69 mm. A partir desta época houve reduções, sendo que aos 100 DAA, o comprimento dos frutos foi de aproximadamente 21,46 mm (Figura 3A).

A pimenta biquinho apresentou efeito linear para a variável comprimento de frutos. Aos 25 DAA os frutos apresentaram comprimento médio de 20,12 mm. De acordo com a Figura 3B é possível afirmar que houve acréscimos de comprimento a uma taxa de 0,02463 mm ao dia, sendo que aos 100 DAA foram observados frutos com aproximadamente 21,976 mm de comprimento.



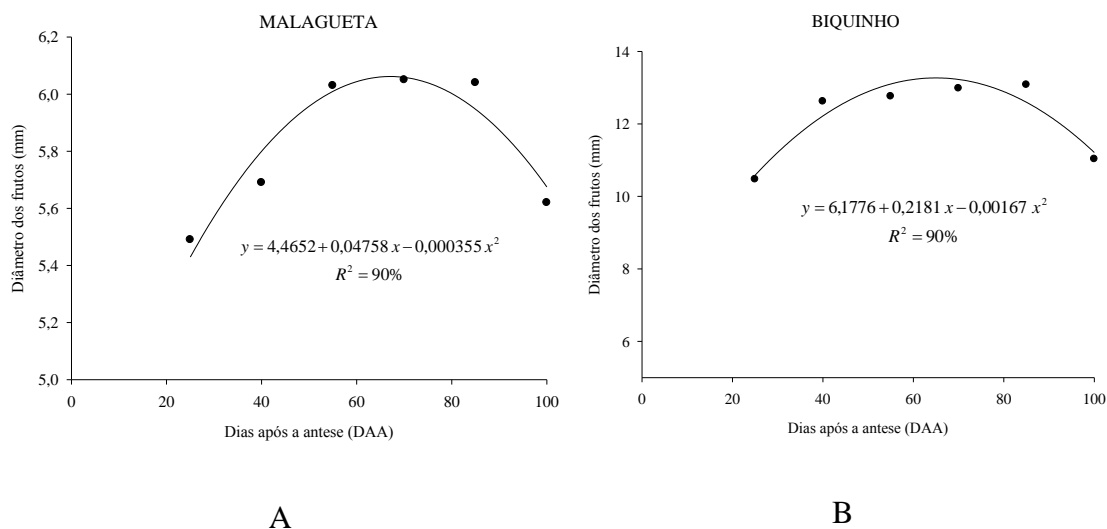
**Figura 3.** Comprimento dos frutos de pimenta malagueta (A) e biquinho (B) em diferentes estádios de maturação.

Na Figura 4 visualiza-se que as duas espécies apresentaram comportamento quadrático para a variável diâmetro durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos. Aos 25 DAA foi verificado diâmetro de 5,432 mm. A pimenta malagueta apresentou diâmetro máximo aos 67 DAA, com 6,05 mm. A partir desta época de maturação dos frutos, houve redução nos valores desta variável, sendo que aos 100 DAA os frutos apresentavam aproximadamente 5,67 mm (Figura 4A).

Para a pimenta biquinho (Figura 4B), aos 25 DAA, os frutos apresentaram diâmetro médio de 10,58 mm, com acréscimos nos valores até 65 DAA, com aproximadamente 13,29 mm, sendo este o maior valor. A partir desta época de

maturação, foram verificados decréscimos dos valores, sendo que aos 100 DAA o diâmetro médio dos frutos foi de aproximadamente 11,28 mm.

Assim como observado para a variável massa, para o diâmetro dos frutos também houve redução dos valores, que para as duas espécies ocorreu após aos 60 DAA (Figura 4).



**Figura 4.** Diâmetro dos frutos de pimenta malagueta (A) e biquinho (B) em diferentes estádios de maturação.

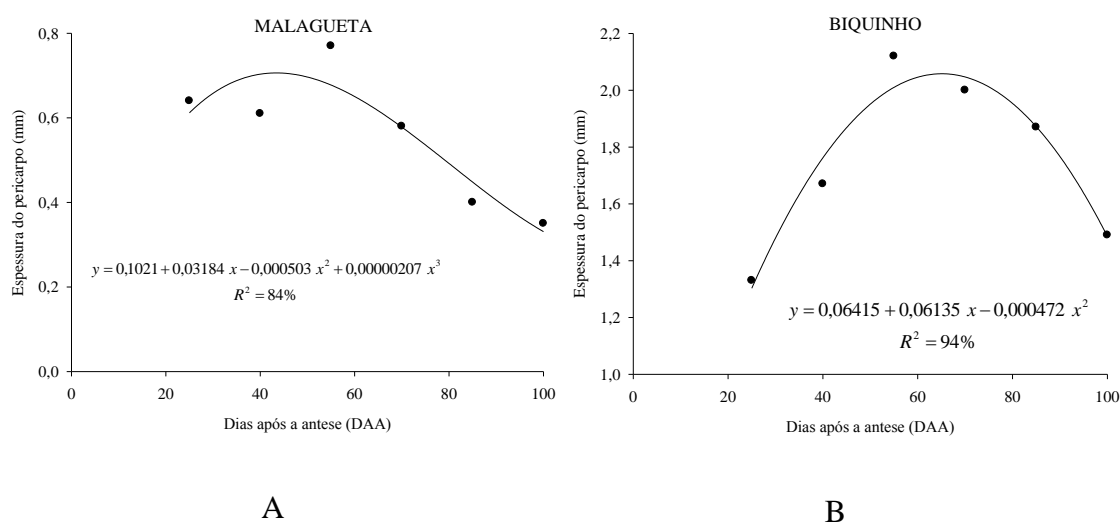
Na Figura 5 estão apresentados os valores referentes à espessura do pericarpo dos frutos de pimenta malagueta e biquinho, colhidos em diferentes estádios de maturação. Para a pimenta malagueta houve um comportamento cúbico. Aos 25 DAA verificou-se espessura média de aproximadamente 0,616 mm. Até os 43 DAA foram observados incrementos nos valores referentes a esta variável, onde verificou-se o valor máximo 0,704 mm. A partir desta época de maturação ocorreram decréscimos nos valores, sendo que aos 100 DAA foi de 0,282 mm.

Para a pimenta biquinho houve ajuste quadrático para a variável espessura do pericarpo, em que aos 25 DAA foi de 1,30 mm. Houve acréscimos na espessura do pericarpo até os 65 DAA, quando atingiu seu valor máximo, 2,05 mm. E a partir desta época de maturação, houve redução dos valores, que aos 100 DAA foi de 1,47 mm.

A espessura do pericarpo é uma característica importante para variedades destinadas ao consumo *in natura* de frutos, tendo em vista que frutos com maior

espessura de pericarpo são mais resistentes nos tratos pós-colheita. Além disso, esses frutos apresentam uma aparência mais apreciada pelos consumidores.

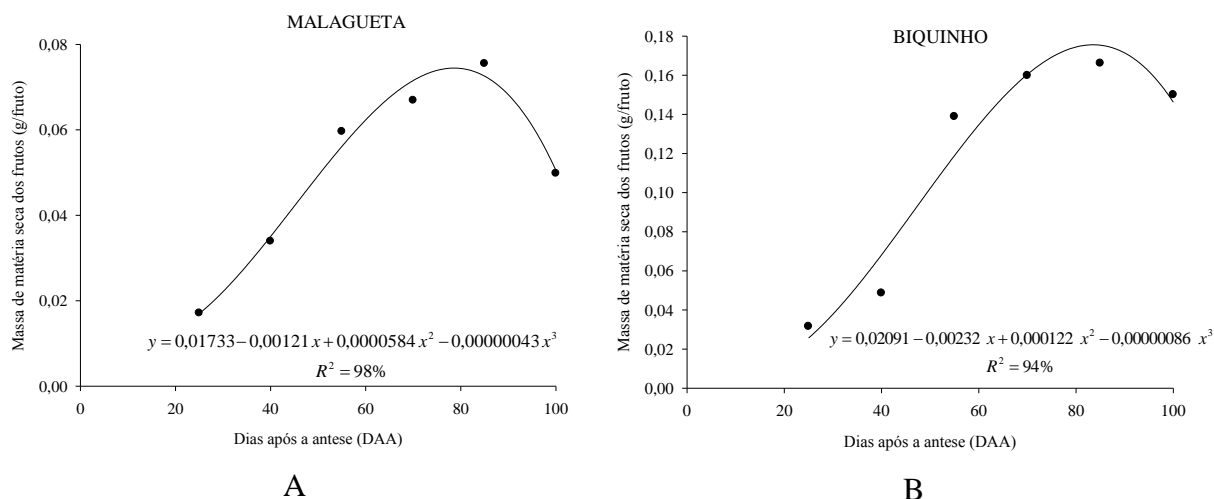
Lannes et al. (2007) citam que frutos menores de *C. chinense* apresentaram menor espessura de pericarpo e maior concentração de sólidos solúveis totais, sendo estes recomendados para a desidratação e produção de páprica. Enquanto os frutos maiores, independente de sua forma, apresentaram pericarpo mais espesso e, portanto, mais adequado ao consumo *in natura*.



**Figura 5.** Espessura do pericarpo dos frutos de pimenta malagueta (A) e biquinho (B) em diferentes estádios de maturação.

A massa de matéria seca dos frutos apresentou efeito cúbico para as duas espécies (Figura 6). Aos 25 DAA, verificou-se 0,01686 g/fruto para a pimenta malagueta. Houve aumento de massa até 79 DAA, em que os frutos apresentavam em média 0,07421 g/fruto (Figura 6A). A partir dos 79 DAA houve redução dos valores da massa dos frutos, até 0,05033 g/ fruto, aos 100 DAA.

Para a pimenta biquinho, aos 25 DAA foram verificadas massa de 0,0257 g/fruto, havendo acréscimos de massa até 84 DAA, quando os frutos apresentavam em média 0,1771 g/frutos (Figura 6B). A partir desta época de maturação foram observados decréscimos nos valores desta variável, sendo que aos 100 DAA foi de 0,1489 g/fruto.



**Figura 6.** Massa de matéria seca de frutos de pimenta malagueta (A) e biquinho (B) em diferentes estádios de maturação.

A redução nos valores das variáveis biométricas, em função da maturação de frutos carnosos, pode ser atribuída principalmente ao amolecimento do pericarpo, devido à ação de enzimas como a celulase e poligalacturonase, que degradam a parede celular, realizam a hidrólise de amido e de outras macromoléculas, com consequente acúmulo de açúcares e redução nos teores de ácidos orgânicos, dentre outras alterações fisiológicas (Taiz e Zeiger, 2009).

Além disso, durante a maturação dos frutos ocorre perda de água pela transpiração, sendo esta perda mais acentuada no fim deste processo, o que pode contribuir para a redução do peso dos frutos maduros. Peoples et al. (1985) afirmaram que, durante o processo de maturação dos frutos, inicialmente ocorre maior deposição de água, que é descarregada através do floema, quando comparada a água perdida durante o processo de transpiração. Posteriormente, os frutos perdem água tanto pela transpiração, que durante a secagem dos frutos é elevada, assim como ocorre uma recirculação de água do fruto para a planta por meio do xilema. A perda de água pelos frutos é responsável também por outras alterações, tais como redução do brilho dos frutos, palatabilidade e qualidade nutricional.

Alguns autores também atribuíram a redução nos valores de algumas variáveis morfométricas, a partir de determinado estágio de maturação, de espécies de crescimento indeterminado, ao fato de que existe diferença na ordem de frutificação. Dias et al. (2006) observaram que frutos de tomate colhidos de

racimos mais tardios possuíam menor peso quando comparados àqueles colhidos no primeiro racimo.

Barbosa et al. (2010) avaliaram as características morfométricas dos frutos de diferentes espécies de pimentas do gênero *Capsicum* provenientes do estado de Roraima e verificaram para *C. chinense* peso médio de 3,47 g, comprimento médio de 3,62 cm e largura média de 1,63 cm e, para frutos de *C. frutescens*, peso médio de 0,30 g, 1,70 cm de comprimento e 0,48 cm de largura. Os autores relacionaram as características morfométricas dos frutos com a preferência da população pelos morfotipos de frutos ofertados e afirmaram que, em geral, são utilizados frutos de baixo peso, com alta ou baixa pungência, para molhos ou pimenta em pó. Os frutos de peso elevado, independente da sua pungência, são utilizados *in natura* em saladas. Aliyu e Olarewaju (1994) afirmaram que os critérios de escolha do consumidor por frutos de pimenta baseia-se principalmente na consistência e dimensões morfológicas dos frutos, além da sua pungência.

Durante o processo de maturação dos frutos de pimenta foi possível verificar que as alterações fisiológicas, mensuradas por meio de características morfométricas, variou tanto entre as espécies, quanto ao início das modificações para cada variável. Houve acréscimo de valores até determinada época de maturação, e a partir desse ponto foram observadas reduções, que para a pimenta malagueta iniciaram a partir de 43 DAA, para a espessura do pericarpo dos frutos. A massa de matéria seca foi a variável que apresentou reduções mais tardias, iniciando aos 79 DAA.

Para a pimenta biquinho, houve maior uniformidade das épocas em que as reduções das variáveis morfométricas foram iniciadas, ocorrendo em torno dos 65 DAA, exceto para o comprimento e massa de matéria seca.

#### 4- CONCLUSÕES

Os frutos das pimentas malagueta e biquinho apresentam alterações de coloração no início do desenvolvimento, dos 25 DAA aos 40 DAA, para a pimenta biquinho e, dos 40 aos 55 DAA para a pimenta malagueta.

Os frutos das pimentas malagueta e biquinho apresentam alterações de turgescência após a maturidade fisiológica, aos 100 DAA.

Existe correlação positiva entre as variáveis morfométricas massa, comprimento, diâmetro e espessura do pericarpo de frutos para as duas espécies.

Com a maturação dos frutos de pimenta malagueta e biquinho ocorre acréscimos nos valores de variáveis morfométricas até determinada época de maturidade e, a partir de 43 DAA e 65 DAA, respectivamente, são observadas reduções.

## 5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIYU, L.; OLAREWAJU, J.D. Variation in morphological and agronomic characters in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 13, p. 62 - 63, 1994.
- BARBOSA, R.I.; MOURÃO JÚNIOR, M.; LUZ, F.J.F. Morphometric patterns and preferential uses of Capsicum peppers in the State of Roraima, Brazilian Amazonia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 477 - 482, 2010.
- BENTO, C.S.; SUDRÉ, C.P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; PEREIRA, M.G. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimenta. **Scientia Agraria**, v. 8, p. 149 - 156, 2007.
- DIAS, D.C.F.S.; RIBEIRO, F.P.; DIAS, L.A.S.; SILVA, D.J.H.; VIDIGAL, D.S. Tomato seed quality harvested from different trusses. **Seed Science and Technology**, v. 34, p. 681 - 689, 2006.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. AGRICULTURE. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 25 de abril de 2013.
- FONSECA, R.M.; LOPES, R.; BARROS, W.S.; LOPES, M.T.G.; FERREIRA, F.M. Morphologic characterization and genetic diversity of *Capsicum chinense* Jacq. accessions along the upper Rio Negro – Amazonas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 187 - 194, 2008.
- GELETA, L.F.; LABUSCHAGNE, M.T.; VILJOEN, C.D. Genetic variability in pepper (*Capsicum annuum* L.) estimated by morphological data and amplified fragment length polymorphism markers. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, p. 2361 - 2375, 2005.
- HOWARD, L.R.; TALCOTT, S.T.; BRENES, C.H.; VILLALON, B. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* Species) as influenced by maturity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 1713 - 1720, 2000.

- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. IPGRI. **Descriptors for Capsicum**. Rome, 1995. 49p.
- LANNES, S.D.; FINGER, F.L.; SCHUELTER, A.R.; CASALI, V.W.D. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 112, p. 266 - 270, 2007.
- MENICHINI, F.; TUNDIS, R.; BONESI, M.; LOIZZO, M.R.; CONFORTI, F.; STATTI, G.; CINDIO, B.; HOUGHTON, P.J.; The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq cv. Habanero. **Food chemistry**, v.114, p. 553 - 560, 2009.
- MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S.C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário: cultivo da pimenta**, v. 27, n. 235, p. 16 - 29, 2006.
- OYAMA, K.; HERNANDEZ-VERDUGO, S.; SANCHEZ, C.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, A.; SANCHEZ-PEÑA, P.; GARZON-TIZNADO, J.A.; CASAS, A. Genetic structure of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from northwestern Mexico analysed by RAPDs. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.53, p. 553 - 562, 2006.
- PEOPLES, M.B; PATE, J.S.; ATKINS, C.A.; MURRAY, D.R. Economy of water, carbon, and nitrogen in the developing cowpea fruit. **Plant Physiology**, v. 77, n. 1, p. 142 - 147, 1985.
- PICKERSGILL, B. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. **Euphytica**, v. 96, 129 - 133, 1997.
- PINO, J.; SAURI-DUCH, E.; MARBOT, R. Changes in volatile compounds of Habareno chile pepper (*Capsicum chinense* Jack. cv Habareno) at two ripening stages. **Food Chemistry**, v. 94, p. 394 - 398, 2006.
- PINTO, C. M F.; PUIATTI, M.; CALIMAN, F. R. B.; MOREIRA, G. M. R.; MATTOS, R. N. Clima, época de sementeira, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. **Informe Agropecuário: cultivo da pimenta**, v.27, n.235, p. 40 - 49, 2006.

- QUEIROZ, L.A.F; PINHO, E.V.R.V.; OLIVEIRA, J.A.; FERREIRA, V.F.; CARVALHO, B.O.; BUENO, A.C.R. Época de colheita e secagem na qualidade de sementes de pimenta Habanero Yellow. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3 p. 472 - 481, 2011.
- RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; FINGER, F.L.; CRUZ, C.D.; CASALI, V.W.D. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli peppers (*Capsicum baccatum*). **Euphytica**, v.168, p. 275 - 287, 2009.
- RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; FINGER, F.L.; CRUZ, C.D.; CASALI, V.W.D. Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, n. 6, p.909 - 918, 2011.
- SUDRÉ, C.P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p. 22 - 27, 2005.
- TADESSE, T.; HEWETT, E.W.; NICHOLS, M.A.; FISHER, KJ. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit grown and development. **Scientia Horticulturae**, v. 93, p. 91 - 103, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- TEIXEIRA, R. **Diversidade em *Capsicum*: análise molecular, morfoagronômica e química**. Viçosa: UFV. 81p. (Dissertação de mestrado). 1996.
- THUL, S.T.; LAL, R.K.; SHASANY, A.K.; DAROKAR, M.P.; GUPTA, A.K.; VERMA, R.K.; KHANUJA, S.P.S. Estimation of phenotypic divergence in a collection of *Capsicum species* for yield related traits. **Euphytica**, v. 168, p. 189 - 196, 2009.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; VON PINHO, E.R.D.; DIAS, L.A.S. Sweet pepper seed quality and Lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v.37, n.1, p.192 - 201, 2009.

VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; FINGER, F.L. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola**, v.68, n.5, p.535 - 539, 2011.

ZEWDIE, Y.; ZEVEN, A.C. Variation in Yugoslavian hot pepper (*Capsicum annuum* L.) accessions. **Euphytica**, v. 97, p. 81 - 89, 1997.

## CAPÍTULO II

---

### Qualidade Fisiológica Durante a Ontogênese de Sementes de Pimentas Malagueta e Biquinho

#### RESUMO

Objetivou-se determinar as alterações fisiológicas durante a ontogênese de sementes de pimentas malagueta e biquinho em função do estágio de maturação. Durante a fase de florescimento, as flores em antese foram etiquetadas diariamente, até ser obtido número de sementes suficiente para as avaliações propostas. Os frutos foram colhidos aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a antese (DAA). Em cada época de maturação as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, a massa de matéria seca, peso de mil sementes, germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado. O início do desenvolvimento das sementes foi caracterizado por um acúmulo de matéria seca, que ocorre até 80 DAA para a pimenta malagueta e 75 DAA para a pimenta biquinho. Aos 70 DAA, as sementes ainda apresentavam elevado teor de água, com 39% e 36% para as pimentas malagueta e biquinho respectivamente. Nas sementes ortodoxas, como é o caso da pimenta, após atingirem a máxima matéria seca observa-se que o decréscimo no teor de água prossegue, sendo que, aos 100 DAA, foi de aproximadamente 14% para a pimenta malagueta e 15% para a biquinho. As sementes colhidas aos 25 e 40 DAA, para as duas espécies, não germinaram. Após 40 DAA houve incrementos na porcentagem de germinação até aproximadamente 70 DAA, e a partir dessa época, ocorreram reduções. O máximo de germinação e vigor das sementes de pimenta malagueta e biquinho ocorreram aproximadamente aos 70 DAA, sendo esta a melhor época para a realização da colheita das sementes.

Palavras-chave: *Capsicum* spp.; maturação; potencial fisiológico; germinação; vigor; sementes.

## **Physiological Quality During ontogeny of *Malagueta* and *Biquinho* pepper seeds**

### **ABSTRACT**

This study aimed to determine the physiological changes during the ontogeny of *malagueta* and *biquinho* pepper seeds according to the stage of maturation. During the phasis of flowering, the flowers in anthesis were tagged daily until being obtained number of seeds sufficient for the proposals evaluations. The fruits were collected at 25, 40, 55, 70, 85 and 100 days after anthesis (DAA). In each time maturation, the seeds were evaluated for water content, the dry weight, 1.000-seed weight, germination, first count, speed index of germination and accelerated aging. The early seed development is characterized by an accumulation of dry matter, which occurs until 80 DAA to *malagueta* and 75 DAA to *biquinho* pepper. At 70 DAA, the seeds still have a high water content, with 47% and 45% for the *malagueta* and *biquinho* pepper respectively. In the orthodox seeds, such as pepper, after reaching the maximum dry matter it is observed that the decrease in the water continues being that at 100 DAA the average moisture content of the seeds was approximately 14% to the *malagueta* pepper and 12% to the *biquinho*. The seeds harvested at 25 and 40 DAA, for the two species did not germinate. After 40 DAA, it was verified increase in germination percentage until approximately 70 DAA, and from this time of maturity was verified reductions. The germination and vigor of *malagueta* and *biquinho* peppers seeds are maximum at approximately 70 DAA, being the best time of maturation for the realization of crop seeds.

Key words: *Capsicum spp.*; maturation; physiologic quality; germination; vigor; seeds.

## 1- INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das sementes é caracterizado por uma série de alterações físicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, que são iniciadas a partir da fecundação do óvulo (Berger et al., 2008; Hehenberger et al., 2012), até a maturidade fisiológica ser atingida, ou seja, quando cessa a translocação de assimilados da planta para as sementes (Vidigal et al., 2006).

A formação das sementes pode ser dividida em duas fases, de acordo com Weber et al. (2010), sendo a fase inicial caracterizada por pré-armazenamento e a segunda, a fase de transição, caracterizada pelo acúmulo de reservas. No entanto, Castro et al. (2004) consideram que o desenvolvimento da maioria das sementes pode ser dividido em três fases confluentes. A primeira é caracterizada pelo crescimento inicial do embrião (embriogênese). Em seguida, observa-se a fase intermediária de maturação, onde ocorre o acúmulo de reservas, com a síntese de compostos como amido, proteínas e lipídeos. E finalmente, o desenvolvimento das sementes é encerrado com a desidratação.

De acordo com Galau et al. (1987), logo após o término da divisão celular, ou seja, na fase de acúmulo de reservas, o embrião apresenta-se com elevado potencial germinativo, no entanto, ocorre a continuidade do desenvolvimento das sementes. Sendo o processo de maturação encerrado com uma fase pré-programada de dessecação, em sementes ortodoxas (Angelovici et al., 2010). Durante a maturação das sementes, mecanismos de proteção são iniciados para preservar a integridade dos componentes celulares quando a água for removida durante a secagem (Hoekstra et al., 2001). Além disso, os compostos de reserva permanecem intactos (Graham, 2008). As sementes entram em estado de repouso, permitindo assim sua manutenção e sobrevivência a uma gama de condições ambientais (Gutierrez et al., 2007; Leprince e Buitink, 2010).

Pesquisas relacionadas à maturação das sementes são imprescindíveis para o planejamento e definição do momento ideal da colheita, uma vez que estas alcançam sua máxima qualidade em campo. Estudos para determinação do estágio ideal de colheita em espécies de frutos carnosos também são relatados para abóbora (Araújo et al., 1982), abóbora italiana (Alvarenga et al., 1991), mamão (Tokuhisa et al., 2008), tomate (Vidigal et al. 2006; Dias et al., 2006a; Dias et al., 2006b), pimenta

‘Amarela comprida’ (Vidigal et al., 2009a; Vidigal et al., 2009b; Vidigal et al., 2011), pimenta habanero (Queiroz et al., 2011).

A pimenta é uma planta que apresenta crescimento indeterminado, com o florescimento e a frutificação contínuos (Nascimento et al., 2006; Vidigal et al., 2009b), de modo que ocorre completa desuniformidade de desenvolvimento dos frutos e sementes. Assim, em uma mesma planta são encontrados frutos em diversos estádios de maturação. Essa característica dificulta a determinação da época de maturidade fisiológica das sementes e, conseqüentemente, o momento ideal para colheita dos frutos, visando à obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica (Vidigal et al., 2009b).

A colheita das sementes no momento ideal pode minimizar os efeitos de deterioração que são causados pela maior permanência destas em campo, contribuindo para a redução do potencial fisiológico. Além disso, evita a colheita precoce, diminuindo a quantidade de sementes imaturas no lote (Vidigal et al., 2009b).

O termo maturidade fisiológica é definido por Ellis e Pieta Filho (1992) como o ponto de máxima qualidade fisiológica das sementes. Para Weber et al. (2010), o ponto de maturidade fisiológica é observado quando as sementes atingem o máximo de acúmulo de matéria seca e o mais alto nível de diferenciação, antes que se inicie o processo de secagem das sementes.

Entretanto, para definir o acúmulo máximo de matéria seca, Ellis e Pieta Filho (1992) sugeriram o termo “maturidade de massa”, e afirmaram que esta não tem relação com a máxima qualidade fisiológica, que pode ocorrer um pouco antes ou depois da “maturidade de massa”. Alguns trabalhos demonstram que a máxima qualidade fisiológica pode não coincidir com o máximo acúmulo de matéria seca, como em pimenta (Vidigal et al., 2009a; Vidigal et al., 2009b), pimentão (Demir e Ellis, 1992b), tomate (Demir e Ellis, 1992a; Demir e Samit, 2001, Dias et al., 2006a), berinjela (Demir et al., 2002), entre outros.

Em espécies de frutos carnosos, como é o caso da pimenta, pimentão e tomate, a maturidade fisiológica geralmente coincide com a alteração da coloração do exocarpo dos frutos. Dentre os indicadores para caracterizar a maturidade fisiológica, os mais empregados são a coloração de frutos, a capacidade de germinação, o vigor,

o grau de umidade, o tamanho e a massa de matéria seca das sementes (Barbedo et al., 1994; Dias et al., 2006a; Marcos Filho, 2005; Vidigal et al., 2011).

A compreensão do processo de maturação das sementes pode subsidiar informações importantes quanto ao potencial fisiológico das mesmas. Desta forma, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar as alterações fisiológicas durante a ontogênese das sementes de pimentas malagueta e biquinho em função do estágio de maturação dos frutos, para a determinação da maturidade fisiológica das sementes e definição do momento adequado para a colheita dos frutos.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de duas espécies de pimenta, malagueta (*C. frutescens* L.) e biquinho (*C. chinense* Jacq.). As sementes foram produzidas na casa de vegetação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a partir de sementes adquiridas por doação da Embrapa Hortaliças.

Realizou-se a semeadura em bandejas de isopor de 128 células, contendo substrato comercial utilizado para produção de olerícolas (Plantmax<sup>®</sup>), em casa de vegetação, sendo os tratamentos culturais realizados conforme recomendações técnicas para a cultura (Pinto et al., 2006).

Quarenta dias após a semeadura em bandejas, quando as plantas apresentavam de três a cinco pares de folhas, foi realizado o transplante das mudas para vasos de polietileno, com volume de cinco litros de substrato (Plantmax<sup>®</sup>), distribuídos em casa de vegetação previamente limpa. Para garantir a pureza genética das sementes, evitando a ocorrência de polinização cruzada, foram colocados tecidos organza de coloração branca ao longo da casa de vegetação, separando as diferentes espécies.

Durante o florescimento, as flores foram etiquetadas diariamente, a partir da antese até ser obtido número de sementes suficientes para os testes propostos. Foram coletados frutos de pimenta aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a antese (DAA). Após a colheita dos frutos, as sementes das duas espécies de pimenta foram extraídas manualmente e lavadas em água corrente. Em seguida, foram secas em condições ambientais, por aproximadamente 24 horas, período de tempo suficiente para

remoção da água superficial. Após a secagem, as sementes foram armazenadas, por no máximo sete dias a 10°C, até a realização das seguintes análises:

a) **Teor de água** – nas sementes recém extraídas dos frutos determinou-se o teor de água, conforme metodologia prescrita nas Regras para Análise de Sementes, pelo método da estufa, a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 horas, utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes, e os resultados foram expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

b) **Massa da matéria seca da semente** – foi determinada juntamente com o teor de água das sementes (Brasil, 2009), e consistiu do peso médio final das quatro subamostras de 50 sementes após secagem a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas. Os resultados foram expressos em mg/semente.

c) **Peso de mil sementes** – utilizaram-se oito subamostras de 100 sementes, foram pesadas em balança com precisão de 0,001g e os resultados expressos em gramas (Brasil, 2009).

d) **Teste de germinação** – utilizaram-se quatro subamostras de 50 sementes distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, umedecidas com volume de solução de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) 0,2%, equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, em caixas plásticas do tipo gerbox (Brasil, 2009). As caixas foram mantidas em BOD sob a temperatura de  $30^\circ\text{C}$ . As avaliações foram realizadas aos dezessete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

e) **Primeira contagem de germinação** – consistiu do registro da porcentagem de plântulas normais obtidas no nono dia após o início do teste de germinação, e os resultados expressos em porcentagem.

f) **Índice de velocidade de germinação** - foram realizadas contagens diárias do número de plântulas emergidas até 17 dias após a semeadura, calculando-se o IVG conforme fórmula de Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

$G_1, G_2, G_n$ : número de sementes germinadas na primeira, segunda, até a última contagem;

N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>n</sub>: Número de dias após a semeadura no primeiro, segundo, até o último dia;

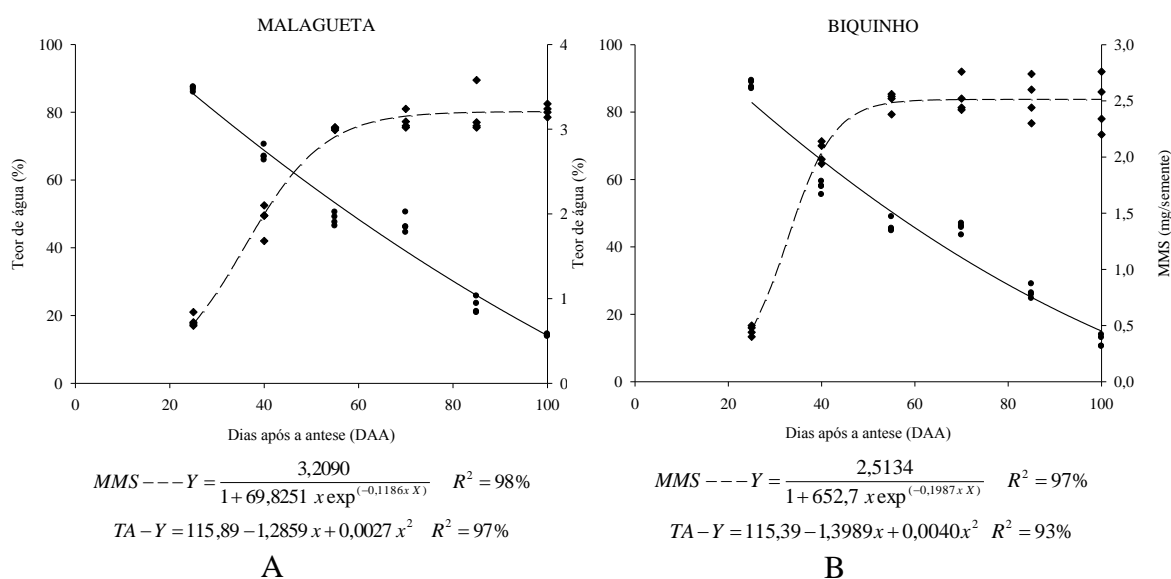
g) **Envelhecimento acelerado** – foi distribuído uniformemente um grama de sementes sobre bandeja de tela acoplada às caixas plásticas tipo gerbox, contendo, no fundo, 40 mL de água destilada. As caixas foram tampadas e mantidas em incubadora BOD, a 42°C, por 96 horas (Bhering et al., 2006). Decorrido este período, quatro subamostras de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas no décimo quarto dia após a semeadura.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, em que os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento MIXED (SAS 9.3). Foi realizada decomposição ortogonal do fator tratamentos (dias após a antese - DAA) em efeitos de primeiro, segundo, terceiro e quarto grau. Ao se observar significância em nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I para algum dos efeitos, ajustaram-se equação de regressão utilizando-se a declaração SOLUTION. Quando observado falta de ajuste significativo para os efeitos acima citados ou quando houve claro comportamento não linear para alguma variável, ajustou-se aos dados diferentes funções não lineares por meio do procedimento NLIN do SAS (versão 9.3).

As variáveis primeira contagem, germinação e envelhecimento acelerado foram analisadas utilizando abordagem de modelos lineares generalizados por meio do procedimento GLIMMIX do SAS (versão 9.3). Foi assumida distribuição binomial para os dados e a função de ligação denominada *logit* foi adotada.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento das sementes foi caracterizado por um acúmulo de matéria seca, que ocorre até aproximadamente os 80 DAA para a pimenta malagueta, com 3,192 mg/semente e 70 DAA para a pimenta biquinho, com 2,513 mg/semente (Figuras 1A-B). De acordo com a definição de Ellis e Pieta Filho (1992), estes são os pontos de maturidade de massa para cada espécie. Nesta fase do desenvolvimento das sementes, os frutos das duas espécies apresentaram coloração vermelha (Figura 1 - Capítulo 1).



**Figura 1.** Massa de matéria seca e teor de água e de sementes de pimentas malagueta (A) e biquinho (B) durante o processo de maturação.

A massa de matéria seca aumentou rapidamente nas primeiras fases do desenvolvimento das sementes. Essas fases são caracterizadas pela histodiferenciação, morfogênese e acúmulo de reservas (Bewley et al., 2013). A partir dos 80 DAA e 70 DAA, para as pimentas malagueta e biquinho, o acúmulo observado é mínimo, havendo uma tendência a estabilização, em valores de 3,201 e 2,513 mg/semente respectivamente (Figura 1A e 1B).

Em sementes de pimenta ‘Amarela comprida’, Vidigal et al. (2011) afirmaram que ocorrem acréscimos de matéria seca até os 75 DAA. Em sementes de pimentão, Demir e Ellis (1992) mencionaram que a máxima massa de matéria seca foi obtida próximo aos 50 DAA, e que nesta época de maturação os frutos apresentavam coloração vermelha em 50 a 60% do fruto. Dias et al. (2006a) citaram que, para as sementes de tomate, o máximo acúmulo de matéria seca foi obtido aos 75 DAA, fase na qual os frutos apresentavam 90% do exocarpo vermelho.

No início do desenvolvimento, aos 25 DAA as sementes das pimentas malagueta e biquinho apresentavam elevado teor de água, com aproximadamente 85% e 82% respectivamente. O alto teor de água nesta fase de maturação é necessário para a expansão celular (Taiz e Zeiger, 2009; Bewley et al., 2013), além de ser importante para permitir a translocação de compostos, tendo em vista que a transferência de metabólitos da planta para as sementes é realizada em meio líquido

(Marcos Filho, 2005), com posterior acúmulo de reservas, tais como as proteínas (Weber et al., 2010), amido (Ingram et al., 2010) e lipídeos (Graham, 2008).

Aos 70 DAA, o teor de água das sementes de pimentas malagueta e biquinho foi de aproximadamente 39% e 36%, respectivamente (Figuras 1A e 1B). Para as sementes de pimenta ‘Amarela comprida’, Vidigal et al. (2011) observaram que aos 75 DAA as sementes apresentavam teor de água de 47,3%. Queiroz et al. (2011) verificaram que as sementes de pimenta habanero apresentavam teor de água de 56% aos 67 DAA. Diante dos resultados observados para as diferentes espécies de pimenta, verifica-se que nessas épocas de maturação as sementes ainda apresentam elevado teor de água, e estão próximas à maturidade fisiológica.

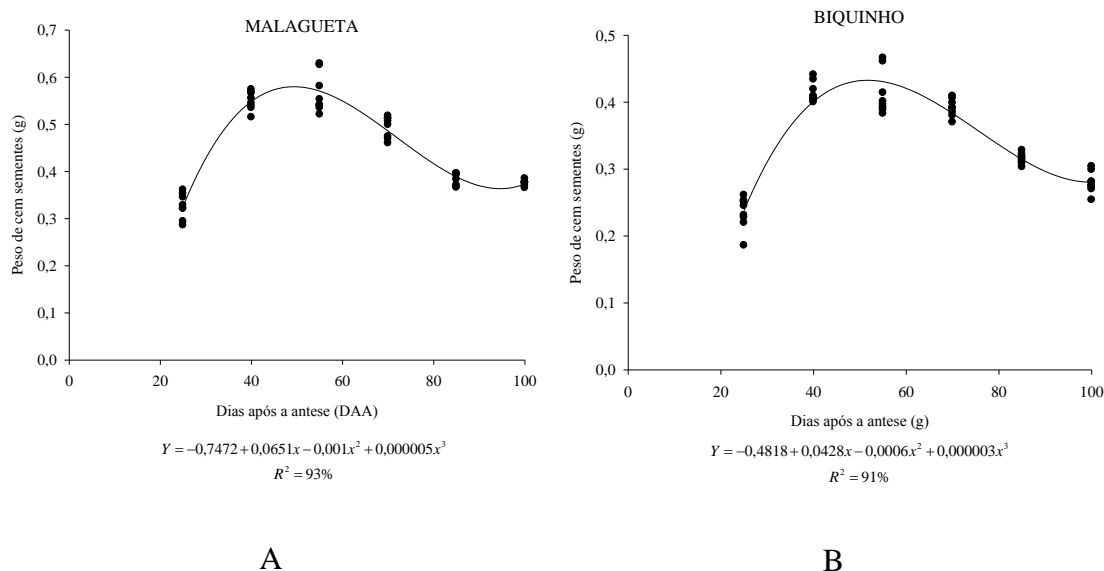
Nas espécies de frutos carnosos, Welbaum e Bradford (1988) citaram que, durante o acúmulo de reservas (solutos osmóticos), principalmente os açúcares, há um baixo potencial hídrico no interior dos frutos, que mantém as sementes com alto teor de água, porém menor do que é necessário para a germinação das sementes. Nas sementes ortodoxas, como é o caso das pimentas, após atingirem a máxima matéria seca observa-se que o decréscimo no teor de água prossegue (Angelovici et al., 2010).

Durante o desenvolvimento, as sementes adquirem a capacidade de tolerar a dessecação, sem danos irreversíveis e, desta forma, reduzem a atividade metabólica, característica que pode aumentar sua longevidade, além de conferir a tolerância às condições ambientais extremas (Gutierrez et al., 2007; Leprince e Buitink, 2010). Aos 100 DAA os valores médios para o teor de água das sementes foi de 14% para a pimenta malagueta e 15% para a pimenta biquinho (Figuras 1A e 1B). A partir deste ponto, as sementes podem sofrer variações, acompanhando as alterações da umidade relativa ambiente, devido à sua característica higroscópica (Marcos Filho, 2005; Leprince e Buitink, 2010).

O teor de água das sementes pode não ser considerado um bom indicador da maturidade fisiológica das sementes, uma vez que pode ser afetado pelo genótipo e pelas condições ambientais (Vidigal et al., 2011). No entanto, a sua determinação é de extrema importância para a compreensão do processo de maturação das sementes.

Na Figura 2 é possível observar os valores referentes ao peso de cem sementes durante o desenvolvimento das sementes de pimenta malagueta e biquinho. Conforme a descrição das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009), com

base no peso de cem sementes, pode-se inferir sobre o peso de mil sementes. Esta característica é um atributo de qualidade física e, por meio dessas informações, é possível fazer inferência quanto ao tamanho das sementes, assim como do seu estado de maturidade e de sanidade (Brasil, 2009).



**Figura 2.** Peso de cem sementes de pimentas malagueta (A) e biquinho (B) durante o processo de maturação.

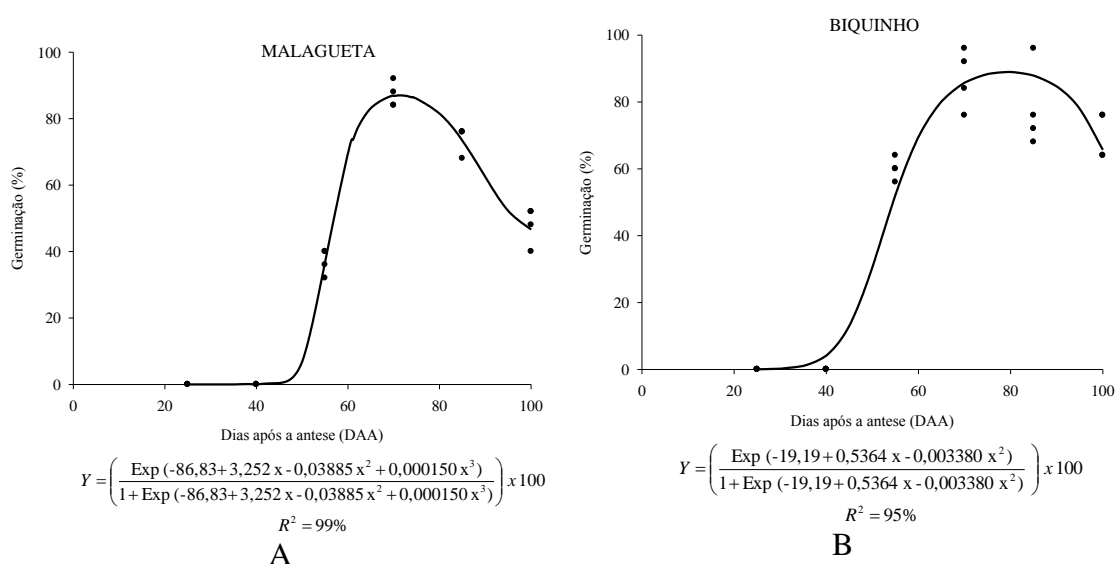
O peso de cem sementes durante a maturação, para as duas espécies, apresentou efeito cúbico. Aos 25 DAA verificaram-se os menores valores para o peso de mil sementes durante todo o processo de formação das sementes, para ambas as espécies, sendo 3,3 e 2,3 g, para a malagueta e biquinho, respectivamente (Figura 2A e B). Nesta época de maturação as sementes encontram-se no início do desenvolvimento, em que o maior constituinte das sementes é a água. De acordo com resultados apresentados por Vidigal et al. (2011) as sementes de pimenta ‘Amarela comprida’ apresentaram peso de mil sementes inferior a duas gramas aos 20 DAA. A diferença de peso, das sementes de diferentes espécies de pimenta, no início do desenvolvimento pode ser devido a diferenças nas condições em que as plantas foram cultivadas. Além disso, pode haver diferenças na taxa de acúmulo de reservas de cada espécie, ou no tamanho das sementes, sendo essas, características inerentes a cada espécie.

Verificaram-se incrementos no peso até aproximadamente 55 DAA (5,7 g) e 58 DAA (4,3 g), para as pimentas malagueta e biquinho e, a partir dessas épocas

foram observadas reduções (Figura 2A-B). Aos 70 DAA o peso de mil sementes foi de aproximadamente 4,9 e 3,8 g, para as pimentas malagueta e biquinho respectivamente. Com isso, pode-se inferir que nesta época de maturação, 1 g de sementes de pimenta malagueta contém aproximadamente 204 sementes e a pimenta biquinho contém aproximadamente 263 sementes.

O peso de mil sementes aos 100 DAA foi de 3,8 g e 2,8 g para as pimentas malagueta e biquinho respectivamente. Essa perda de peso é devido à desidratação que ocorre durante o processo de maturação em sementes ortodoxas (Angelovici et al., 2010), além do acúmulo de matéria seca.

A germinação das sementes apresentou efeito cúbico e quadrático para as pimentas malagueta e biquinho respectivamente. As sementes colhidas aos 25 e 40 DAA, para as duas espécies, não germinaram (Figura 3A e B). Nesta fase de desenvolvimento as sementes ainda não adquiriram a capacidade de germinar devido à imaturidade do embrião. Apresentaram elevado teor de água, e ainda estariam acumulando as reservas (Figura 1A e 1B) a serem utilizadas durante o processo de germinação. O mesmo comportamento germinativo foi observado por Vidigal et al. (2011) em sementes de pimenta ‘Amarela comprida’ (*C. annuum*).



**Figura 3.** Germinação das sementes de pimentas malagueta (A) e biquinho (B) durante o processo de maturação.

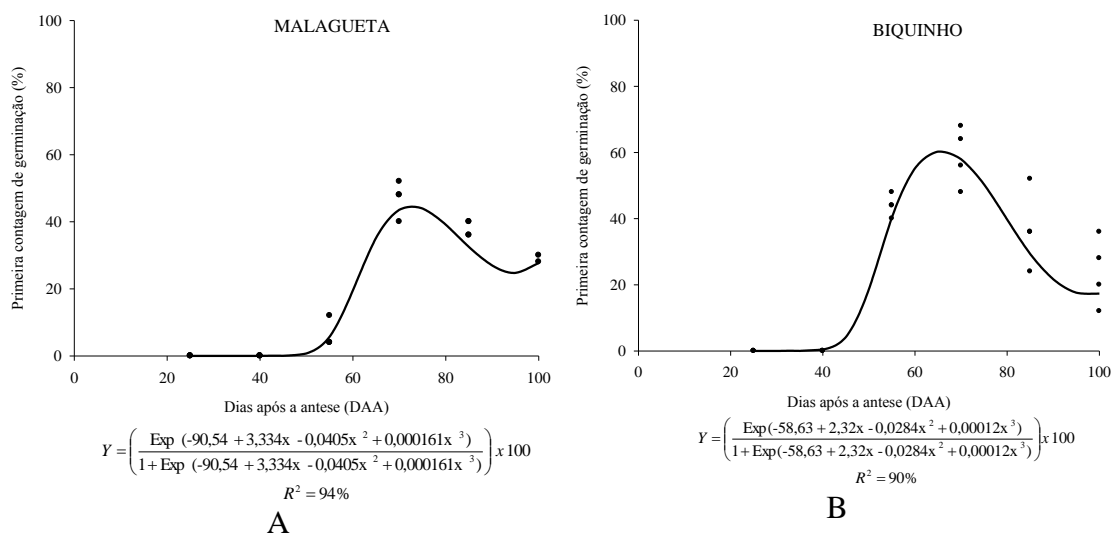
Após os 40 DAA foram verificados incrementos na porcentagem de germinação até aproximadamente 71 DAA para a pimenta malagueta e 79 DAA para a pimenta biquinho. Nessas épocas de maturação, a porcentagem de germinação para a pimenta malagueta foi de 86% (Figura 3A) e, para a pimenta biquinho de 89% (Figura 3B). Nesta fase de desenvolvimento, mesmo ainda apresentando elevado teor de água (Figura 1A e B), as sementes já adquiriram elevado potencial germinativo, devido principalmente ao acúmulo de reservas. No entanto, observa-se a continuidade do desenvolvimento das sementes (Galau et al., 1987), com a desidratação que ocorre durante o processo de maturação em sementes ortodoxas (Angelovici et al., 2010).

A partir dos 71 e 79 DAA, para as duas espécies, houve redução nos valores, sendo que aos 100 DAA a porcentagem de germinação foi de 47% e 66% para a pimenta malagueta e biquinho, respectivamente (Figuras 3A e 3B). A permanência dos frutos na planta após a maturidade fisiológica mostrou-se mais prejudicial para a qualidade fisiológica das sementes de pimenta malagueta, em que a germinação atingiu uma porcentagem menor que 50%, aos 100 DAA. Assim, o ideal é que a colheita das sementes de pimenta malagueta seja realizada pelo menos até 85 DAA, em que a porcentagem de germinação ainda é superior a 70%, sendo este o valor o mínimo recomendado para a comercialização de sementes básicas do gênero *Capsicum*, de acordo com a portaria 457, de 18 de dezembro de 1986 (Brasil, 1986) e o projeto de Instrução Normativa de 05 de setembro de 2012 (DOU nº 173).

A primeira contagem de germinação é um teste de vigor simples, realizado simultaneamente ao teste de germinação e, baseia-se no pressuposto de que as sementes mais vigorosas irão germinar mais rápido do que as outras. Para as duas espécies houve um efeito cúbico para a variável primeira contagem de germinação, durante o desenvolvimento das sementes.

Para as duas espécies, devido à ausência de germinação aos 25 e 40 DAA, a primeira contagem de germinação também foi nula (Figura 4A e B). Para as pimentas malagueta e biquinho verificou-se a máxima germinação na primeira contagem aos 72 DAA e 65 DAA, com 44% e 60% respectivamente. A partir dessas épocas, houve decréscimos até os 100 DAA, em que foram observadas germinação de 27% e 17%.

Para a pimenta ‘Amarela comprida’, Vidigal et al. (2011) observaram que a primeira contagem de germinação é máxima próximo aos 60 DAA, e que, a partir dessa época de maturação, os valores mantiveram-se estáveis, até 75 DAA, com aproximadamente 60%.

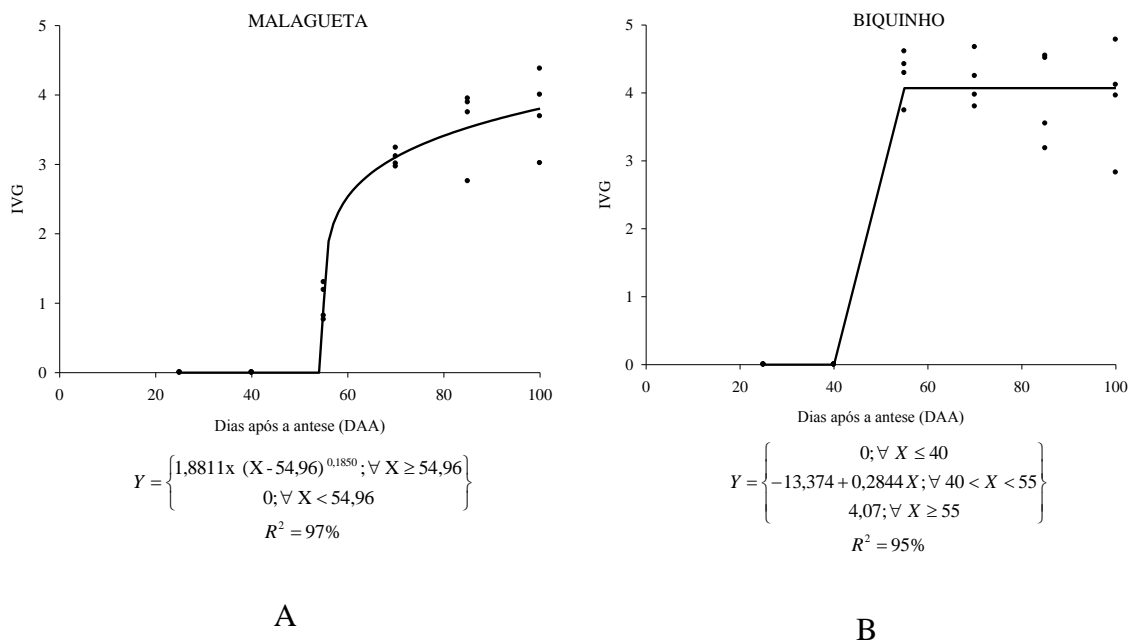


**Figura 4.** Primeira contagem de germinação de sementes de pimentas malagueta (A) e biquinho (B) durante o processo de maturação.

Devido à ausência de germinação, aos 25 e 40 DAA o índice de velocidade de germinação (IVG) também foi nulo, para ambas as espécies (Figura 5A e B).

A pimenta malagueta apresentou aumentos progressivos no IVG com o desenvolvimento das sementes. Aos 55 DAA, observou-se um índice de 1,01. Desta época de maturação até aproximadamente 70 DAA, os acréscimos de valores foram mais expressivos, em que se observou IVG de 3,10. Aos 100 DAA, o valor observado para este índice foi 3,80 (Figura 5A).

Para a pimenta biquinho, os acréscimos no IVG ocorreram entre 41 e 54 DAA, a uma taxa de 0,2844 ao dia. Aos 41 DAA, observou-se IVG de 0,286 e, na última época citada, esse índice foi de 3,983. A partir dos 55 DAA, o IVG variou em torno de 4,07 (Figura 5B). Segundo Vidigal et al. (2011), para a pimenta Amarela comprida, o IVG situou-se entre 2 e 2,5, aproximadamente, aos 60 DAA, mantendo-se estável até os 75 DAA.



**Figura 5.** Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes das pimentas malagueta (A) e biquinho (B) durante o processo de maturação.

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado com as sementes colhidas a partir dos 55 DAA. Foi verificado comportamento cúbico e quadrático para as pimentas malagueta e biquinho, respectivamente, durante a maturação das sementes.

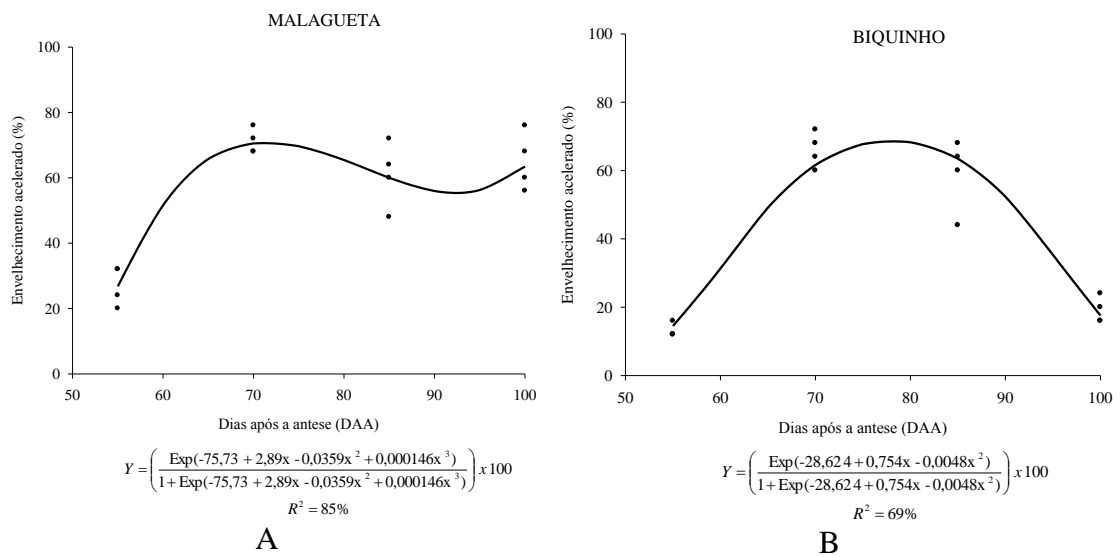
Para a pimenta malagueta, pelo teste de envelhecimento acelerado, verificou-se que dos 55 aos 71 DAA houve incrementos no vigor das sementes, sendo que a germinação na primeira época foi de 27% e na última de 70%. Após essa época de maturação houve redução do vigor das sementes, sendo que aos 100 DAA foi de aproximadamente 63% (Figura 6A).

Para a pimenta biquinho, os acréscimos na porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado das sementes ocorreram dos 55 (14%) aos 78 DAA (69%) (Figura 6B). Após esta época foram verificadas reduções no vigor das sementes até os 100 DAA, quando a germinação foi de aproximadamente 18%.

As sementes de pimenta malagueta mantiveram o vigor mais elevado do que a pimenta biquinho aos 100 DAA, sugerindo que a condição de estresse, causada pela alta temperatura e umidade, pode gerar uma elevada taxa de respiração e consumo das reservas, acelerando assim os processos metabólicos que levam à sua deterioração.

Em sementes de pimenta habanero, Queiroz et al. (2011) afirmaram que o vigor, avaliado pelo teste do envelhecimento acelerado, foi maior para as sementes

colhidas aos 67 DAA, com 29%, e que para as sementes colhidas aos 50 e 60 DAA, apresentaram vigor praticamente nulo. Para sementes de pimenta ‘Amarela comprida’, a partir dos 55 DAA, a germinação manteve-se em torno de 80%, até 75 DAA (Vidigal et al., 2011). O vigor das sementes de pimenta malagueta, por meio do teste de envelhecimento acelerado, foi semelhante ao encontrado para a pimenta ‘Amarela comprida’, enquanto a pimenta biquinho mostrou vigor similar ao encontrado por Queiroz et al. (2011) para pimenta habanero.



**Figura 6.** Envelhecimento acelerado de sementes das pimentas malagueta (A) e biquinho (B) durante o processo de maturação.

Em geral, pelos testes de germinação e de vigor utilizados, observou-se que houve acréscimos até aproximadamente 70 DAA e que, a partir desta época de maturação, as sementes tornaram-se menos vigorosas.

A máxima qualidade fisiológica pode ser determinada a partir da combinação das características relacionadas ao potencial germinativo e ao vigor das sementes. Para as sementes das pimentas malagueta e biquinho, em geral, a máxima qualidade fisiológica foi obtida, aproximadamente, aos 70 DAA. Este resultado está de acordo com a hipótese de que a máxima qualidade fisiológica das sementes é obtida próximo ao final do período de acúmulo de matéria seca, constatada por Welbaum e Bradford (1988) e Demir et al. (2004).

#### **4- CONCLUSÃO**

A maturidade fisiológica de sementes de pimentas malagueta e biquinho ocorre em torno de 70 DAA, quando os frutos apresentam coloração vermelha, sendo a época recomendada para a realização da colheita das sementes.

## 5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, E.M.; SILVA, R.F.; ARAUJO, E.F.; LEIRO, L.S. Maturação fisiológica de sementes de abóbora italiana. (Physiological maturation of squash seeds). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 13, n. 2, p. 147 - 150, 1991.
- ARAUJO, E.F.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, R.F. Influência da idade e armazenamento dos frutos na qualidade de sementes de abóbora. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 4, n. 1, p. 77 - 87, 1982.
- ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A.R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 4, p. 211 - 218, 2010.
- BARBEDO, C.J.; NAKAGAWA, J.; BARBEDO, A.S.C.; ZANIN, A.C.W. Influência da idade e do período de repouso pós-colheita de frutos de pepino cv. Rubi na qualidade fisiológica de sementes. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 118 - 124, 1994.
- BERGER, F., HAMAMURA, Y.; INGOUFF, M.; HIGASHIYAMA, T. Double fertilization – caught in the act. **Trends in Plant Science**, v. 13, n. 8, p. 664 - 670, 2008.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer. Third Edition. 2013. 392 p.
- BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; VIDIGAL, D.S.; NAVEIRA, D.S.P. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 64 - 71, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 457, 18 de dezembro de 1986. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, 23 de de 1986. p. 19653.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399p.

- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. *In*: FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. 2004. p.51-67.
- DEMIR, I.; ELLIS, R.H. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. **Seed Science Research**, v. 2, n. 2, p. 81 - 87, 1992a.
- DEMIR, I.; ELLIS, R.H. Development of pepper (*Capsicum annuum*) seed quality. **Annals of Applied Biology**, v. 121, p. 385 - 399, 1992b.
- DEMIR, I.; SAMIT, Y. Seed quality in relation to fruit maturation and seed dry weight during development in tomato. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 2, p. 453 - 462, 2001.
- DEMIR, I.; MAVI, K.; SERMENLI, T.; OZCOBAN, M. Seed development and maturation in Aubergine (*Solanum melongena* L.). **Gartenbauwissenschaft**, v. 67, n. 4, p. 148 - 154, 2002.
- DEMIR, I.; MAVI, K.; OZCOBAN, M. Changes in germination and potential longevity of watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds during development. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 32, n. 1, p. 139 - 145, 2004.
- DIAS, D.C.F.S.; RIBEIRO, F.P.; DIAS, L.A.S.; SILVA, D.J.H.; VIDIGAL, D.S. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 691 - 699, 2006a.
- DIAS, D.C.F.S.; RIBEIRO, F.P.; DIAS, L.A.S.; SILVA, D.J.H.; VIDIGAL, D.S. Tomato seed quality harvested from different trusses. **Seed Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 681 - 689, 2006b.
- ELLIS, R.H.; PIETA FILHO, C. Seed development and cereal seed longevity. **Seed Science Research**, v. 2, n. 1, p. 9 - 15, 1992.
- GALAU, G.A., BIJAISORADAT, N.; HUGHES, D.W. Accumulation kinetics of cotton late embryogenesis abundant (Lea) mRNAs and storage protein mRNAs: coordinate regulation during embryogenesis and the role of abscisic acid. **Developmental Biology**, v. 123, p. 198 - 212, 1987.

- GRAHAM, I. A. Seed storage oil mobilization. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 115 - 142, 2008.
- GUTIERREZ, L.; VAN WUYTSWINKEL, O.; CASTELAIN, M.; BELLINI, C. Combined networks regulating seed maturation. **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 7, p. 294 - 300, 2007.
- HEHENBERGER, E.; KRADOLFER, D.; KÖHLER, C. Endosperm cellularization defines an important developmental transition for embryo development. **Development**, v. 139, p. 2031 - 2039, 2012.
- HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 9, p. 431 - 438, 2001.
- INGRAM, G.C. Family life at close quarters: communication and constraint in angiosperm seed development. **Protoplasma**, v. 247, p. 195 - 214, 2010.
- LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Desiccation tolerance: From genomics to the field. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 554 - 564, 2010.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de semente de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176 - 177, 1962.
- NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D.C.F.S.; FREITAS, R.A. Produção de sementes de pimentas. **Informe Agropecuário: cultivo da pimenta**, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 30 - 39, 2006.
- PINTO, C.M.F.; PUIATTI, M.; CALIMAN, F.R.B.; MOREIRA, G.M.R.; MATTOS, R. N. Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 235, p. 40 - 49, 2006.
- QUEIROZ, L.A.F.; VON PINHO, E.V.R.; OLIVEIRA, J.A.; FERREIRA, V.F.; CARVALHO, B.O.; BUENO, A.C.R. Época de colheita e secagem na qualidade de sementes de pimenta habanero yellow. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3 p. 472 - 481, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

- TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Época de colheita dos frutos e ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 75 - 80, 2008.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; NAVEIRA, D.S.P.C.; ROCHA, F.B.; BHERING, M.C. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 87 - 93, 2006.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; VON PINHO, E.R.D.; DIAS, L.A.S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 129 - 136, 2009a.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; VON PINHO, E.R.D.; DIAS, L.A.S. Sweet pepper seed quality and Lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 192 - 201, 2009b.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; FINGER, F.L. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 5, p. 535 - 539, 2011.
- WEBER, H.; SREENIVASULU, N.; WESCHKE, W. Molecular physiology of seed maturation and seed storage protein biosynthesis. **Plant Developmental Biology**, v. 2, p. 83 - 104, 2010.
- WELBAUM, G.E.; BRADFORD, K.J. Water relations of seeds development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.) I. Water relations of seeds and fruit development. **Plant Physiology**, v. 86, p. 406 - 411, 1988.

## CAPÍTULO III

### **Alterações Histoquímicas Durante a Ontogênese de Sementes de Pimentas Malagueta e Biquinho**

#### **RESUMO**

Objetivou-se acompanhar as alterações estruturais, a deposição de reservas e determinar a composição química de sementes de pimenta malagueta e biquinho durante a sua ontogênese. Durante o florescimento, as flores em antese foram etiquetadas diariamente, até ser obtido número de sementes suficiente para as avaliações propostas. Foram coletados frutos de pimenta aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a antese (DAA). Após a coleta, as sementes foram fixadas em FAA 50 e, em seguida, armazenadas em álcool 70%. Posteriormente, foram incluídas em Historessina Metacrilato. As sementes foram seccionadas com 6 µm de espessura, utilizando-se um micrótomo. Os cortes foram submetidos à coloração com Azul de Toluidina, Xylidine Ponceau, PAS, Lugol e Vermelho de Rutênio. Para reação com Floroglucina Ácida e Sudam III, foram realizados cortes a 40 µm de espessura, utilizando-se um criomicrotomo. Verificou-se que, com o desenvolvimento das sementes, houve lignificação progressiva das células do tegumento. As proteínas e os lipídeos constituem os principais compostos de reserva das sementes de pimenta malagueta e biquinho. Estes compostos são depositados durante a ontogênese das sementes e são compartimentalizados em corpos proteicos e lipídicos, estocados no embrião e endosperma. O acúmulo de reservas proteicas ocorre desde os primeiros estádios de maturação, no citoplasma das células do endosperma. Nas células do embrião, as reservas são acumuladas em estádios mais tardios da maturação, a partir dos 55 DAA. O amido foi observado apenas aos 25 DAA, constituindo uma fonte transitória de reserva para o desenvolvimento do embrião. As reservas lipídicas são observadas nas células do embrião e do endosperma dos 25 aos 100 DAA. Aos 100 DAA, as sementes de pimenta malagueta e biquinho apresentam concentração de proteínas de 0,33 e 0,62 g/g M.S. e de lipídeos de 0,30 e 0,25 g/g M.S. respectivamente.

Palavras chave: *Capsicum* spp., composição química, reservas, sementes, histoquímica.

## Histochemical Changes During the Ontogeny of *Malagueta* and *Biquinho* pepper seeds

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the structural changes, the deposition of reserves and determine the chemical composition of *malagueta* and *biquinho* pepper seeds during ontogeny. During flowering, the flowers were tagged at anthesis daily until being obtained number of seeds sufficient for proposed evaluations. Pepper fruits were collected at 25, 40, 55, 70, 85 and 100 days after anthesis (DAA). After collection, seeds were fixed in FAA 50 and then stored in 70% ethanol. Subsequently, the seeds were embedded in Methacrylate Histo-resin. The seeds were sectioned with 6  $\mu\text{m}$  thickness using a microtome. The sections were stained with Toluidine Blue O, Xylidine Ponceau, PAS, Lugol and Ruthenium red. For staining with Acid phoroglucine and Sudan III sections with 40  $\mu\text{m}$  thickness were performed using a cryomicrotome. It was verified that during the development of seed there was progressive lignification of the seed coat cells. Proteins and lipids are the main reserve compounds of *malagueta* and *biquinho* pepper seeds. These compounds are deposited during ontogenesis of the seeds and are compartmentalized in proteic and lipids bodies stored in the embryo and endosperm. The accumulation of proteic reserves occur from the earliest stages of maturation in the cytoplasm of the endosperm cells. In the cells of the embryo, the reserves are accumulated in later stages of maturation at 55 DAA. The starch is only observed at 25 DAA, providing a transient source of reserve for developing embryo. The lipid reserves are observed in cells from the embryo and endosperm from 25 until 100 DAA. At 100 DAA, the seeds pepper of *malagueta* and *biquinho* have protein concentration of 0.33 and 0.62 g/g D.M. and of lipids of 0.30 and 0.25 g/g D.M., respectively.

**Key words:** *Capsicum* spp.; chemical composition; reserves; seeds, histochemistry.

## 1- INTRODUÇÃO

Desde a fertilização até o momento da colheita ocorrem modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas influenciando a formação das sementes. A maturação de sementes de Angiospermas é um processo complexo, resultado do crescimento e desenvolvimento coordenado de estruturas distintas: o tegumento, o endosperma e o embrião, porém justapostas (Ingram, 2010).

O processo de desenvolvimento das sementes é iniciado com a polinização, seguido da dupla-fecundação (Berger et al., 2008; Hehenberger et al., 2012), que em Angiospermas leva à formação do embrião, do endosperma e do tegumento (Kesavan et al., 2013). O desenvolvimento do óvulo em semente culmina com a maturidade fisiológica, quando cessa o fluxo de fotoassimilados oriundos da planta para a semente (Carvalho e Nakagawa, 2012).

No início da formação das sementes, ocorre intensa divisão e expansão celular, seguidas por aumento progressivo da massa de matéria seca, devido à síntese e deposição de reservas, tais como carboidratos, lipídeos e proteínas (Bewley et al., 2013; Suda e Giorgini, 2000; Lima et al., 2008). Estes processos ocorrem em organelas específicas que podem estar presentes no embrião e/ou nos tecidos de reserva, tais como endosperma ou perisperma. Na fase intermediária de desenvolvimento, as sementes permanecem com elevado teor de água e exibem alto poder germinativo, sendo o final desse processo determinado pela maturidade fisiológica. Posteriormente, em sementes ortodoxas, ocorre a secagem ou desidratação (Angelovici et al., 2010; Weber et al., 2010).

O interesse agrônômico referente ao conhecimento do processo de maturação de sementes é devido, principalmente, à obtenção de informações sobre o controle da dormência, a regulação do acúmulo de reservas e o controle epigenético do desenvolvimento do endosperma (Ingram, 2010). Tendo em vista que a propagação da pimenta é realizada pela via seminífera, o controle da qualidade fisiológica e conhecimento do processo de formação das sementes são essenciais para a obtenção de sementes com elevada germinação e vigor. Para isso, faz-se necessária a realização da colheita no momento adequado, próximo à maturidade fisiológica.

O conhecimento da composição química e dos mecanismos de deposição e mobilização de reservas é imprescindível para a tecnologia de produção de sementes, considerando-se que tanto a germinação e o vigor, quanto o potencial de armazenamento são influenciados pelos compostos presentes nas sementes (Buckeridge et al., 2004; Bewley et al., 2013).

Os lipídeos de reserva são sintetizados em organelas presentes no citoplasma, sendo acumulados em corpos lipídicos onde há predominância de triacilglicerídeos, que fornecem energia para o estágio inicial de germinação e crescimento do embrião (Murphy, 1990; Graham, 2008). O amido, sintetizado e acumulado nos amiloplastos, é um polímero formado pela associação de dois polissacarídeos, a amilose, que usualmente está presente na proporção de 25% e a amilopectina, que corresponde ao principal componente dos grânulos de amido, com aproximadamente 75% (Zeeman et al., 2010). Quanto às reservas proteicas, em sementes são encontradas, principalmente, duas classes de proteínas, as globulinas e as prolaminas, sintetizadas no complexo de Golgi e retículo endoplasmático, sendo estas acumuladas sob a forma de corpos proteicos (Marty, 1999).

Durante a germinação das sementes e o desenvolvimento de plântulas, os carboidratos e os lipídeos são mobilizados e utilizados como fonte de energia e carbono (Graham, 2008; Taiz e Zeiger, 2009). As proteínas têm como função armazenar principalmente nitrogênio e enxofre, essenciais para a síntese de novas proteínas, ácidos nucleicos e compostos secundários na plântula em crescimento (Lima et al., 2008; Taiz e Zeiger, 2009).

A compreensão dos mecanismos envolvidos no controle de desenvolvimento das sementes, abordando aspectos estruturais, qualitativos e quantitativos durante a deposição de reservas, tem sido enfatizada em diversas pesquisas sobre a bioquímica, fisiologia e ecofisiologia (Borisjuk et al., 1995; Patrick e Offler, 1995; Weber et al., 1997a; Weber et al., 1997b; Weber et al., 1998; Patrick e Offler, 2001; Borisjuk et al., 2003).

Estudos sobre a composição química, a mobilização de reservas acumuladas durante a formação das sementes e sua utilização durante a germinação, visando a obtenção de informações importantes para a tecnologia de sementes, também têm sido realizados. Nesse contexto, diversas espécies já foram caracterizadas, como:

*Glycine max* (Cortelazzo e Vidal, 1991), Chen e Lott (1992), *Medicago sativa* (Krochko e Bewley, 2000), *Phaseolus vulgaris* (Cortelazzo et al., 2005).

Aspectos bioquímicos e fisiológicos da composição química e deposição de reservas em sementes de pimenta ainda são pouco conhecidos. A anatomia e histoquímica vegetal têm contribuído para elucidar a ontogênese e deposição de reservas em diferentes órgãos vegetais. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar as alterações estruturais, a composição das sementes e a deposição de reservas durante a ontogênese de sementes de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) e biquinho (*C. chinense* Jacq.) em diferentes estádios de maturação.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de duas espécies de pimenta, malagueta (*C. frutescens* L.) e biquinho (*C. chinense* Jacq.). As sementes foram produzidas na casa de vegetação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a partir de sementes adquiridas por doação da Embrapa Hortaliças.

Realizou-se a semeadura em bandejas de isopor de 128 células, contendo substrato comercial utilizado para produção de olerícolas (Plantmax<sup>®</sup>), em casa de vegetação, sendo os tratamentos culturais realizados conforme recomendações técnicas para a cultura (Pinto et al., 2006).

Quarenta dias após a semeadura em bandejas, quando as plantas apresentavam de três a cinco pares de folhas, foi realizado o transplante das mudas para vasos de polietileno, com volume de cinco litros de substrato (Plantmax<sup>®</sup>), distribuídos em casa de vegetação previamente limpa. Para garantir a pureza genética das sementes, evitando a ocorrência de polinização cruzada, foram colocados tecidos orgãos de coloração branca ao longo da casa de vegetação, separando as diferentes espécies.

Durante o florescimento, as flores foram etiquetadas diariamente, a partir da antese até ser obtido número de sementes suficientes para os testes propostos. Foram coletados frutos de pimenta aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a antese (DAA). Após a colheita dos frutos, as sementes das duas espécies de pimenta foram extraídas manualmente e lavadas em água corrente. Em seguida, foram secas em condições

ambientais, por aproximadamente 24 horas, período de tempo suficiente para remoção da água superficial.

## **2.1 - Caracterização morfológica das sementes**

Para a descrição da morfologia das sementes das pimentas malagueta e biquinho, foram utilizadas 50 sementes, escolhidas aleatoriamente, aos 100 DAA. Foram considerados aspectos externos e internos. Para as observações morfológicas internas, as sementes foram previamente imersas em água destilada por 24 horas, para amolecimento e hidratação dos tecidos, facilitando a identificação das diferentes estruturas. Após esse período, realizaram-se cortes longitudinais transmedianos e transversais, utilizando-se lâminas de aço descartável. A observação das estruturas foi realizada em Lupa Zeiss Stemi 2000-C, equipada com sistema fotográfico U-Photo, câmera digital acoplada (modelo AxionCam ERc 5s, Zeiss, Gena, Alemanha) e a aquisição das imagens foi feita utilizando o *software* AxionVision LE, do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa.

## **2.2 - Análises histoquímicas**

As análises histoquímicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia do Departamento de Botânica, no Bioagro (Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária), pertencentes à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e no Laboratório de Biologia celular da Universidade Federal do Ceará (UFC).

As sementes foram fixadas em FAA 50 (Formaldeído (5): Ácido acético (5): Álcool etílico 50% (90)) por 48 horas e, em seguida, armazenadas em álcool etílico 70% (Johansen, 1940). Posteriormente, as sementes foram infiltradas, por um período de aproximadamente dois meses e, incluídas em Histo-resina Metacrilato (Kit Histo-resin - LEICA).

As sementes foram seccionadas com 6 µm de espessura, utilizando-se um micrótomo semiautomático Leica RM 2065 (Heidelberg, Germany) para confecção das lâminas. Para a realização dos testes histoquímicos foram utilizados os seguintes corantes:

a) Azul de Toluidina (AT) 0,025% pH 4,0 - a coloração ocorreu durante 15 minutos a temperatura ambiente, seguidos de três banhos rápidos em água destilada; em seguida, secagem ao ar e montagem em Entellan<sup>®</sup> (O'Brien, 1964).

b) Xylidine Ponceau (XP) 0,1% pH 2,5 - a coloração ocorreu durante 15 minutos a temperatura ambiente, seguindo-se de lavagem em ácido acético a 3%, durante 15 minutos e lavagem rápida em água destilada; em seguida secagem ao ar e montagem em Entellan<sup>®</sup> (O'Brien; McCully, 1981).

c) Reação do PAS (Periodic Acid Schiff) - os cortes foram oxidados com ácido periódico a 0,5% durante nove minutos, lavados em água destilada e cobertos com reativo de Schiff durante 30 minutos, a temperatura ambiente na ausência de luz. Em seguida, foram lavados em água sulfurosa, três banhos durante três minutos cada, constituída de ácido sulfúrico, metabissulfito de sódio e água destilada, secagem ao ar e montagem em Entellan<sup>®</sup> (McManus, 1948).

d) Vermelho de Rutênio - a coloração ocorreu durante 5 minutos a temperatura ambiente, seguido de três banhos rápidos em água destilada, em seguida secagem ao ar e montagem em glicerina 50% (Johansen, 1940).

e) Lugol - a coloração ocorreu durante 5 minutos a temperatura ambiente, seguido de três banhos rápidos em água destilada, em seguida secagem ao ar e montagem em glicerina 50%. (Johansen, 1940).

Foram realizadas secções transversais das sementes a 40 µm, utilizando-se um criomicrotomo. Para tanto, o material vegetal foi fixado em FAA 50 e, em seguida, armazenadas em álcool 70% até a realização dos cortes. Para este procedimento, as amostras foram transferidas e estocadas em solução de sacarose "over night", com o intuito de aumentar o potencial osmótico das células, evitando possíveis danos aos tecidos durante o congelamento em que o material vegetal é submetido durante o procedimento. Os cortes de cada época de maturação foram armazenados em álcool 50% até o momento das reações com:

a) Floroglucina ácida - esta reação foi realizada por meio de duas soluções. Primeiramente os cortes foram submetidos à solução A, constituída por floroglucinol e etanol a 95% e, em seguida, submetidas à solução B, constituída de ácido clorídrico a 37% e água destilada. Após cinco minutos de reação, foram montadas as lâminas com glicerina 50% (Jensen, 1962).

b) Sudam III – os cortes foram submetidos a coloração por 20 minutos, em seguida lavados em água destilada e as lâminas montadas em glicerina 50% (Johansen, 1940).

### **2.3- Registro de imagens**

Os materiais vegetais cortados no criomicrotomo foram observados em microscópio de luz (modelo AX70RF, Olympus Optical, Tóquio, Japão), equipado com sistema fotográfico U-Photo, câmera digital acoplada (modelo AxionCan, Carl Zeiss, Gena, Alemanha) e a obtenção das imagens foi feita utilizando o *software* AxionVision LE, do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa.

### **2.4 - Determinação química da quantidade de proteína e lipídeos**

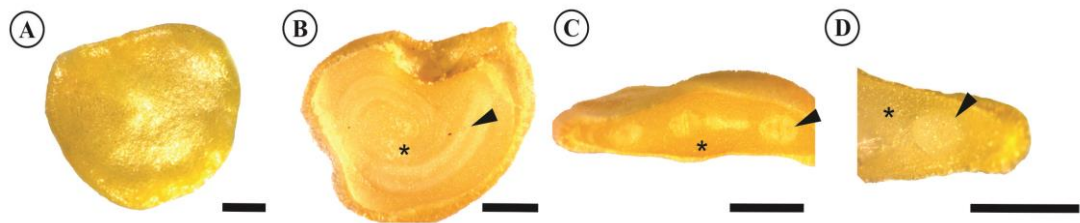
As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A extração de proteínas foi realizada com tampão TRIS-HCl, 0,1 M, pH 7,5 como solução de extração (Alfenas et al., 1991). A quantificação de proteínas foi realizada pelo método de Bradford (1976), utilizando-se albumina sérica bovina (BSA) como padrão.

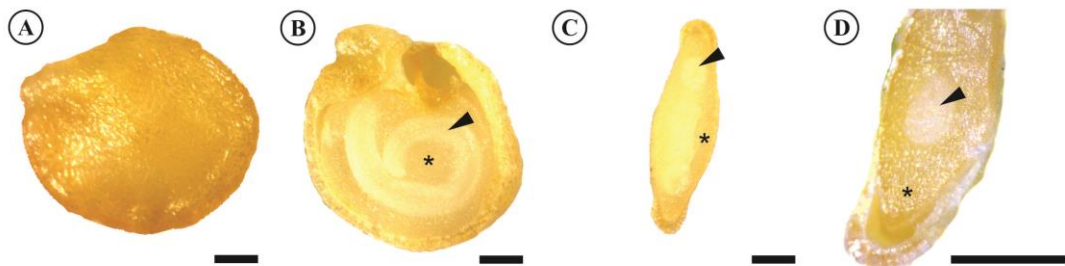
Os lipídeos foram extraídos quimicamente com hexano a frio. Após a maceração e secagem do material vegetal, as amostras foram expostas ao hexano por 24 horas e, em seguida, o material foi centrifugado. Retirou-se o sobrenadante, sendo estes colocados em tubos de ensaio de peso conhecido. As amostras foram novamente expostas ao hexano, por mais 20 minutos, centrifugadas e o sobrenadante adicionado a àquele da primeira centrifugação. A determinação foi feita por diferença de massa após a evaporação completa do hexano em temperatura ambiente (Triebold, 1946).

### 3- RESULTADOS

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as características morfológicas externas e internas das sementes de pimentas malagueta e biquinho aos 100 DAA, quando os frutos das duas espécies apresentavam coloração vermelha intensa (Figura 1- Capítulo 1). As sementes apresentam coloração do tegumento amarela e homogênea, com superfície irregular e algumas depressões (Figuras 1A e 2A). As sementes da pimenta malagueta apresentam contorno longitudinal obovado (Figura 1A) e as sementes da pimenta biquinho contorno arredondado (Figura 2A).



**Figura 1.** Aspectos morfológicos das sementes maduras (100 DAA) de pimenta malagueta. A - Semente inteira; B - Corte longitudinal transmediano; C - Corte transversal, D - Corte transversal. (Barra - 0,5mm). Legenda: \*endosperma; ► embrião).



**Figura 2.** Aspectos morfológicos das sementes maduras (100 DAA) de pimenta biquinho. A - Semente inteira; B - Corte longitudinal transmediano; C - Corte transversal, D - Corte transversal. (Barra - 0,5mm). Legenda: \* endosperma; ► embrião).

Nas Figuras 1B e 2B é possível visualizar as características morfológicas internas das sementes, por meio de cortes longitudinais transmedianos. As sementes das duas espécies são endospermicas. O endosperma é carnoso e consistente, e também apresenta coloração amarelada. O embrião é periférico, curvo, cilíndrico e

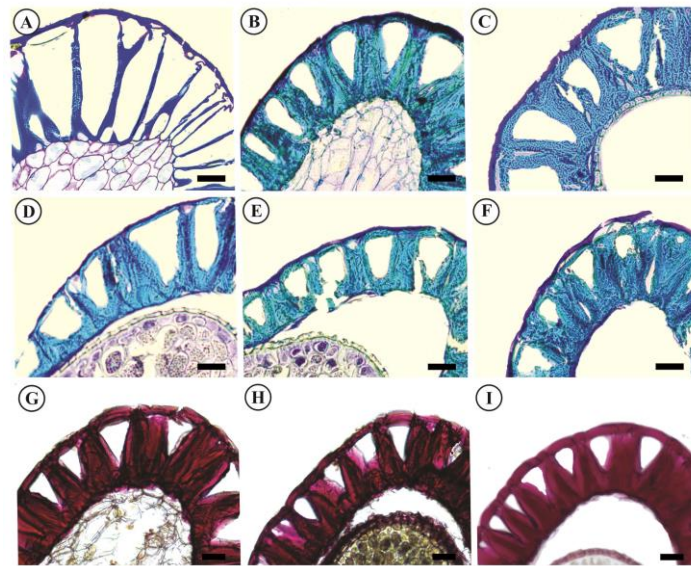
de coloração branca, sendo facilmente observado devido à diferença de cor quando comparado ao endosperma.

Em corte transversal das sementes, observa-se contorno elíptico para as duas espécies. Nesse plano de corte, também é possível visualizar a diferença de coloração entre o embrião e endosperma das sementes (Figuras 1C-D, 2C-D). Devido à curvatura do embrião, ao realizar esse tipo de corte podem-se visualizar diferentes regiões do embrião, como a região cotiledonar e a radicular.

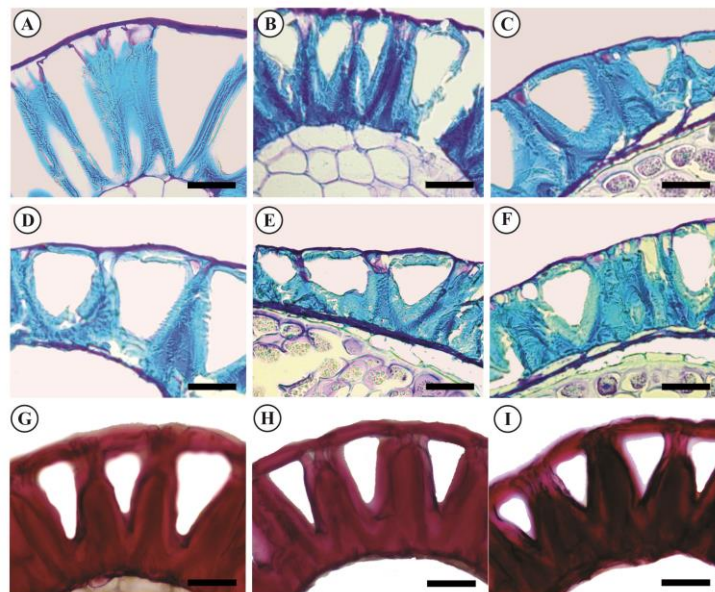
No presente estudo, foram observadas similaridades referentes à estrutura dos tecidos e deposição de reservas entre as pimentas malagueta e biquinho, durante o desenvolvimento das sementes.

O tegumento das sementes de pimenta malagueta e biquinho apresentou lignificação com o desenvolvimento. Nas Figuras 3 e 4, esse comportamento pode ser verificado a partir da reação azul claro e com o espessamento de paredes celulares nas porções periclinais e anticlinais das células da epiderme, por meio da reação com o Azul de Toluidina. Esta lignificação é confirmada com a reação positiva à Floroglucina Ácida. Essa característica pode conferir proteção mecânica às estruturas internas das sementes, garantida por células esclerenquimáticas e, portanto, lignificadas.

Aos 25 DAA, o tegumento das sementes das duas espécies apresentava-se pouco lignificado (Figuras 3A e 4A). Por meio de secção transversal, verificou-se o espessamento desuniforme e progressivo das faces periclinais e anticlinais da parede, em direção à porção interna. Em função disso, ocorreu a formação de uma aparência piramidal do lúmen das células do tegumento (Figuras 3 e 4), reconhecível logo no início da formação das sementes, aos 40 DAA (Figuras 3B e 4B). Com o desenvolvimento das sementes e a progressiva lignificação das paredes celulares, observou-se que o lúmen das células tornou-se menor e, encontrou-se mais próximo a face externa da parede, ocupando uma área cada vez menor da epiderme.



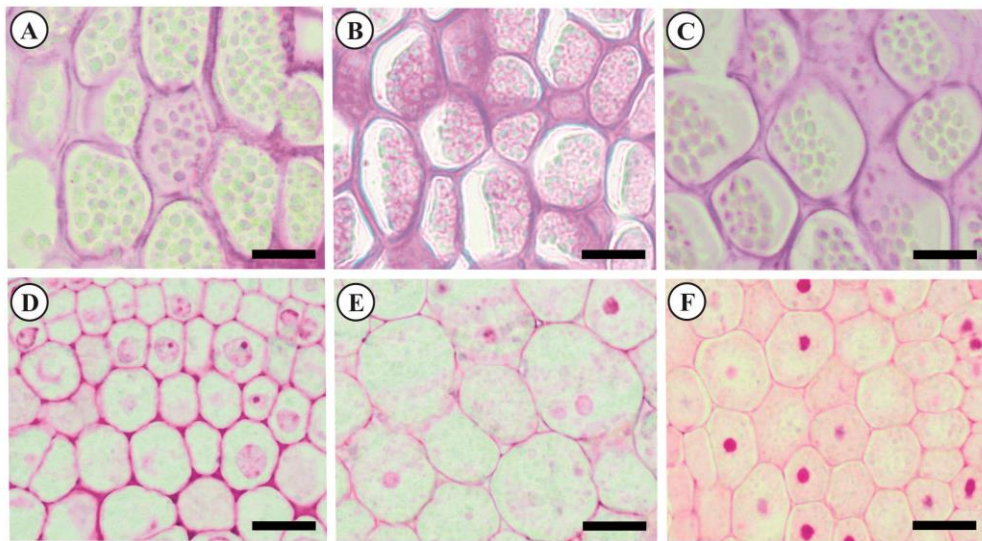
**Figura 3.** Cortes transversais do tegumento das sementes de pimenta malagueta em diferentes estádios de maturação: A-25 DAA; B-40 DAA; C-55 DAA; D-70 DAA; E-85 DAA; F-100 DAA, corados com Azul de Toluidina; G-40 DAA; H-70 DAA; I-100 DAA, reagidos com Floroglucina ácida. (Barra-50 µm).



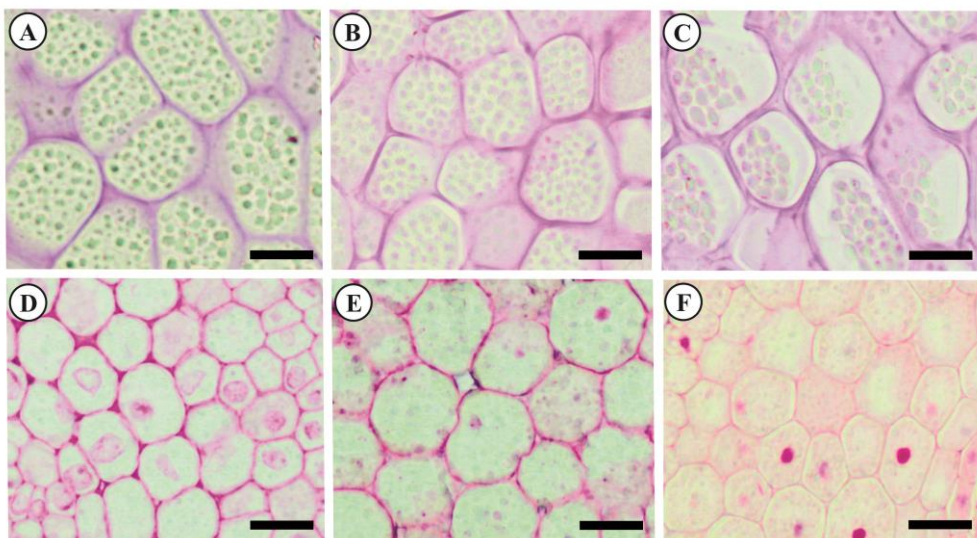
**Figura 4.** Cortes transversais do tegumento das sementes de pimenta biquinho em diferentes estádios de maturação: A-25 DAA; B-40 DAA; C-55 DAA; D-70 DAA; E-85 DAA; F-100 DAA, corados com Azul de Toluidina; G-55 DAA; H-70 DAA; I-100 DAA, reagidos com Floroglucina Ácida. (Barra - 50 µm).

As células das sementes das duas espécies tiveram os polissacarídeos neutros, como celulose e hemicelulose, evidenciados por meio da reação do PAS (Figuras 5 e 6). As células do endosperma, das duas espécies, são caracterizadas por apresentarem paredes celulares mais espessas, quando comparadas às do embrião, além de apresentarem formato irregular (Figuras 5A-C e 6-C). Durante o processo de maturação das sementes, foi possível verificar que houve espessamento das paredes celulares (Figuras 5A-C e 6A-C).

O embrião consiste de eixo hipocótilo-radícula e dois cotilédones (Figuras 1 e 2). As células do embrião, das pimentas malagueta e biquinho, apresentaram paredes celulares delgadas e de formato arredondado (isodiamétrica), evidenciadas pelo método do PAS (não ilustrado) e reação com vermelho de rutênio (Figuras 5D-F e 6D-F). Com o desenvolvimento das sementes, verificou-se que, nas diferentes épocas de maturação, as células do embrião não apresentaram alterações quanto a espessura da parede celular (Figuras 5D-F e 6D-F).



**Figura 5.** Cortes transversais do endosperma e embrião das sementes de pimenta malagueta em diferentes estádios de maturação: células do endosperma, A-55 DAA; B-85 DAA; C-100 DAA, corados com PAS e células do embrião, D-55 DAA; E-85 DAA; F-100 DAA, corados com Vermelho de Rutênio. (Barra - 20  $\mu$ m).

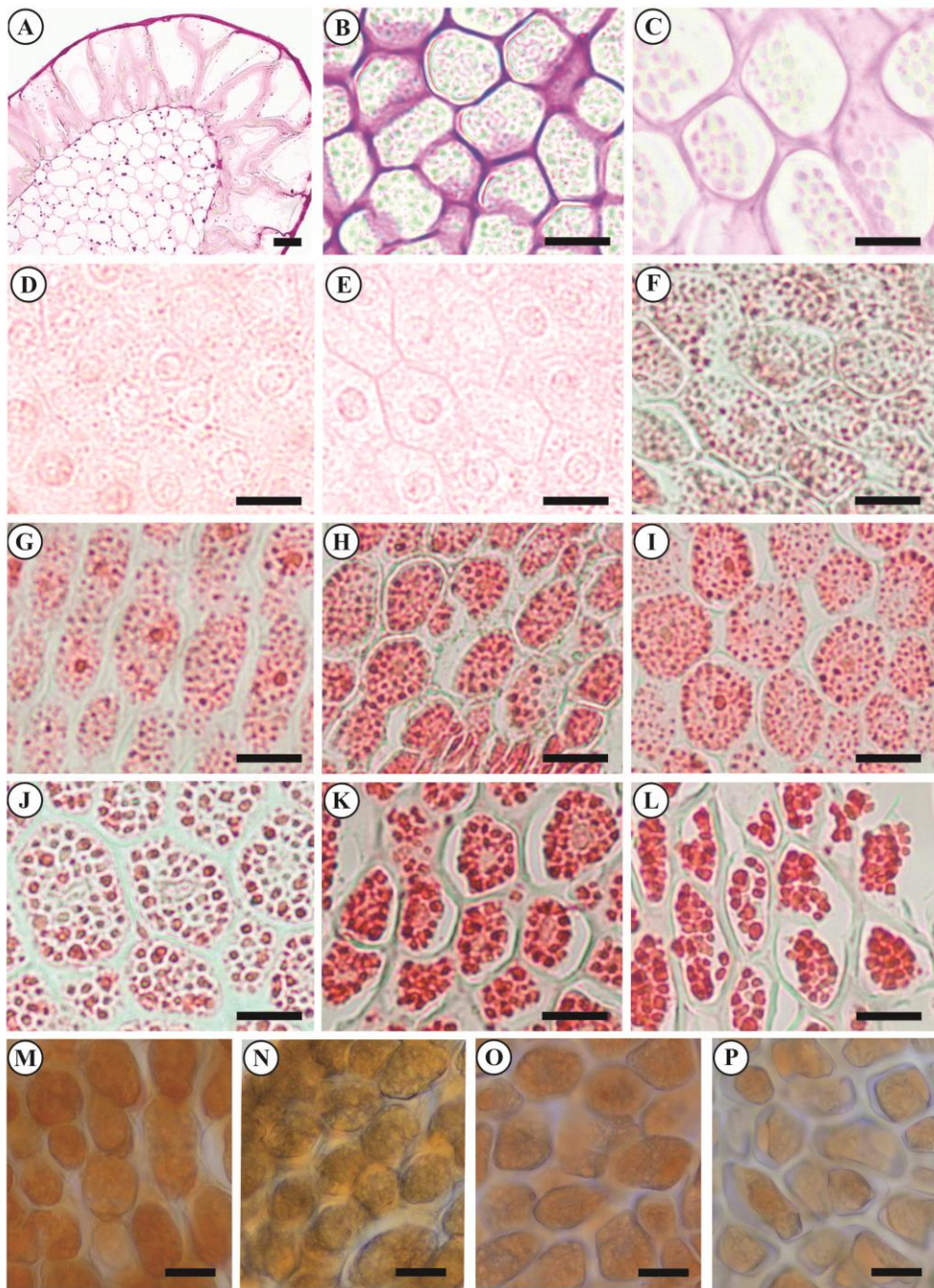


**Figura 6.** Cortes transversais de endosperma e embrião das sementes de pimenta biquinho em diferentes estádios de maturação: células do endosperma, A-40 DAA; B-70 DAA; C-100 DAA, corados com PAS e células do embrião, D-40 DAA; E-70 DAA; F-100 DAA, corados com Vermelho de Rutênio. (Barra - 20  $\mu$ m).

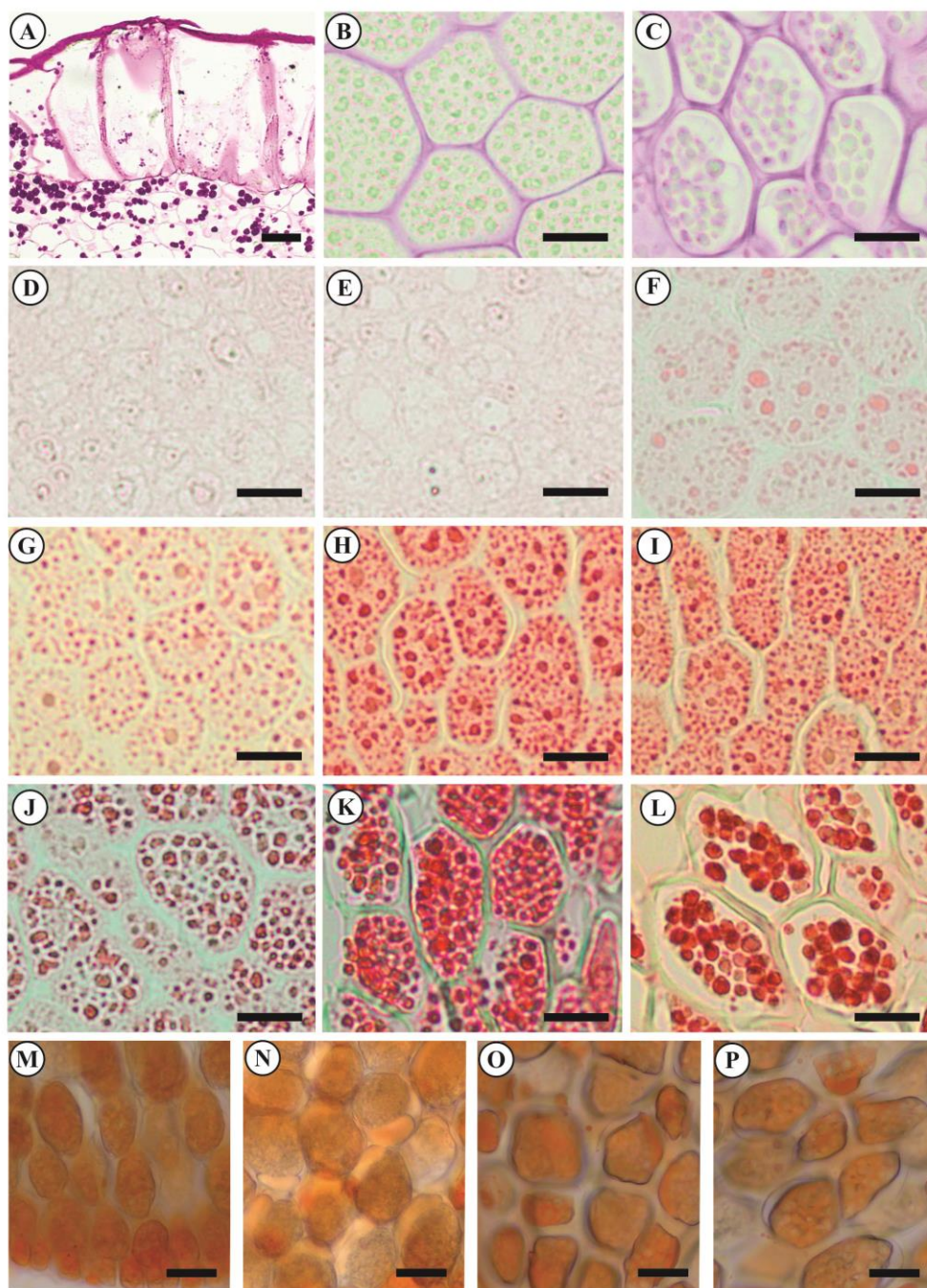
Desde o estágio inicial analisado (25 DAA), é possível caracterizar os tecidos das sementes em embrião, endosperma e tegumento. De acordo com as análises histoquímicas, foi possível visualizar o tipo de reserva que é depositada durante a ontogênese das sementes, além do tecido em que ocorre o armazenamento (Figuras 7 e 8).

Quanto à presença de amido, foi verificada pequena quantidade de grânulos aos 25 DAA, no tegumento das sementes das duas espécies, por meio da reação do PAS (Figuras 7A e 8A). A partir dos 25 DAA, ou seja, logo aos 40 DAA, os grãos de amido não mais foram observados como componentes de reserva das sementes por meio da histoquímica, pela reação do PAS (Figuras 7B-C) e teste do Lugol (não ilustrado, por exibir resultados negativos). Esse composto de reserva não foi observado até o final do desenvolvimento das sementes das pimentas malagueta e biquinho, constituindo, portanto, uma fonte de reserva transitória. O que sugere que o amido presente aos 25 DAA, nas sementes das duas espécies, foi mobilizado e utilizado no desenvolvimento do embrião, durante o processo de maturação.

Para as duas espécies, enquanto ocorreu o desaparecimento gradual do amido como fonte de reserva, também houve a deposição de proteínas (Figuras 7D-L e 8D-L) e lipídeos (Figuras 7M-P e 8M-P), tanto no endosperma, quanto no embrião das sementes.



**Figura 7.** Cortes transversais de diferentes regiões das sementes de pimenta malagueta. A- tegumento, 25 DAA (Barra - 50  $\mu\text{m}$ ); B- endosperma, 40 DAA; C- endosperma, 100 DAA, corados pelo método do PAS; D- embrião, 25 DAA; E- embrião, 40 DAA; F- embrião, 55 DAA; G- embrião, 70 DAA; H- embrião, 85 DAA; I- embrião, 100 DAA; J- endosperma, 40 DAA; K- endosperma, 70 DAA; L- endosperma, 100 DAA, corados com XP; M- embrião, 40 DAA; N- embrião, 100 DAA; O- endosperma, 40 DAA; P- endosperma, 100 DAA, reagidos com Sudam III. (Barra - 20  $\mu\text{m}$ ).



**Figura 8.** Cortes transversais de diferentes regiões das sementes de pimenta biquinho: A- tegumento, 25 DAA; B- endosperma, 40 DAA; C- endosperma, 100 DAA, corados pelo método do PAS. D- embrião, 25 DAA; E- embrião, 40 DAA; F- embrião, 55 DAA; G- embrião, 70 DAA; H- embrião, 85 DAA; I- embrião, 100 DAA; J- endosperma, 40 DAA; K- endosperma, 55 DAA; L- endosperma, 85 DAA, corados com XP; M- embrião, 55 DAA; N- embrião, 100DAA; O- endosperma, 55 DAA; P- 100 DAA, reagidos com Sudam III. (Barra - 20  $\mu$ m).

A reação com o corante Xylidine Ponceau possibilitou visualizar que as proteínas totais representam importante composto de reserva das sementes de pimenta malagueta e biquinho, sendo estas depositadas em diferentes tecidos, como embrião e endosperma, durante a formação das sementes (Figuras 7D-L e 8, D-L).

Aos 25 DAA e 40 DAA (Figuras 7D-E e 8D-E), as sementes encontram-se em um estágio de maturação em que a deposição de reservas protéicas ainda não havia sido iniciada no embrião, tendo em vista que houve reação negativa para o Xylidine Ponceau, evidenciando a ausência de proteínas de reserva. O acúmulo de corpos proteicos nesta região das sementes ocorreu a partir dos 55 DAA (Figuras 7F e 8F), havendo incrementos na quantidade de proteínas estocadas a partir desta época de maturação (Figuras 7G-I e 8G-I). A coloração com Xylidine Ponceau evidenciou grande quantidade de proteínas no embrião das sementes aos 85 e 100 DAA, em que o citoplasma das células encontrava-se completamente preenchido (Figuras 7H-I e 8H-I).

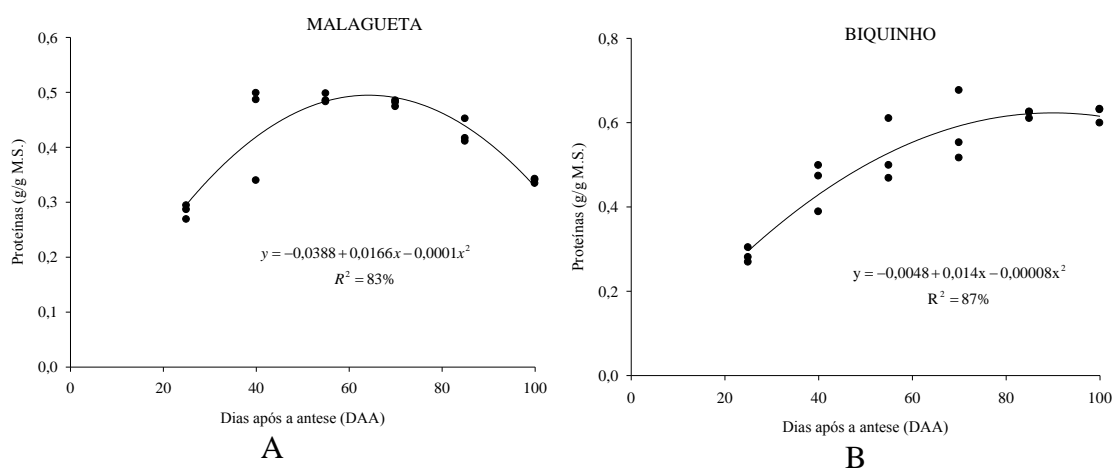
Por meio da coloração com Xylidine Ponceau, foi evidenciada a presença de grande quantidade de glóbulos proteicos acumulados no endosperma das duas espécies em todas as épocas de maturação, exceto aos 25 DAA. Na Figura 7, é possível visualizar o endosperma das sementes da pimenta malagueta aos 40, 70 e 100 DAA (Figura 7J-L) e na Figura 8 o endosperma das sementes de pimenta biquinho aos 40, 55 e 85 DAA (Figura 8L-J).

De acordo com a coloração com o Xylidine Ponceau, para a pimenta malagueta, verificou-se que aos 85 e 100 DAA a quantidade de proteínas de reservas depositadas no endosperma das sementes era menor, visualmente, do que as épocas de maturação anteriores, devido à presença de espaços vazios no citoplasma das células (Figura 7J-L). Porém, essa observação pode ter ocorrido devido à plasmólise das células. No entanto, no embrião, esse comportamento não foi observado.

Por meio da determinação química de proteínas, pelo método de Bradford (1976), para a pimenta malagueta, observou-se que houve redução na quantidade de proteínas estocadas nas sementes, sendo iniciada a partir dos 63 DAA (Figura 9A). A variação da quantidade de proteínas presentes nas sementes de pimenta malagueta, durante o desenvolvimento, apresentou comportamento quadrático, sendo o valor máximo observado de 0,48 g/g M.S., aos 55 DAA (Figura 9A). Aos 25 DAA, as

sementes apresentavam uma concentração de proteínas de 0,28 g/g M.S, enquanto aos 100 DAA apresentavam 0,33 g/g M.S. (Figura 9A).

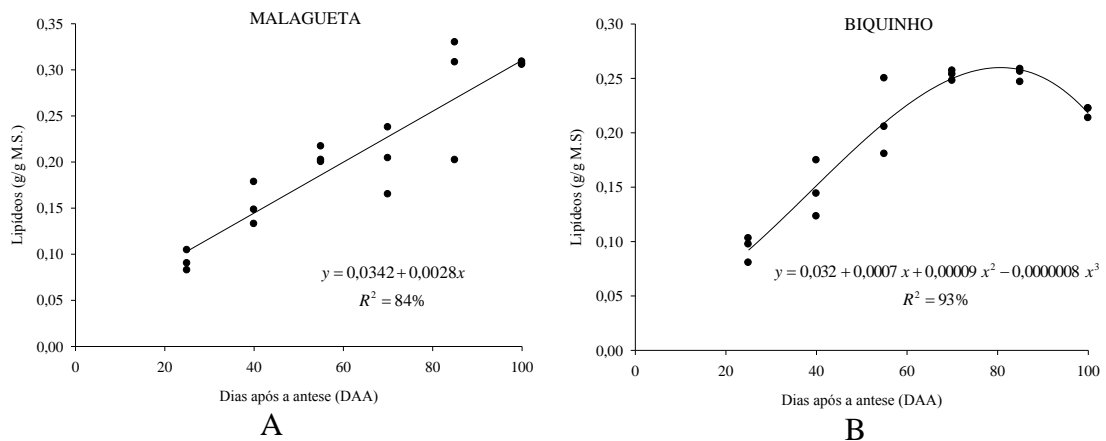
No entanto, para a pimenta biquinho, dos 40 aos 100 DAA, observou-se o mesmo padrão referente à quantidade de corpos proteicos presentes no endosperma das sementes. (Figura 4J-L). Na Figura 9B é possível visualizar que o acúmulo de proteínas, durante o desenvolvimento de sementes de pimenta biquinho, segue um comportamento quadrático. Aos 25 DAA, as sementes apresentavam 0,28 g/g de matéria seca (M.S.), havendo acréscimos na quantidade de proteína, sendo que aos 100 DAA observou-se 0,62 g/g M.S., sendo este o valor máximo.



**Figura 9.** Teor de proteínas durante o desenvolvimento de sementes de pimenta malagueta (A) e biquinho (B).

A quantidade de lipídeos presente nas sementes de pimenta malagueta e biquinho, durante o desenvolvimento das sementes, pode ser visualizada na Figura 10. A pimenta malagueta apresentou acréscimos nos valores desse composto, à taxa de 0,0028 g ao dia. Aos 25 DAA, as sementes apresentavam 0,092 g/g M.S. e aos 100 DAA esse valor foi de 0,30 g/g M.S.

Para a pimenta biquinho foi verificado comportamento cúbico para o acúmulo de lipídeos, durante o desenvolvimento das sementes. Aos 25 DAA, as sementes apresentavam 0,093 g/g M.S. Houve incrementos no acúmulo deste composto de reserva até os 74 DAA, com 0,252 g/g M.S. Após essa época de maturação, houve redução de valores, em que, aos 100 DAA as sementes apresentaram 0,202 g/g M.S. de lipídeos.



**Figura 10.** Teor de lipídeos durante o desenvolvimento de sementes de pimenta malagueta (A) e biquinho (B).

Durante o desenvolvimento das sementes de pimenta malagueta, inicialmente houve incrementos no teor de proteínas, a partir de 63 DAA foram observadas reduções. Simultaneamente, ocorre acréscimo no teor de reservas lipídicas (Figuras 9A e 10A).

No entanto, para a pimenta biquinho, foram verificados acréscimos na quantidade de proteínas estocadas nas sementes até os 100 DAA, e reduções no acúmulo de lipídeos a partir dos 74 DAA.

#### 4- DISCUSSÃO

O desenvolvimento das sementes de pimentas malagueta e biquinho apresentou eventos similares referentes a morfologia, às alterações estruturais e a deposição de reservas. Em cada época de maturação, foi possível visualizar peculiaridades em modificações estruturais, em células do embrião, endosperma e tegumento, além de visualizar o tipo e a localização da deposição de reservas. Em todas as Angiospermas, o desenvolvimento embrionário e a anatomia de sementes maduras são semelhantes, uma vez que a polaridade apical-basal é estabelecida e os embriões passam por uma sequência programada de eventos, tais como divisão, alongamento e diferenciação (Jakoby e Schnittger, 2004).

Nas Figuras 1 e 2 é possível visualizar as características morfológicas das diferentes estruturas internas das pimentas malagueta e biquinho. De acordo com a

classificação adotada por Martin (1946), o embrião, das sementes das duas espécies, ocupa aproximadamente um quarto da área total das sementes. Chen e Lott (1992) apresentaram a morfologia interna das sementes de *C. annuum*, por meio de micrografia eletrônica e, semelhante às sementes das pimentas malagueta e biquinho, as sementes apresentaram embrião curvo, periférico, constituído de dois cotilédones e eixo hipocótilo-radícula.

As principais modificações estruturais no tegumento das sementes das duas espécies ocorreram dos 25 aos 40 DAA, sendo que, aos 40 DAA observou-se a formação da aparência piramidal no lúmen das células epidérmicas. Vários estudos sobre o desenvolvimento de epiderme de sementes de Solanaceae foram realizados com o intuito de investigar alterações decorrentes do processo de maturação, tais como o de Edmonds (1983) e Karihaloo e Malik (1996), entre outros.

Além de todas as outras funções, o tegumento exerce um importante papel quanto à nutrição do endosperma e embrião durante o desenvolvimento das sementes, pois o descarregamento do floema ocorre no tegumento e, os assimilados são então translocados para o embrião e/ou endosperma (Castro et al., 2004; Marcos Filho, 2005).

Em estudo semelhante, Karihaloo e Malik (1996) descreveram a estrutura e o desenvolvimento do tegumento de sementes de duas espécies da família Solanaceae, *Solanum melongena* e *Solanum violaceum*, que apresentaram padrão de desenvolvimento similar às espécies avaliadas na presente pesquisa. Os autores afirmaram que o desenvolvimento da epiderme das sementes analisadas envolve uma complexa sequência de eventos, que é iniciada pelo espessamento da face periclinal exterior da parede celular. Diante dos resultados observados por Karihaloo e Malik (1996), Corner (1976) e os observados para as pimentas malagueta e biquinho, pode-se inferir que há uma uniformidade estrutural de desenvolvimento da epiderme tegumentar de sementes, na família Solanaceae.

Cada material de reserva das sementes é depositado a taxas de acumulação diferentes durante a maturação. Pode haver a deposição de reservas temporárias, que serão utilizadas durante o desenvolvimento das sementes ou as reservas ficarão armazenadas e serão utilizadas durante a germinação (Weber, 1997a; Weber, 1997b). Em geral, a composição das reservas de armazenamento encontrada nas células do

embrião e endosperma é semelhante, exceto para os polissacarídeos armazenados na parede celular, que é menos abundante no embrião.

Para as duas pimentas, a malagueta e a biquinho, o amido esteve presente apenas aos 25 DAA. A ausência de amido em estádios mais tardios do processo de maturação sugere que esses grãos são convertidos em outros compostos, provavelmente em açúcares solúveis, durante o processo de maturação. O amido pode ser acumulado transitoriamente em algumas células, em estágios de desenvolvimento específicos (Zeeman et al., 2010). Jordy (2004) citou que o amido transitório geralmente está localizado próximo a tecidos meristemáticos e são utilizados como fonte de carbono na divisão, expansão e diferenciação de células. A ausência de amido também foi verificada em sementes maduras de *Capsicum annum*, por Chen e Lott (1992), tanto no embrião, como no endosperma das sementes.

Nas duas espécies de *Capsicum* analisadas, as proteínas foram depositadas tanto no embrião, quanto no endosperma. A síntese e a deposição de proteínas de reserva em sementes de acordo com Herman e Larkins (1999) estão sujeitas a uma regulação espacial e temporal, o que pode variar entre as espécies e em diferentes estádios de desenvolvimento das sementes.

Chen e Lott (1992) afirmaram que as proteínas representam um dos principais compostos de reservas das sementes de *Capsicum annum*. Os autores descreveram que, em sementes maduras, as reservas estão depositadas tanto no embrião, quanto no endosperma. Desta forma, pode-se sugerir que as espécies desse gênero devem seguir o mesmo padrão de desenvolvimento em termos de acúmulo de reservas de proteínas. As proteínas também foram detectadas como material de reserva, presentes no embrião e endosperma de sementes de tomate (Spitzer e Lott, 1980).

As proteínas de reserva são sintetizadas no retículo endoplasmático e, em seguida, transportadas até o seu local de acúmulo (Herman e Larkins, 1999), sendo estes denominados como corpos proteicos (Trombs, 1967; Muntz et al., 2001; Buckeridge et al., 2004), ou vacúolos proteicos (Stone e Gifford, 1997). Esta forma de deposição impede a atuação de proteases, presentes no citoplasma das células (Shutov et al., 2003), evitando a clivagem dessas proteínas e, assim, ocorre o armazenamento desse composto de reserva, sendo, posteriormente, mobilizadas durante o processo de germinação das sementes e estabelecimento de plântulas (Weber et al., 2010).

Chen e Lott (1992), em sua pesquisa com *Capsicum annum*, evidenciaram que existe uma variação no tamanho dos corpos proteicos presentes nas células do embrião, enquanto, nas células do endosperma, os corpos proteicos apresentaram tamanhos similares. Este mesmo comportamento foi observado, por meio de outra técnica, em sementes de tomate (Spitzer e Lott, 1980).

As sementes de pimenta malagueta e biquinho apresentaram lipídeos como constituinte de reserva, desde os estádios iniciais de desenvolvimento analisados. Essa reserva é depositada durante o processo de maturação das sementes, tanto no embrião, quanto no endosperma, assim como observado para as proteínas. A ocorrência de lipídeos como material de reserva também foi observada em sementes de outras espécies da família Solanaceae, como em *C. annum* (Chen e Lott, 1992; Silva et al., 2013; Embaby e Mokhtar, 2011), *Lycopersicum esculentum* (Spitzer e Lott, 1980), *Atropa belladonna* (Simola, 1987); *Datura stramonium* (Maldonado e Lott, 1991), *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (Jarret et al., 2013).

Em sua pesquisa, Jarret et al. (2013) avaliaram o teor de lipídeos nas sementes de espécies selvagens e cultivadas de *Capsicum*, que variou de 10,9 a 32,8% entre as espécies, sendo o ácido linoleico o principal ácido graxo presente nas sementes de todas as espécies. Silva et al. (2013) afirmaram que a composição de ácidos graxos de duas variedades de *C. annum* mostrou-se bastante semelhante, com 59,1g/Kg e 59,8 g/Kg, em que o ácido linoléico representou 38% dos ácidos graxos totais. Segundo Embaby e Mokhtar (2011) os lipídeos presentes nas sementes de *C. annum* apresentaram 84,53% de ácidos graxos insaturados e 15,47% de ácidos graxos saturados. Pérez-Gálvez et al. (1999) citaram que duas variedades de *C. annum* (Jaranda e Jariza) tinham 18% de lipídeos. A composição de ácidos graxos nas sementes de *Capsicum annum*, apresentada por Marion e Dempsey (1964), demonstra a predominância de ácido linoleico, que foi de 67,4% em um total de lipídeos de 20,6% de matéria seca.

É importante ressaltar que, na presente pesquisa, a determinação química dos compostos de reservas, proteínas e lipídeos foi realizada em sementes inteiras, diante da dificuldade de separação das regiões de armazenamento, embrião e endosperma. Desta forma, não é possível inferir sobre qual a porcentagem de reservas acumuladas em cada tecido, durante o processo de maturação.

## 5- CONCLUSÕES

As proteínas e os lipídeos constituem os principais compostos de reserva das sementes de pimenta malagueta e biquinho, compartimentalizados em corpos proteicos e lipídicos.

O amido é ausente nas sementes de pimenta malagueta e biquinho como reservas para a germinação.

As sementes das duas espécies apresentam elevada concentração de proteínas estocadas no embrião e endosperma, depositadas durante o desenvolvimento das sementes.

O acúmulo de reservas proteicas ocorre simultaneamente no embrião e endosperma, porém é iniciado primeiramente no endosperma e, em seguida, se acumulam nas células do embrião.

As reservas lipídicas são observadas no citoplasma das células do embrião e endosperma das sementes desde os primeiros estádios de maturação das sementes.

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A.C.; PETERS-ROBINSON, I.; BRUNE, W. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: SIF, 1991. 242p.
- ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A.R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 4, p. 211 - 218, 2010.
- BERGER, F., HAMAMURA, Y.; INGOUFF, M.; HIGASHIYAMA, T. Double fertilization - caught in the act. **Trends in Plant Science**, v. 13, n. 8, p.664 - 670, 2008.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer. Third Edition. 2013. 392 p.
- BORISJUK, L.; WEBER, H.; PANITZ, R.; MANTEUFFEL, R.; WOBUS, U. Embryogenesis of *Vicia faba* L.: histodifferentiation in relation to starch and storage protein synthesis. **Journal of Plant Physiology**, v. 147, p. 203 - 218, 1995.
- BORISJUK, L.; ROLLETSCHEK, H.; WOBUS, U.; WEBER, H. Differentiation of legume cotyledons as related to metabolic gradients and assimilate transport into seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 382, p.503 - 512, 2003.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248 - 254, 1976.
- BUCKERIDGE, M. S. et al. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. (Eds). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 31-50.
- CARVALHO, J.E.U.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.

- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. *In*: FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.51-67
- CHEN, P.; LOTT, J.N.A. Studies of *Capsicum annuum* seeds: structure, storage reserves, and mineral nutrients. **Canadian Journal of Botany**, v. 70, p.518 - 529, 1992.
- CORNER, E.J.H. **The Seeds of Dicotyledons**. Cambridge University Press, Cambridge, v.1. 1976. 311 p.
- CORTELAZZO, A. L. E; VIDAL, B. C. Soybean seed proteins: detection in situ and mobilization during germination. **Revista Brasileira de Botânica**, v.14, p.7 - 33, 1991.
- CORTELAZZO, A. L.; COUTINHO, J.; GRANJEIRO, P. A. Storage and ageing of french beans (*Phaseolus vulgaris* L.): effect on seed viability and vigor. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, v. 22, n. 2, p.121 - 128, 2005.
- EDMONDS, J.M. Seed coat structure and development in *Solanum* L. section *Solanum* (Solanaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 87, p. 229 - 246, 1983.
- EMBABY, H.E.; MOKHTAR, S.M. Chemical composition and nutritive value of lantana and sweet pepper seeds and nabak seed kernels. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 5, p. 736 - 741, 2011.
- GRAHAM, I. A. Seed storage oil mobilization. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p. 115 - 142, 2008.
- HEHENBERGER, E.; KRADOLFER, D.; KÖHLER, C. Endosperm cellularization defines an important developmental transition for embryo development. **Development**, v. 139, p. 2031 - 2039, 2012.
- HERMAN, E.M.; LARKINS, B.A. Protein storage bodies and vacuoles. **The Plant Cell**, v. 11, p. 601 - 613, 1999.
- INGRAM, G.C. Family life at close quarters: communication and constraint in angiosperm seed development. **Protoplasma**, v. 247, p.195 - 214, 2010.

- JAKOBY, M.; SCHNITTGER, A. Cell cycle and differentiation. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, p. 661 - 669, 2004.
- JARRET, R.L., LEVY, I.J., POTTER, T.L., CERMAK, S.C. Seed oil and fatty acid composition in *Capsicum* spp. **Journal of Food Composition and Analysis**. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.005>. (Manuscrito aceito para publicação).
- JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry: principles and practice**. 1<sup>st</sup> ed., Berkley: W. H. Freeman e Co, 1962, 408p.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.
- JORDY, M.N. Seasonal variation of organogenetic activity and reserves allocation in the shoot apex of *Pinus pinaster* Ait. **Annals of Botany**, v. 93, p. 25 - 37, 2004.
- KARIHALOO, J. L.; MALIK, S. K. Seed epidermis development and histochemistry in *Solanum melongena* l. and *S. violaceum* Ort. **Annals of Botany**, v.77, p. 421 - 428, 1996.
- KESAVAN, M.; SONG, J.T.; SEO, H.S. Seed size: a priority trait in cereal crops. **Physiology Plantarum**, v. 147, p. 113 - 120, 2013.
- KROCHKO, J. E.; BEWLEY, J. D. Seed storage proteins in cultivars and subspecies of alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Seed Science Research**, v.10, p.423 - 434, 2000.
- LIMA, R.B.S.; GONÇALVES, J.F.C.; PANDO, S.C.; FERNANDES, V.; SANTOS, A.L.W. Primary metabolite mobilization during germination in rosewood (*Aniba rosaedora* Ducke) seeds. **Revista Árvore**, v. 32, n.1, p. 19 - 25, 2008.
- MALDONADO, S., LOTT, J.N.A. Protein bodies in *Datura stramonium* seeds: structure and mineral nutrient composition. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, p. 2545 - 2554, 1991.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de semente de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARION, J.E., DEMPSEY, A.H., Fatty acids of pimienta pepper seed oil. **Journal American Oil Chemists' Society**, v. 41, p. 548 - 549, 1964.

- MARTIN, A.C. The comparative internal morphology of seeds. **America Midland Naturalist**, v. 36, n.3, p. 513 - 660, 1946.
- MARTY, F. Plant vacuoles. **Plant Cell**, v. 11, p. 587 - 599, 1999.
- McMANUS, J.F.A. Histological and histochemical uses of periodic acid. **Stain Technology**, v. 23, p. 99 - 108, 1948.
- MÜNTZ, K.; BELOZERSKY, M.A.; DUNAEVSKY, Y.E.; SCHLERETH, A.; TIEDEMANN, J. Stored proteinases and the initiation of storage protein mobilization in seeds during germination and seedling growth. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 362, p. 1741 - 1752, 2001.
- MURPHY, D. J. Storage lipid bodies in plants and other organisms. **Progress Lipid Research**, v.29, n.4, p.299 - 324, 1990.
- O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; McCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368 - 373, 1964.
- O'BRIEN, T.P.; McCULLY, M.E. **The study of plant structure principles and selected methods**. Melbourne, Termarcaphi Pty. Ltd. 1981. 345 p.
- PATRICK, J. W.; OFFLER, C. E. Post-sieve element transport of sucrose in developing seeds. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 681 - 702, 1995.
- PATRICK, J. W.; OFFLER, C. E. Compartmentation of transport and transfer events in developing seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 551-564, 2001.
- PÉREZ-GÁLVEZ, A.; GARRIDO-FERNÁNDEZ, J.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.A. Fatty acid composition of two new pepper varieties (*Capsicum annum* L. cv. Jaranda and Jariza). Effect of Drying Process and Nutritional Aspects. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 76, n. 2, p. 205 - 208, 1999.
- PINTO, C.M.F.; PUIATTI, M.; CALIMAN, F.R.B.; MOREIRA, G.M.R.; MATTOS, R.N. Clima, época de sementeira, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. **Informe Agropecuário: cultivo da pimenta**, v.27, n.235, p. 40 - 49, 2006.

- SHUTOV, A.D.; BAUMLEIN, H.; BLATTNER, F.R.; MUNTZ, K. Storage and mobilization as antagonistic functional constraints on seed storage globulin evolution. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, p.1645 - 1654, 2003.
- SILVA, L.R.; AZEVEDO, J.; PEREIRA, M.J.; VALENTÃO, P.; ANDRADE, P.B. Chemical assessment and antioxidant capacity of pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds. **Food and Chemical Toxicology**, v. 53, p. 240 - 248, 2013.
- SIMOLA, L.K. Developmental changes in the subcellular structure of the seeds of *Atropa belladonna*. **Nordic Journal of Botany**, v. 7, p. 67 - 77, 1987.
- SPITZER, E.; LOTT, J.N.A. Thin-section, freeze-fracture, and energy dispersive x-ray analysis studies of the protein bodies of tomato seeds. **Canadian Journal of Botany**, v. 58, p. 699 - 711, 1980.
- STONE, S.L; GIFFORD, D.J. Structural and biochemical changes in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seeds during germination and early-seedling grown. I. Storage protein reserves. **International Journal of Plant Science**, v.158, n.6, p. 727 - 737, 1997.
- SUDA, C.N.K.; GIORGINI, J.F. Seed reserve composition and mobilization during germination and early seedling development of *Euphorbia heterophylla*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.12, p. 226 - 245, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- TRIEBOLD, H. O. **Quantitative analysis with applications to agricultural and food products**. New York. 1946. 331p.
- TROMBS, M.P. Protein bodies of the soybean. **Plant Physiology**, n.42, p.797 - 813, 1967.
- WEBER, H.; BORISJUK, L.; HEIM, U.; SAUER, N.; WOBUS, U. A role for sugar transporters during seed development: molecular characterization of a hexose and a sucrose carrier in Fava bean seeds. **Plant Cell**, v. 9, 895 - 908, 1997a.
- WEBER, H.; BORISJUK, L.; WOBUS, U. Sugar import and metabolism during seed development. **Trends in Plant Science**, v. 22, 169 - 174, 1997b.

WEBER, H.; HEIM, U.; GOLOMBEK, S.; BORISJUK, L.; WOBUS, U. Assimilate uptake and the regulation of seed development. **Seed Science Research**, v. 8, 331 - 345, 1998.

WEBER, H.; SREENIVASULU, N.; WESCHKE, W. Molecular physiology of seed maturation and seed storage protein biosynthesis. **Plant Developmental Biology**, v.2, p.83 - 104, 2010.

ZEEMAN, S.C; KOSSMANN, J.; SMITH, A.M. Starch: Its metabolism, evolution and biotechnological modification in plants. **Annual Review Plant Biology**, v.61, p. 209 - 234, 2010.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da falta de informações quanto o processo de maturação de frutos e sementes de pimenta, foram utilizadas duas espécies de pimenta, a malagueta e a biquinho. Com o intuito de obter informações importantes na caracterização do crescimento e desenvolvimento de frutos e sementes foram realizadas avaliações por meio de análises morfométricas de frutos, da qualidade fisiológica de sementes e análises histoquímicas e químicas das sementes em diferentes estádios de maturação. Foram caracterizados diferentes épocas de maturação, iniciando aos 25 DAA, devido a facilidade de manuseio dos frutos. E o último estágio avaliado foi 100 DAA, quando os frutos já estavam em um estágio avançado do desenvolvimento.

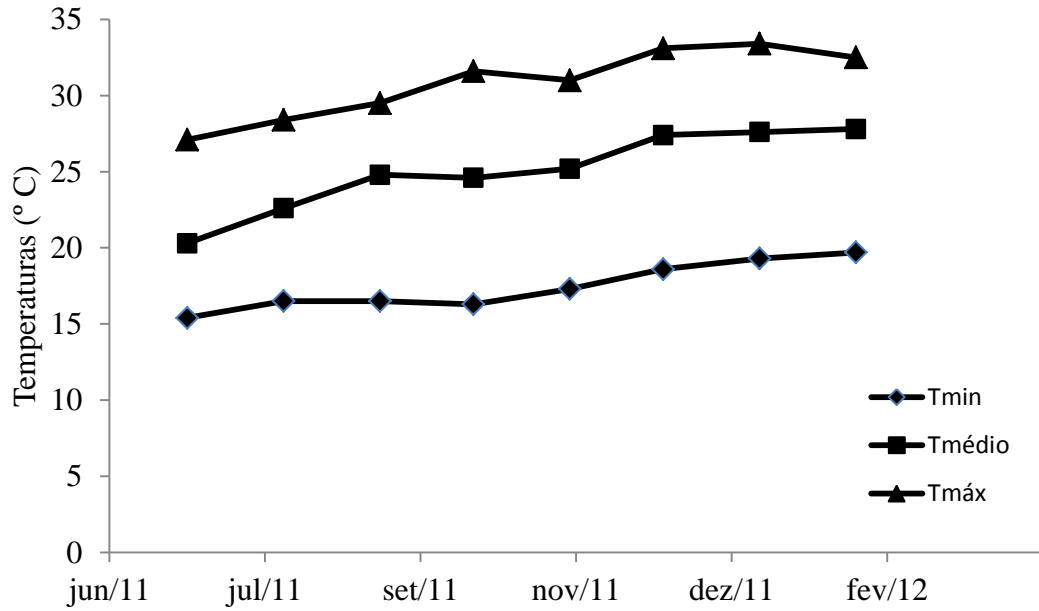
As pimentas malagueta e biquinho apresentam comportamento semelhante considerando todas as avaliações realizadas. Diante dos resultados obtidos com a presente pesquisa pode-se concluir que em torno de 70 DAA, ou seja, na maturidade fisiológica, as sementes de pimentas malagueta e biquinho apresentam frutos de coloração vermelha.

As sementes, das duas espécies, apresentam como constituintes de reservas proteínas e lipídeos. Na maturidade fisiológica as sementes apresentam citoplasma das células do embrião e endosperma completamente preenchidos com os compostos de reservas. O amido apresenta-se como uma fonte transitória, sendo observado apenas aos 25 DAA. Aos 70 DAA as sementes de pimentas malagueta e biquinho apresentaram máxima qualidade fisiológica.

Por meio do estudo da ontogênese das sementes, utilizando-se a histoquímica, foi possível a detecção do tipo, da época e a localização em que as reservas foram depositadas nas sementes. Esse tipo de estudo pode subsidiar informações importantes para pesquisas na área de Melhoramento Genético e Tecnologia de Sementes, entre outras.

Desta forma, diante dos resultados obtidos com a presente pesquisa, sugere-se o estudo histoquímico e químico das sementes de pimenta malagueta e biquinho, durante o processo de germinação.

## ANEXO



Valores médios mensais de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e temperatura média (Tmédia) na casa de vegetação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), durante a produção dos frutos e sementes de pimentas malagueta e biquinho.