

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**Recursos genéticos de pimentas (*Capsicum*,
Solanaceae): qualidade de frutos após a colheita e
ação dos compostos antioxidantes na prevenção
da síndrome metabólica**

Carla Sigales de Vasconcelos

Pelotas, 2016

Carla Sigales de Vasconcelos

Recursos genéticos de pimentas (*Capsicum*, Solanaceae): qualidade de frutos após a colheita e ação dos compostos antioxidantes na prevenção da síndrome metabólica

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências (área do conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientadora: Dra. Rosa Lía Barbieri

Co-orientadora: Dra. Márcia Vizzotto

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

V331r Vasconcelos, Carla Sigales de

Recursos genéticos de pimentas (*Capsicum*,
Solanaceae): qualidade de frutos após a colheita e ação dos
compostos antioxidantes na prevenção da síndrome
metabólica / Carla Sigales de Vasconcelos ; Rosa Lía
Barbieri, orientadora ; Márcia Vizzotto, coorientadora. —
Pelotas, 2016.

94 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel,
Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Banco ativo de germoplasma. 2. Avaliação sensorial.
3. Compostos bioativos. I. Barbieri, Rosa Lía, orient. II.
Vizzotto, Márcia, coorient. III. Título.

CDD : 633.83

Banca examinadora:

Dr^a Rosa Lía Barbieri – Embrapa Clima Temperado (presidente)

Dr. Gustavo Heiden – Embrapa Clima Temperado

Dr^a Juliana Castelo Branco Villela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

Dr^a Juliana Rocha Vinholes – Bolsista Pós-doutor Jr. do CNPq

A Deus
Aos meus pais Jurema e João Carlos (*In memoriam*)

Dedico

Agradecimentos

A concretização deste trabalho contou com inúmeras colaborações, por isso não posso deixar de agradecer a todos aqueles que me apoiaram e de alguma forma contribuíram para a concretização deste projeto. Uso as próximas linhas para expressar o meu reconhecimento e agradecimento.

Agradeço a Deus, pela vida, saúde e proteção durante esta caminhada do doutorado.

Aos meus pais, Jurema e João Carlos (*In memoriam*) por todos os esforços, apoio, preocupação, carinho, amor e atenção. Obrigada por sempre terem lutado por um futuro mais promissor e me motivarem a nunca desistir dos meus sonhos. Pai, muito obrigada pelos ótimos momentos que passamos juntos e tenho certeza que você é a estrela que me guia e ilumina. Amo muito vocês!

À minha irmã Aline e os meus amados sobrinhos Tayssa e Rafael por tudo e as palavras não são suficientes para expressar. Devo um agradecimento especial a Tayssa por todo apoio, tempo disponibilizado e colaboração em algumas partes dos experimentos e na tabulação dos dados. Vocês são o meu porto seguro!

Aos meus familiares, em especial a minha tia Taniz, por toda a força, incentivo e por sempre estar orando por mim.

Ao Gilmar pelo amor, paciência, confiança, compreensão, companheirismo e incentivo em todos os caminhos. Obrigada por saber lidar com meus momentos de estresse, com minhas crises de ansiedade e, principalmente, por ter sempre uma palavra de conforto e otimismo.

Às minhas orientadoras e mestres Rosa Lía Barbieri e Márcia Vizzotto pela paciência, carinho, conhecimento transmitido, confiança em todas as etapas da realização deste trabalho e tempo despendido para orientar-me. Agradeço principalmente, pela amizade e apoio recebido durante toda a pós-

graduação. Os exemplos de profissionalismo e competência de vocês ficaram registrados para sempre em minha memória.

Tenho muito a agradecer a todos os profissionais e professores da Bioquímica da Universidade Federal de Pelotas. Devo um agradecimento especial a Prof^a. Francieli Moro Stefanello pelo acolhimento, amizade, oportunidade e confiança. Obrigada pela disposição e, principalmente, por acreditar nesse trabalho e fazer parte do meu crescimento pessoal e profissional.

Ao profissionais do Biotério Central da Universidade Federal de Pelotas, por cuidar dos animais, permitindo assim a realização de nossos experimentos.

Sou muito grata à minha “mãe acadêmica” Raquel Neitzke, muito obrigada por todo o incentivo, apoio, amizade, conselhos e orientações. Mas acima de tudo por saber que sempre posso contar com você.

Tenho muito a agradecer aos meus queridos amigos e colegas de trabalho do Laboratório de Recursos Genéticos da Embrapa Clima Temperado, Anelise Hagemann, Claudete Mistura, Daniela Priori, Eduardo Valduga, Gustavo Gomes, Henrique Padilha, Juliana Villela, Laisa Barcelos, Luís Dal Molin, Marcelo Eslabão, Marene Marchi, Paulo Ellert, Rafaela Magalhães, Suelen Peres, Tângela Perleberg e Taíse Carbonari.

Obrigada as bolsistas do Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado. Em especial a Daniela Coelho, Elisa Pereira, Marina Schiavon e Priscila Munhoz pelos momentos vividos, pelo constante incentivo e contribuição no desenvolvimento dos extratos de pimentas.

Sou muito grata a todos os estudantes dos laboratórios da Bioquímica da Universidade Federal de Pelotas, mas em especial ao Laboratório de Biomarcadores. Obrigada Arthur Amaro, Christine Volz, Laiz Rodrigues, Lorenço Torres, Natália Bona, Natália Porto, Pâmela Gonçalves e em especial à Pathise Oliveira, pelo apoio, amizade, carinho, pelas longas conversas, pelo ombro amigo e pelos momentos de “loucura”, que foram essenciais durante

este período. Pois, acabo essa etapa colecionando amigos e, não meros colegas.

As minhas amigas de fé, pelos agradáveis momentos de convivência e amizade. Agradeço a Deus por ter amigas tão especiais.

A todos os colegas e amigos do Fitomelhoramento.

À Universidade Federal de Pelotas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/FAEM-UFPel, pela oportunidade de cursar o doutorado.

Aos meus professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela transmissão do conhecimento.

Sou grata a CAPES pela bolsa de estudo concedida, importantíssima para a realização do doutorado.

À Embrapa Clima Temperado pela oportunidade e infraestrutura para executar os meus experimentos neste reconhecido centro de pesquisa, por todos os funcionários que me ajudaram, especialmente os funcionários Breno e Carlos Luís.

Agradeço a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

VASCONCELOS, Carla Sigales. **Recursos genéticos de pimentas (*Capsicum*, Solanaceae): qualidade de frutos após a colheita e ação dos compostos antioxidantes na prevenção da síndrome metabólica.** 2016. 94f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Um número muito grande de variedades de pimentas do gênero *Capsicum* (Solanaceae) são cultivadas mundialmente, com diferentes formatos, tamanhos, cores, níveis de pungência e de composição nutricional. Os usos destas pimentas são tão diversos quanto os tipos de seus frutos. Estes são utilizados na alimentação, na medicina, na ornamentação de ambientes e representam um importante patrimônio genético. Existem cinco espécies domesticadas de *Capsicum*: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*. O objetivo geral deste trabalho foi contribuir para a caracterização de recursos genéticos de pimentas do gênero *Capsicum*. Nesse sentido, serão apresentados dois capítulos, cujos objetivos foram avaliar a diversidade genética para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado; e verificar a ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica em modelo animal. No primeiro capítulo, foram submetidos à avaliação sensorial e de conservação de frutos 12 acessos de variedades locais de pimentas do gênero *Capsicum* (*C. baccatum*, *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens*). Foi verificada ampla diversidade genética para matéria fresca e análise visual (cor, turgidez, defeitos, aspecto do pedúnculo, brilho e aparência geral do fruto maduro). O acesso P179 (*Capsicum baccatum*) se destacou, apresentando melhor qualidade pós-colheita, com percentuais de aceitação acima de 70% ao longo das cinco avaliações. No segundo capítulo, foi realizada a avaliação do extrato etanólico dos frutos do acesso P179, análises comportamentais dos ratos Wistar e análise dos parâmetros de estresse oxidativo nos tecidos cerebrais córtex-pré-frontal, hipocampo e estriado. Na ação dos compostos bioativos do extrato etanólico de pimenta em modelo animal na prevenção da síndrome metabólica,

se observou diferenças significativas nos parâmetros bioquímicos e comportamentais relacionados à patogênese desta síndrome, em particular, o colesterol total, triglicerídeos e glicose no sangue. O extrato do acesso P179 demonstra ação antidepressiva e antiperoxidativa nos animais. O acesso P179 do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado apresentou resultados superiores nas avaliações realizadas. Estes resultados apresentam novos rumos para a pesquisa com recursos genéticos de pimentas e garantir o sucesso dos programas de desenvolvimento de novas cultivares.

Palavras-Chave: Banco Ativo de Germoplasma, avaliação sensorial, compostos bioativos.

Abstract

VASCONCELOS, Carla Sigales. **Genetic resources of peppers (*Capsicum*, Solanaceae): fruit quality after harvesting and the action of antioxidant compounds on the prevention of metabolic syndrome.** 2016. 94f. Thesis (PhD) – Post Graduation Program on Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas.

A considerable number of range of peppers of the *Capsicum* (Solanaceae) genus is cultivated worldwide, with different shapes, sizes, colors, pungency levels and nutritional composition. The use of these peppers is as big as their sorts of fruits. They are used for feeding, in medicine, in the decoration of environments and represent an important genetic heritage. There are five domesticated species of *Capsicum*: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* and *C. pubescens*. The general purpose of the present work was to contribute for the characterization of genetic resources of *Capsicum* gender peppers. Therefore, two chapters will be presented, whose purposes were to evaluate the genetic diversity to keep the fruit quality after harvesting of access pepper from the Genebank of *Capsicum* from Embrapa Temperate Agriculture; and check the action of the pepper bioactive compounds in the prevention of metabolic syndrome in animal model. In the first chapter, 12 accesses of local sorts of the *Capsicum* gender peppers were submitted to sensory evaluation and fruit conservation (*C. baccatum*, *C. annuum*, *C. chinense* and *C. frutescens*). A wide genetic diversity was noticed for fresh raw material and visual analysis (color, turgidity, defects, stalk look, brightness and general appearance of the ripe fruit). The access P179 (*Capsicum baccatum*) was highlighted, presenting a better post-harvesting quality, with a percentage of acceptance of over 70% during the five evaluations. In the second chapter, the evaluation of the ethanolic extract from the fruits of the access P179 was carried out, behavioral analysis of the Wistar rats and analysis of oxidative stress parameters in the prefrontal cortex, hippocampus and striated tissues. In the action of bioactive compounds from the pepper ethanolic extract in animal model on the prevention of metabolic

syndrome, significant differences have been observed in the biochemical and behavioral parameters related to the pathogenesis of this syndrome, specially the total cholesterol, triglycerides and glucose in the blood. The extract of the access P179 shows anti depressive and anti peroxidative action in the animals. The access P179 from the Germplasm Active Bank of *Capsicum* from the Embrapa Clima Temperado presented higher results in the evaluations carried out. These results present new paths for the research with genetic resources of peppers and assure the success of development programs of new cultivars.

Keywords: Genebank, sensory evaluation, bioactive compounds.

Lista de figuras

CAPÍTULO I – Diversidade para qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta (<i>Capsicum</i> spp.).....	21
Figura 1 Acessos de variedades locais de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Capsicum</i> da Embrapa Clima Temperado avaliados quanto à manutenção da qualidade de frutos após a colheita.....	25
Figura 2 Imagens ilustrativas com diferentes pontos da escala hedônica disponibilizadas aos julgadores como apoio durante as avaliações da diversidade genética para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimentas (<i>Capsicum</i> spp.).....	29
Figura 3 Modelo de escala hedônica utilizada na avaliação da qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimentas (<i>Capsicum</i> spp.).....	30
Figura 4 Aparência geral, em porcentagem (%), obtidos da transformação dos dados da análise sensorial dos frutos de acessos de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Capsicum</i> da Embrapa Clima Temperado.....	38
CAPÍTULO II – Ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica.....	40
Figura 1 Acessos P8, P49 e P179 (<i>Capsicum baccatum</i>) do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Capsicum</i> da Embrapa Clima Temperado.....	43
Figura 2 Acessos de pimentas (<i>Capsicum baccatum</i>) do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Capsicum</i> da Embrapa Clima Temperado em cultivo no campo experimental.....	43

Figura 3	Preparo dos extratos etanólicos dos frutos de pimenta (<i>Capsicum baccatum</i>).....	45
Figura 4	Modelo animal experimental desenvolvido na Universidade Federal de Pelotas.....	47
Figura 5	Teste de campo aberto para análise comportamental dos ratos submetidos á dieta com e sem extrato de pimenta	49
Figura 6	Testes comportamentais em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta <i>Capsicum baccatum</i> (100mg/kg e 200mg/kg).....	58
Figura 7	Atividade do tecido córtex pré-frontal em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta <i>Capsicum baccatum</i> (100mg/kg e 200mg/kg).....	62
Figura 8	Atividade do tecido hipocampo em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta <i>Capsicum baccatum</i> (100mg/kg e 200mg/kg).....	65
Figura 9	Atividade do tecido estriado em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta <i>Capsicum baccatum</i> (100mg/kg e 200mg/kg).....	66

Lista de tabelas

CAPÍTULO I – Diversidade para qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta (<i>Capsicum</i> spp.).....	21
Tabela 1 Acessos de variedades locais de pimentas (<i>Capsicum</i> spp.) do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Capsicum</i> da Embrapa Clima Temperado avaliados quanto à manutenção da qualidade de frutos após a colheita.....	27
Tabela 2 Matéria fresca de frutos de 12 variedades locais de pimentas (<i>Capsicum</i> spp.) ao longo de cinco semanas.....	32
Tabela 3 Avaliação sensorial em frutos de acessos de variedades locais de pimentas (<i>Capsicum</i> spp.).....	36
CAPÍTULO II – Ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica.....	40
Tabela 1 Carotenoides totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante dos extratos de pimenta (<i>Capsicum baccatum</i>) do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Capsicum</i> da Embrapa Clima Temperado.....	53
Tabela 2 Determinação de glicose no sangue em ratos Wistar, submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta (<i>Capsicum baccatum</i>).....	55
Tabela 3 Parâmetros metabólicos em ratos Wistar submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta <i>Capsicum baccatum</i> (100mg/kg e 200mg/kg).....	57

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2. CAPÍTULO I – Diversidade para qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta (<i>Capsicum</i> spp.).....	21
2.1 Introdução.....	21
2.2 Material e Métodos.....	23
2.3 Resultados e Discussão.....	31
2.4 Conclusões.....	39
3. CAPÍTULO II – Ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica.....	40
3.1 Introdução.....	40
3.2 Material e Métodos.....	42
3.3 Resultados e Discussão.....	51
3.4 Conclusões.....	67
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
6. ANEXO.....	90

1. INTRODUÇÃO GERAL

Entre tantas plantas conhecidas como pimentas, estão as do gênero *Capsicum* (SUN et al., 2014), que possuem como traço marcante a presença de capsaicina (PADILHA et al., 2015), um alcalóide produzido na placenta dos frutos, responsável pela pungência (DOMENICO et al., 2012; KEYHANINEJAD et al., 2014; NEITZKE et al., 2014). Além disso, existem muitas pimentas que são importante fonte de nutrientes na dieta humana e não possuem capsaicina (SHETTY et al., 2013).

Antes da chegada de Colombo às Américas, as pimentas do gênero *Capsicum* eram amplamente utilizadas nas Américas Central e do Sul, na área do Caribe e no México (REIFSCHNEIDER, 2000). Os registros mais antigos do cultivo de pimenta são encontrados em sítios arqueológicos localizados em Tehuacán, no México, e datam de cerca de nove mil anos (POWIS et al., 2013; REIFSCHNEIDER, 2000). As espécies do gênero *Capsicum* apresentam flores hermafroditas, ou seja, a mesma flor produz gametas masculinos e femininos (CARVALHO & BIANCHETTI, 2004). São autógamas, embora a polinização cruzada também possa ocorrer entre indivíduos dentro da mesma espécie e entre espécies do gênero. A polinização cruzada pode variar em taxas de 5 a 95%, pela ação do vento e de insetos polinizadores (FERRÃO et al., 2011). O número cromossômico é $n = 12$, sendo uma espécie diploide (CARVALHO & BIANCHETTI, 2008).

As diferentes espécies domesticadas de *Capsicum* (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*) (NEITZKE et al., 2016) podem ser discriminadas por características morfológicas visualizadas, principalmente nas flores, mas também nos frutos (CARVALHO et al., 2003). A posição da flor e do pedicelo, a presença ou ausência de manchas nos lobos das pétalas, a margem do cálice e o número de flores por entre-nó têm importância taxonômica na discriminação das espécies (CARVALHO; BIANCHETTI, 2004). Estes e outros caracteres das flores podem ser utilizados como marcadores morfológicos para determinar a divergência genética entre acessos de bancos de germoplasma, com a vantagem de poderem ser avaliados no início do ciclo reprodutivo das plantas (VASCONCELOS et al., 2012).

Muitas variedades locais de pimentas do gênero *Capsicum* são cultivadas de norte a sul em nosso País (VILLELA et al., 2014). As variedades locais são alvo de seleção realizada pelos agricultores. Suas sementes são mantidas ao longo das gerações (NEITZKE et al., 2012). Variedades locais de *C. baccatum* são bastante cultivadas na Região Sul do Brasil, sendo os tipos mais comuns a pimenta dedo-de-moça ou pimenta vermelha e pimenta cambuci ou pimenta chapéu-de-padre (NEITZKE, 2012). No Rio Grande do Sul, o principal município produtor de pimentas é Turuçu, localizado no Sul do Estado, reconhecido como “capital nacional da pimenta vermelha”, devido à tradição de cultivo de pimenta dedo-de-moça (*C. baccatum*) (VASCONCELOS et al., 2014).

Para conservar variedades locais de pimentas cultivadas pelos agricultores no Sul do Brasil, a Embrapa Clima Temperado mantém, desde 2002, um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *Capsicum*, em Pelotas, RS (PADILHA et al., 2015). Além deste, a Embrapa mantém outros dois bancos ativos de germoplasma de *Capsicum*: o Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Hortaliças (em Brasília, DF) e o Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Amazônia Oriental (em Belém, PA), não havendo duplicação de acessos de um banco em outro. Cada um destes bancos apresenta um acervo diferenciado, que pode ser usado em programas de melhoramento genético para diferentes finalidades (VASCONCELOS, 2012).

Resgate de germoplasma, documentação, multiplicação de sementes, caracterização e avaliação agrônômica são as atividades realizadas no BAG de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. O acervo deste banco conta com 403 variedades locais das espécies *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*. Há uma ampla diversidade genética presente neste banco de germoplasma (NEITZKE et al., 2016).

O melhoramento de plantas é um processo contínuo, onde muitas vezes tem-se que recorrer a antigas variedades ou a populações silvestres, em busca de genes específicos para utilização em determinadas circunstâncias (VILLELA et al., 2014). O desaparecimento desses genótipos cultivados ou existentes nos centros de diversidade, conhecida como erosão genética, é altamente preocupante, por implicar na perda de genes valiosos que podem ser de importância futura em programas de

melhoramento genético (NEITZKE, 2012), o que justifica a conservação *ex situ* dos recursos genéticos em bancos ativos de germoplasma.

Maior produtividade, qualidade pós-colheita e o desenvolvimento de cultivares ricas em compostos funcionais tem se consolidado como os principais focos dos programas de melhoramento genético de hortaliças (PADILHA, 2014). A redução das perdas ocorre desde o manejo em condições de campo e durante todo o processo de comercialização até a chegada ao consumidor (CORRÊA et al., 2015). A escolha de genótipos mais produtivos também deve levar em consideração se apresentam características físico-químicas que permitam maior vida de prateleira (HAMEED et al., 2013). Para tanto, é importante a identificação de genótipos com características superiores que possam ser usados nos programas de melhoramento genético (VASCONCELOS et al., 2014).

O processo de avaliação para qualidade pós-colheita, além de informar sobre a durabilidade dos frutos e subsidiar o desenvolvimento de cultivar (COELHO et al., 2015), também é importante no sentido de gerar informações acerca da diversidade genética presente nos acessos avaliados (SANTOS et al., 2015).

Segundo Nunes (2015), a qualidade, tanto de frutos, como hortaliças é determinada com base em aparência, sabor e textura. Esta caracterização é de suma importância, devendo ser realizada para a melhoria da comercialização (LEÓN et al., 2013). As frutas e hortaliças *in natura* apresentam inúmeros problemas relacionados à sua conservação (TSEGAY et al., 2013), que vêm desde o momento da colheita, quando se inicia uma série de processos que influenciam na qualidade do produto e nas suas conseqüentes perdas até o consumidor (SOUZA et al., 2014). Desta forma, entre os principais processos de deterioração, destacam a degradação e síntese de pigmentos, conversão do amido em açúcares, redução da firmeza, degradação de pectinas e mudanças das atividades enzimáticas (VILAS BOAS, 2014).

As pimentas são uma importante fonte de nutrientes na dieta humana (SHETTY et al., 2013). Além disso, produzem compostos que são benéficos à saúde (ORNELAS-PAZ et al., 2013), como vitaminas, antocianinas (FREITAS, 2014), e outros metabólitos secundários com propriedades antioxidantes (PEDÓ et al., 2015).

O gênero *Capsicum* têm uma grande variedade de fitoquímicos (HERVERT-HERNANDEZ et al., 2010), como os carotenoides (DELI et al., 2001; PADILHA et al., 2015), capsaicinoides (KIRSCHBAUM-TITZE et al., 2002; ROSA et al., 2002; OCHI et al., 2003; PINO et al., 2007), e compostos fenólicos (SHETTY et al., 2013), principalmente flavonoides, quercetina e luteolina (HOWARD et al., 2000; MARIN et al., 2004; NEITZKE et al., 2015).

Além de fornecerem nutrientes essenciais para a vida, os alimentos também têm a capacidade de fornecer compostos bioativos que auxiliam a promoção da saúde e prevenção de doenças (VIZZOTTO, 2005). Este interesse em alimentos funcionais tem estimulado os melhoristas de plantas a selecionar genótipos com maior teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante (MORESCO, 2013). Que são importantes para a saúde por auxiliarem na prevenção de doenças e na síndrome metabólica pela inativação de radicais livres (ZIMMER et al., 2012).

Os radicais livres são prejudiciais aos seres humanos, conduzindo a inflamações, danos em tecidos, desenvolvimento de doenças e síndromes (LEME, 2012). Além disso, estão envolvidos na patogênese de pelo menos uma centena de doenças diferentes, incluindo câncer, esclerose, artrite reumatóide e catarata (FREITAS, 2014). O corpo humano utiliza várias estratégias de defesa contra os radicais livres, incluindo enzimas e proteínas endógenas, bem como os antioxidantes presentes na alimentação (LEME, 2012). Os antioxidantes são comumente encontrados em frutas e hortaliças e, portanto, seu consumo tem sido associado à proteção contra várias doenças não transmissíveis e síndromes metabólicas (ALVAREZ-PARRILLA et al., 2012).

A síndrome metabólica é caracterizada por uma série de fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares como a resistência à insulina, hiperglicemia, obesidade visceral e hipertensão (RUDERMAN et al., 2013). Portanto, nos últimos anos houve um crescente interesse em estudar e quantificar os teores dos compostos bioativos presentes nos frutos em termos de sua funcionalidade potencial para o tratamento destas doenças e síndrome metabólica (ZIMMER et al., 2012; OLIVEIRA, 2015).

Para o tratamento da síndrome metabólica há um interesse crescente em estudos de substâncias alternativas com alto teor de compostos bioativos (ZIMMER et al., 2012). As pimentas do gênero *Capsicum* possibilitam a introdução de alguns fitoquímicos na dieta com estas características, pois apresentam vários benefícios como a proteção contra a oxidação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), diminuindo o estresse oxidativo e induzindo a termogênese (TREMARIN et al., 2014). Estes benefícios poderiam explicar as suas propriedades anti-inflamatórias (KANG et al., 2007) e os efeitos termogênicos (KANG et al., 2010).

Estudos em testes de modelos animais são relevantes (LEHNEN et al., 2013), por imitarem os aspectos da doença humana em relação a desenvolvimento e manutenção das características da síndrome metabólica, especialmente a obesidade, diabetes, dislipidemia e hipertensão (GARRUTI et al., 2012).

Considerando a necessidade e a importância de estudos relacionados à diversidade genética das espécies de pimentas, para programas de conservação e de melhoramento genético, este trabalho teve como objetivo geral contribuir para a caracterização de recursos genéticos das pimentas do gênero *Capsicum*. Para tanto, serão apresentados dois capítulos, cujos objetivos foram avaliar a diversidade genética para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado; e verificar a ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica em modelo animal.

2. CAPÍTULO I

Diversidade para qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta (*Capsicum* spp.)

2.1 Introdução

As pimentas do gênero *Capsicum* pertencem à família Solanaceae (PICKERSGILL, 1997). Existem cinco espécies domesticadas deste gênero: *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (FREITAS, 2014).

Este gênero apresenta ampla diversidade genética e grande versatilidade de uso além da alimentação (NEITZKE et al., 2016). Há um expressivo número de variedades e cultivares de pimentas (ALBRECHT et al., 2012), sendo que a variabilidade morfológica apresentada pelos frutos é evidenciada pelos múltiplos formatos, tamanhos, colorações e pungências (VASCONCELOS et al., 2012). A coloração dos frutos maduros pode variar desde o amarelo-leitoso, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho, roxo até o preto (NEITZKE, 2012). A pungência das pimentas é atribuída à capsaicina, um alcalóide que se acumula na superfície da placenta (tecido localizado na parte interna do fruto) e é liberado quando o fruto sofre qualquer dano físico (CARVALHO et al., 2003).

Os usos destas pimentas são tão diversos quanto os tipos de frutos encontrados em *Capsicum* (ALBRECHT et al., 2012). As pimentas, além de consumidas frescas, podem ser processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos (NEITZKE et al., 2012). O cultivo de pimentas na agricultura familiar é uma alternativa de diversificação da produção, aumentando a geração de emprego e a renda na agricultura do país (VILELA, 2004). Além disso, o agronegócio de *Capsicum* continua a demandar genótipos com maior produtividade, resistentes a doenças e pragas e com alta qualidade pós-colheita dos frutos (COSTA, 2015).

A importância socioeconômica do cultivo de pimentas é muito grande, por contribuir com a fixação de produtores rurais e suas famílias no campo (NEITZKE et al., 2012). Muitos agricultores cultivam variedades locais de pimentas que são

resultados de vários ciclos de seleção realizados por eles. Porém, grande parte dessas variedades está sendo perdida pela substituição de cultivos ou em consequência do êxodo rural (NEITZKE et al., 2014).

Os bancos ativos de germoplasma são muito importantes para garantir a conservação da variabilidade genética e disponibilizar genótipos para o uso em programas de melhoramento genético (VILLELA et al., 2014). O enriquecimento das coleções de germoplasma por meio de coleta e intercâmbio, a conservação de sementes e a utilização imediata ou futura desse germoplasma em programas de melhoramento genético, visando a exploração da variabilidade disponível, constituem medidas fundamentais para o uso dos recursos genéticos (PADILHA, 2014).

A caracterização detalhada dos acessos conservados nos Bancos Ativos de Germoplasma (HILL et al., 2013) é importante para a identificação de genótipos com características superiores (NEITZKE et al., 2015). Superadas as deficiências de informação, o germoplasma será mais útil para o desenvolvimento de novas cultivares (VASCONCELOS, 2012).

O melhoramento genético de *Capsicum* no Brasil é realizado tanto por empresas públicas, quanto privadas (PEREIRA et al., 2010). Em geral são feitas seleções para produtividade, baixa persistência do pedúnculo na planta (para facilitar a colheita), arquitetura da planta, precocidade, resistência a doenças e pós-colheita em frutos de pimentas (VASCONCELOS, 2012).

As hortaliças são altamente perecíveis devido ao alto teor de água em sua composição, conseqüentemente, apresentam uma vida pós-colheita limitada (COELHO et al., 2015). As podridões em frutas e hortaliças, resultantes da atividade de agentes fitopatogênicos e da senescência natural, acarretam perdas qualitativas e quantitativas e, em consequência, perdas econômicas (COSTA et al., 2014). Ocorrem alteração no sabor, amadurecimento precoce e apodrecimento dos frutos, comprometendo conseqüentemente a produção e a comercialização (SANTOS et al., 2015). Quanto maior o período de conservação das hortaliças, maior será o tempo para comercialização e consumo (NUNES, 2015).

Os frutos de boa qualidade devem ser firmes, brilhantes e ter sempre o pedúnculo verde. Quando os frutos não estão frescos, têm aspecto murcho, sem brilho e a cor é mais pálida (LEÓN et al., 2013). A conservação de sua qualidade na pós-colheita é significativamente afetada pelo estágio de maturação na colheita, temperatura de armazenamento e qualidade inicial do produto (TSEGAY et al., 2013). O principal obstáculo ao seu armazenamento é a desidratação (MORGADO et al., 2008), fazendo com que uma baixa taxa de perda de massa e o controle do amolecimento, após a colheita, sejam importantes para a manutenção da boa aparência (HAMEED et al., 2013). A perda de água pelos produtos armazenados não só resulta em perda de massa, mas também em perda de qualidade, pelas alterações na textura. Alguma perda de água pode ser tolerada, mas o murchamento ou enrugamento deve ser evitado (MORGADO et al., 2008). O murchamento pode ser retardado, diminuindo a taxa de transpiração, que pode ser feito com aumento da umidade relativa do ar, redução na temperatura e na movimentação do ar, e uso de embalagens plásticas protetoras, o que pode levar os frutos a uma maior vida útil (LEÓN et al., 2013). Dentre as proteções utilizadas podem ser citados os filmes plásticos, as ceras e os filmes comestíveis (HAMEED et al., 2013).

Assim como para caracteres morfológicos, teor de nutrientes e de compostos antioxidantes existe uma ampla diversidade genética presente nos Bancos Ativos de Germoplasma (NEITZKE et al., 2015) é esperado que também exista diversidade genética para conservação pós-colheita dos frutos de pimentas. Desse modo, é importante que os acessos sejam caracterizados para qualidade pós-colheita para identificar genótipos potenciais para inserção em programas de desenvolvimento de novas cultivares.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a diversidade genética para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.

2.2 Material e Métodos

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Recursos Genéticos da Embrapa Clima Temperado e no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Pelotas.

Foram avaliados 12 acessos de variedades locais de pimenta do gênero *Capsicum* (Figura 1) que fazem parte do acervo do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. Este banco mantém 403 acessos, provenientes de coletas realizadas, de doações de agricultores e colecionadores particulares de pimentas, além da aquisição de frutos em mercados e feiras populares. A escolha dos acessos avaliados neste trabalho foi feita com base nos registros de passaportes, na prévia caracterização morfológica com uso de descritores (NEITZKE et al., 2014), na caracterização química (VASCONCELOS, 2012) e na disponibilidade de um suficiente número de sementes.



Figura 1 – Acessos de variedades locais de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado avaliados quanto à manutenção da qualidade de frutos após a colheita. Fotos: Carla Sigales de Vasconcelos e Raquel Silvana Neitzke.

Na Tabela 1 estão listados os 12 acessos avaliados, com indicação de espécie, nome popular, procedência, cor do fruto maduro, formato do fruto e pungência. Os nomes populares atribuídos a variedades locais de pimentas geralmente estão associados a alguma característica dos frutos ou a um uso. É importante considerar que os nomes populares variam muito de um lugar para outro. Algumas variedades de pimenta denominadas pelo mesmo nome popular, às vezes, são completamente diferentes, mas também acontece de haver diferentes nomes populares para um mesmo tipo de pimenta dependendo do local onde são cultivadas. Por exemplo, uma variedade local avaliada neste trabalho (P179 da espécie *C. baccatum*) é conhecida popularmente como “pimentão”, pelo fato de não ter pungência, apesar de não ser da mesma espécie do pimentão (*C. annuum*) e de ter frutos alongados, com formato bastante diferente.

A semeadura foi realizada no mês de julho, em bandejas de poliestireno para mudas, contendo 72 células preenchidas com substrato comercial. Para evitar danos decorrentes da mudança brusca de ambiente, antes do transplante para o campo, foi realizada uma aclimatização gradual das mudas durante um período de 20 dias, com a transferência das bandejas da casa-de-vegetação para a área externa durante cerca de seis horas por dia.

Quando as mudas apresentaram de cinco a sete folhas verdadeiras, 88 dias após a semeadura, foram transplantadas para o campo experimental da Embrapa Clima Temperado, no espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,3 m entre fileiras. Os canteiros foram cobertos com plástico tipo *mulching* preto, com o objetivo de realizar o controle de plantas invasoras e contribuir com a manutenção da umidade do solo. As plantas foram irrigadas, sempre que necessário, por sistema de irrigação localizada por gotejamento. A água utilizada foi captada, através de um sistema de bombas, de um açude localizado próximo à área de cultivo das pimentas. O solo teve a correção do pH efetuada e foi adubado conforme a recomendação técnica para pimentão (*C. annuum*) (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

Tabela 1 – Acessos de variedades locais de pimentas (*Capsicum* spp.) do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado avaliados quanto à manutenção da qualidade de frutos após a colheita.

Acesso	Espécie	Nome popular	Procedência	Cor do fruto maduro	Formato do fruto	Pungência
P8	<i>C. baccatum</i>	Pimenta	Renascença/PR	Vermelho	Alongado	Alta
P27	<i>C. baccatum</i>	Pimentão amarelo	Renascença/PR	Amarelo laranja	Campanulado	Ausente
P37	<i>C. chinense</i>	Pimenta	Minas Gerais/MG	Vermelho	Alongado	Ausente
P41	<i>C. chinense</i>	Pimenta de tempero	Pedro Afonso/TO	Vermelho	Alongado	Baixa
P42	<i>C. chinense</i>	Pimenta	Pedro Afonso/TO	Vermelho escuro	Arredondado	Baixa
P110	<i>C. baccatum</i>	Pimenta ornamental amarela	Pelotas/RS	Amarelo laranja pálido	Arredondado	Média
P179	<i>C. baccatum</i>	Pimentão	Rio Grande/RS	Vermelho	Alongado	Ausente
P219	<i>C. annuum</i>	Pimenta	Tavares/RS	Vermelho	Triangular	Média
P226	<i>C. frutescens</i>	Pimenta malagueta carioca	Rio de Janeiro/RJ	Vermelho	Alongado	Alta
P230	<i>C. baccatum</i>	Pimenta malagueta portuguesa	Rio de Janeiro/RJ	Vermelho	Alongado	Média
P231	<i>C. chinense</i>	Pimenta bode ardida	Rio de Janeiro/RJ	Amarelo	Triangular	Baixa
P232	<i>C. baccatum</i>	Pimenta dedo-de-moça	Rio de Janeiro/RJ	Vermelho escuro	Alongado	Média

Obs.: Informações provenientes dos dados de passaporte e de caracterização morfológica dos acessos.

Os frutos maduros dos acessos de pimentas foram colhidos manualmente com o pedúnculo, pela manhã, e acondicionados em sacos plásticos. No laboratório, foram selecionados cuidadosamente quanto ao tamanho, cor e formato, descartando aqueles com defeitos, e permanecendo os que não tinham danos aparentes. 200g de frutos de cada acesso foram acondicionados em bandejas de polietileno (20x10x2cm). Em seguida, as bandejas foram envolvidas com filme de cloreto de polivinila (PVC) de 20 μ e armazenadas sob refrigeração de 4°C. O delineamento experimental foi totalmente casualizado, com três repetições por tratamento. A matéria fresca dos frutos acondicionados nas embalagens foi avaliada semanalmente, durante cinco semanas. Observações visuais foram realizados para determinar a aceitação dos 12 acessos de pimentas por consumidores.

A avaliação visual foi realizada por 10 julgadores uma vez por semana (nas quintas-feiras), durante um período de cinco semanas. As bandejas foram dispostas sobre uma bancada para todos os avaliadores terem acesso aos genótipos e durante a avaliação sensorial os filmes plásticos foram removidos das bandejas.

Foi disponibilizado a cada avaliador (funcionários, visitantes e estudantes da Universidade Federal de Pelotas) material de apoio com fotos ilustrativas com diferentes pontos da escala hedônica para cor do fruto, brilho do fruto, turgidez do fruto, defeitos do fruto, aspecto do pedúnculo e aparência geral (Figura 2) para auxiliar na avaliação sensorial.

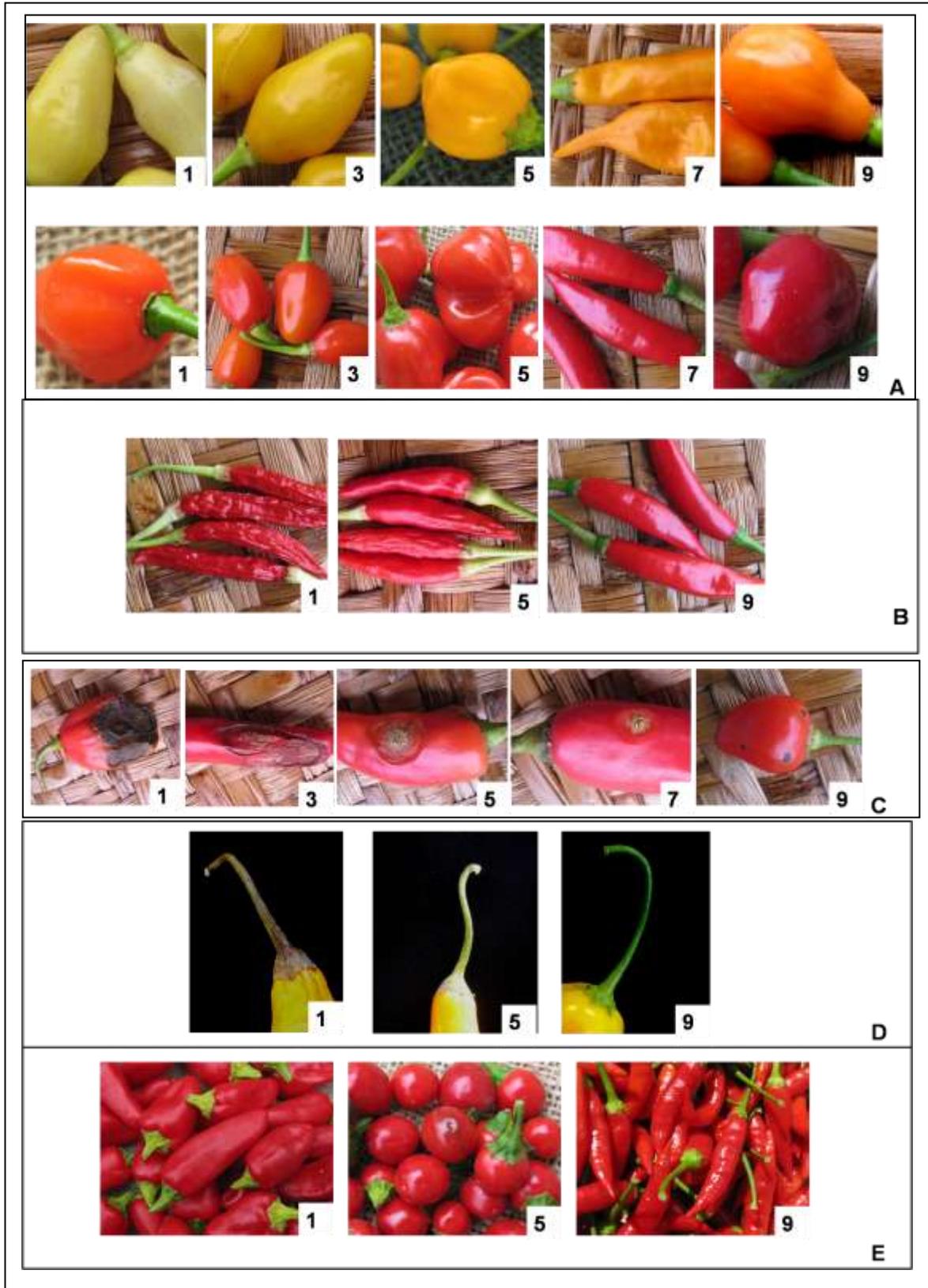


Figura 2 – Imagens ilustrativas com diferentes pontos da escala hedônica disponibilizadas aos julgadores como apoio durante as avaliações da diversidade genética para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimentas (*Capsicum* spp.): (A) cor do fruto; (B) turgidez do fruto; (C) defeitos do fruto; (D) aspecto do pedúnculo; (E) brilho do fruto. Fotos: Raquel Silvana Neitzke.

Foi empregado o teste de aceitação com escala hedônica estruturada de nove pontos. A Figura 3 apresenta o modelo de escala hedônica descritiva, que foi ancorado verbalmente pelas expressões “desgostei muitíssimo, correspondendo ao menor valor (1), e “gostei muitíssimo” correspondendo ao maior valor (9). Termos hedônicos discriminativos intermediários foram expressos, passando por um ponto da escala que correspondeu à sensação de indiferença (5).

9 - gostei muitíssimo;
8 - gostei muito;
7 - gostei moderadamente;
6 - gostei ligeiramente;
5 – indiferente;
4 - desgostei ligeiramente;
3 - desgostei moderadamente;
2 - desgostei muito;
1 - desgostei muitíssimo.

Figura 3 – Modelo de escala hedônica utilizada na avaliação da qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimentas (*Capsicum* spp.). Fonte: Queiroz e Treptow, 2006, p.206.

Para facilitar o estudo dos dados obtidos na análise visual (escala hedônica) foi realizada a transformação dos dados. Para a obtenção das respostas médias dos julgadores foi realizada análise de frequência. Foi considerado como aceito o acesso que obteve resultado acima de 70% de aceitabilidade (calculado através do valor da média das respostas obtidas dos 10 julgadores) x 100/pelo valor máximo da escala, que é 9) (DUTCOSKY, 1996; GULARTE, 2009).

Exemplo: $6,3$ (média das respostas obtidas dos 10 julgadores) $\times 100 = 70 \%$

9 (valor máximo da escala)

Na análise estatística para os valores da matéria fresca dos frutos de variedades locais de pimentas (*Capsicum* spp.), acondicionados em bandejas de polietileno, foi utilizado o programa Wistart para realizar a análise de variância para obter a significância da estatística F e, as médias, analisadas pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

2.3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos evidenciaram a presença da divergência genética nos acessos para manutenção da qualidade de frutos de variedades locais de pimentas *Capsicum* spp. após a colheita.

A análise sensorial é utilizada para medir, analisar e interpretar reações às características dos frutos e como elas são percebidas pelos sentidos da visão, olfato e/ou tato (MADALENA et al., 2014). Nos últimos anos, a análise sensorial dos alimentos tornou-se uma ferramenta básica para a indústria de produtos alimentícios, capaz de gerar informações precisas para decisões importantes em relação à escolha de matérias primas, métodos e melhoras nas formulações para o desenvolvimento de novos produtos (OLIVEIRA, 2014). O fator de grande relevância para aquisição ou não de determinado fruto é sua aparência geral (ROMBALDI, 2007). Nesse sentido, avaliação da cor, brilho, turgidez, defeitos e aparência geral são essenciais para indicar a preferência pelos consumidores (SILVA et al., 2014).

Dessa forma, a análise sensorial dos frutos é muito utilizada como meio de controle de qualidade de inúmeras empresas, uma vez que com ela se consegue avaliar o grau de aceitação da mercadoria pelo consumidor (PACHECO, 2015). É possível determinar o ponto a ser trabalhado para que sua aceitação seja maior. Este fato é extremamente importante visto que a manutenção da qualidade do alimento favorece a fidelidade do consumidor a um produto específico em um mercado cada vez mais exigente (CASTRICINI et al., 2015).

Todos os acessos estudados apresentaram redução da matéria fresca, ao longo do período de armazenamento, ocorreram diferenças estatísticas significativas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade em relação à matéria fresca dos acessos entre os valores das cinco avaliações (Tabela 2).

As perdas da massa fresca dos frutos de pimentas variaram de 15,86% (P8) a 2,39% (P179) ao longo do período das cinco avaliações. O acesso P179 se destacou em relação a todos os acessos, ele apresentou uma porcentagem muito baixa quanto à perda da massa fresca. O acesso P8 foi o que mais perdeu massa fresca quando conservado em bandeja de polietileno envolvida com filme de cloreto de polivinila (PVC) e armazenada sob refrigeração de 4°C. Milagres (2014),

constatou que na conservação pós-colheita de frutos de pimentas também foi observada a perda de 16% da matéria fresca ao longo das avaliações realizadas durante 21 dias.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a perda da massa fresca têm relação com o tamanho do fruto, quanto maior o fruto, menor será perda da massa fresca dos frutos e vice versa. Este fator é influenciado pela superfície das hortaliças, ou seja, a perda de vapor de água por transpiração será mais elevada para produtos com menor tamanho (FINGER et al., 2011). Em frutos armazenados ocorre a eliminação da água por transpiração causada pela diferença de pressão de vapor entre o fruto e o ar no ambiente (ALMEIDA, 2014) e dos processos metabólicos de respiração (NETO et al., 2015). Em ambiente refrigerado, a temperatura mais baixa desacelera o metabolismo do fruto e conseqüentemente ocorre menor perda de massa fresca (SARMENTO et al., 2015). A refrigeração associada ao uso do filme de PVC possibilita aumento na vida de prateleira dos frutos (COSTA et al., 2015) e, conseqüentemente, maior conservação das qualidades químicas e físicas dos frutos de pimenta (MILAGRES, 2014). Souza et al. (2014) mencionam que as perdas também podem ser influenciadas por características da cultivar. Muitas cultivares têm a capacidade de reter sua qualidade na fase pós-colheita devido às suas características genéticas, bioquímicas e fisiológicas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 2 – Matéria fresca de frutos de 12 variedades locais de pimentas (*Capsicum* spp.) ao longo de cinco semanas.

Acesso	1º semana (g)	2º semana (g)	3º semana (g)	4º semana (g)	5º semana (g)
P8	200,43a	188,41c	173,71b	169,64c	168,63c
P27	200,07a	192,38abc	187,58b	180,04bc	179,52b
P37	200,67a	197,34ab	190,58ab	188,42ab	187,43ab
P41	202,28a	191,07bc	187,02b	185,69ab	178,79bc
P42	202,47a	194,06abc	189,58ab	186,70ab	183,87b
P110	201,46a	195,36abc	191,79ab	187,39ab	186,17b

P179	201,82a	200,32a	198,75a	197,70a	196,99 a
P219	202,05a	196,65abc	193,05ab	188,98ab	186,35ab
P226	200,2a	190,71bc	186,86b	181,69bc	178,01bc
P230	200,74a	193,55abc	189,44ab	186,44ab	183,41b
P231	201,27a	192,79abc	185,49b	185,30b	181,11b
P232	201,59a	193,40abc	191,02ab	187,28ab	184,00b

A comparação das médias relacionando os acessos foi realizada entre os valores das cinco avaliações. Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os acessos caracterizados apresentaram ampla variabilidade para as variáveis avaliadas (cor do fruto maduro, turgidez do fruto, defeitos do fruto, aspecto do pedúnculo, brilho do fruto e aparência geral do fruto). A Tabela 3 ilustra a variação encontrada na avaliação sensorial em frutos de acessos de variedades locais de pimentas (*Capsicum* spp.). Os resultados obtidos atestam sua viabilidade comercial no que diz respeito à qualidade após a colheita. Estudos deste tipo são necessários para subsidiar a introdução de novas variedades de hortaliças no mercado, ampliando as opções para produtores e consumidores (GUILHERME et al., 2014).

Os testes sensoriais fazem parte do controle da qualidade de um produto, e no caso de frutos eles têm sido uma técnica decisiva para detectar as preferências por parte dos consumidores (SOUZA, 2013). Os valores acima de 7 na escala hedônica indicam boa aceitação do alimento pelo consumidor. Segundo Dutcosky (1996), percentuais de aceitação acima de 70% indicam que o produto tem um potencial mercadológico (GUILHERME et al., 2014). Na avaliação sensorial, o grupo de julgadores foi bastante heterogêneo, com indivíduos de diferentes idades, status sociais, gênero e nível educacional. Sarmento et al. (2015), ressaltou a importância de ter julgadores heterogêneos. Essa diversidade entre os avaliadores é um fator importante para análise sensorial, pois minimiza o erro na análise dos dados, evitando tendências de grupos muito uniformes (COSTA et al., 2015).

Na avaliação de aceitação da cor do fruto (Tabela 3) nos 12 acessos de pimentas, os percentuais nas cinco avaliações variaram de 100% a 33%. Os acessos P41, P42, P179, P219, P230, P231 e P232 apresentaram resultados percentuais de aceitação, quanto à cor do fruto, com valores acima de 70% ao longo das cinco avaliações. Estes acessos apresentam frutos vermelhos, com exceção do acesso P231, com frutos amarelos.

De acordo com Vilas Boas (2002), a cor dos frutos representa a mais importante determinante da aparência nas hortaliças, frescas ou processadas. As modificações na coloração das hortaliças com a maturação ocorrem devido tanto a processos degradativos, como a processos sintéticos. A diferença de coloração entre as cultivares de uma mesma espécie se deve às diferenças na concentração e proporção entre os pigmentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). É de interesse para o mercado consumidor que haja uniformidade e intensidade de cor do produto (GUARRUTI et al., 2013).

Quanto à turgidez do fruto (Tabela 3), os percentuais nas cinco avaliações variaram de 100% a 23%. O acesso P179 foi o único dos 12 acessos estudados que apresentou resultado percentual de aceitação acima de 70% ao longo das cinco avaliações. Este acesso de pimenta apresentou valor superior ao relatado para pimentão (*C. annuum*) em trabalho realizado por Blat et al. (2007), que obteve apenas 53% quanto ao percentual de aceitação em relação a turgidez. Segundo Bem-Yehoshua (1987), o declínio dos valores da firmeza indica deterioração estrutural dos frutos devido à desintegração da parede celular e perda da turgescência.

A firmeza é um fator importante na determinação da qualidade dos frutos (BOURNE, 1982). As hortaliças estocadas sob refrigeração durante várias horas, geralmente apresentam um grau de firmeza maior quando comparada àquelas mantidas à temperatura ambiente (CARVALHO et al., 2015).

Segundo Coelho (1994), a firmeza é um atributo de qualidade, fortemente correlacionada ao conteúdo de substâncias pécticas presentes nos frutos e hortaliças. Estas substâncias são os principais componentes químicos dos tecidos vegetais, responsáveis pelas mudanças de textura e a perda da matéria fresca das

frutas e hortaliças. À medida que os frutos amadurecem ocorre degradação das substâncias pécticas, o que pode ser facilmente observado pelo amolecimento da polpa dos referidos alimentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em relação aos defeitos (podridões e manchas) dos frutos (Tabela 3), o acesso P179 apresentou maior valor com 94% e o acesso P42 menor resultado com o percentual de 22%. Ao longo das cinco avaliações os acessos P179 e P232 apresentaram valores de aceitação acima de 70%.

Segundo Queiroz e Treptow (2006), os defeitos nos frutos correspondem a quaisquer danos que prejudiquem a aparência interna ou externa do produto, tornando-o imperfeito. São decorrentes de fatores genéticos, de condições ambientais ou nutricionais desfavoráveis, bem como manuseio inadequado (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Quando aparentes, reduzem sensivelmente o potencial de comercialização do produto (MIGUEL et al., 2010). Os insetos, os microrganismos, as desordens fisiológicas e os danos mecânicos são as principais causas de defeitos nas hortaliças. Além dos danos físicos, outros sintomas aparentes são a descoloração, desenvolvimento de odores e sabores estranhos, deteriorações e má formação do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Na avaliação do aspecto do pedúnculo (Tabela 3) o acesso P179 apresentou o maior valor de aceitação, com 94%, e o acesso P110 obteve o menor resultado, com 11% na escala hedônica. Após as cinco avaliações o acesso P179 apresentou resultado percentual de 70%, evidenciando mais uma vez sua superioridade para qualidade após a colheita em comparação com os demais acessos.

Para o brilho do fruto (Tabela 3), os percentuais nas cinco avaliações variaram de 72% a 14% na escala hedônica. Os acessos P179 e P232 apresentaram resultados percentuais acima de 70%. Segundo Corrêa (2014), o brilho é um atributo sensorial que sensibiliza a visão do consumidor no momento da compra do fruto. O brilho é uma propriedade relativa, a maneira pela qual a luz é refletida e transmitida sendo um atributo de aparência não menos importante que a cor ou outra característica sensorial para aceitação de um produto (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

Na Figura 4, representando visualmente a aparência geral dos frutos, ao longo das avaliações, foi traçada uma linha vermelha, indicando o ponto de corte, a partir dos resultados transformados da escala hedônica que apresentam valores aceitáveis para comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A aparência geral dos frutos é influenciada diretamente pela composição química e propriedades físicas. São percebidas pelo consumidor como atributos na hora da compra dos frutos, os quais influenciam a competitividade entre os produtos (MOLNAR et al., 1993).

Em relação à aparência geral (Tabela 3 e Figura 4), os percentuais nas cinco avaliações variaram de 97% a 23%. Os acessos P8, P27, P37, P41, P42, P110, P219, P226, P230, P231 e P232 não apresentaram diferenças significativas em relação à avaliação sensorial. O acesso P179 foi o único dos 12 acessos estudados que apresentou resultado percentual de aceitação de 72% ao longo dos 35 dias de avaliações em relação à aparência geral. Este acesso apresentou valor superior em relação ao resultado obtido por Morgado et al. (2008) que estudaram o período de armazenamento de uma variedade de pimentão protegido com filme de PVC, em que obteve ótima aparência somente até o 18º dia de armazenamento, com posterior aparecimento de podridões.

Tabela 3 – Avaliação sensorial em frutos de acessos de variedades locais de pimentas (*Capsicum* spp.).

Acesso	Avaliação	CF (%)	TF (%)	DF (%)	AP (%)	BF (%)	AG (%)
P8	1	76	83	77	77	77	77
	2	67	81	75	72	72	75
	3	61	77	66	70	72	62
	4	61	72	60	64	55	60
	5	55	66	53	50	44	44
P27	1	77	82	82	63	58	72
	2	70	80	80	45	86	66
	3	65	76	75	42	51	66
	4	64	67	71	31	44	58
	5	64	55	52	27	42	53
P37	1	78	76	93	77	74	84
	2	76	70	85	56	67	67
	3	76	68	76	47	65	66
	4	75	64	74	42	61	61
	5	64	38	50	33	56	45
P41	1	80	83	91	75	78	86
	2	76	80	86	57	77	76

P41	3	76	73	81	46	76	66
	4	73	65	78	44	67	71
	5	72	46	42	26	67	38
P42	1	95	94	92	76	77	88
	2	94	70	86	54	60	61
	3	90	64	73	45	55	54
	4	87	57	55	38	52	53
	5	78	26	22	21	35	25
P110	1	70	84	81	74	68	74
	2	65	72	78	68	42	51
	3	64	60	67	48	40	48
	4	57	58	72	42	25	47
	5	33	23	28	11	14	23
P179	1	100	100	94	94	91	97
	2	98	92	92	92	88	92
	3	94	88	88	86	83	87
	4	88	83	86	80	77	81
	5	83	70	83	70	72	72
P219	1	91	92	93	91	83	91
	2	83	77	78	61	77	75
	3	82	76	74	58	71	72
	4	80	66	48	56	66	65
	5	77	46	28	31	55	46
P226	1	75	67	87	74	72	71
	2	74	66	86	57	47	65
	3	67	64	74	53	45	58
	4	66	58	73	48	42	50
	5	65	33	27	27	36	38
P230	1	84	83	92	83	84	87
	2	83	81	87	56	78	80
	3	83	80	83	55	73	76
	4	82	74	83	52	73	76
	5	82	55	56	27	67	46
P231	1	84	91	91	85	83	80
	2	83	88	85	53	57	68
	3	80	80	78	50	50	67
	4	73	66	76	46	50	65
	5	73	40	27	23	38	27
P232	1	84	85	84	87	82	85
	2	83	82	84	64	77	82
	3	80	76	84	61	76	76
	4	80	72	83	51	71	74
	5	78	57	80	35	70	66

Os valores presentes na tabela, em porcentagem (%), foram obtidos por meio da transformação dos dados da escala hedônica. CF: Cor do fruto; TF: Turgidez do fruto; DF: Defeitos do fruto; AP: Aspecto do pedúnculo; BF: Brilho do fruto; AG: Aparência geral.

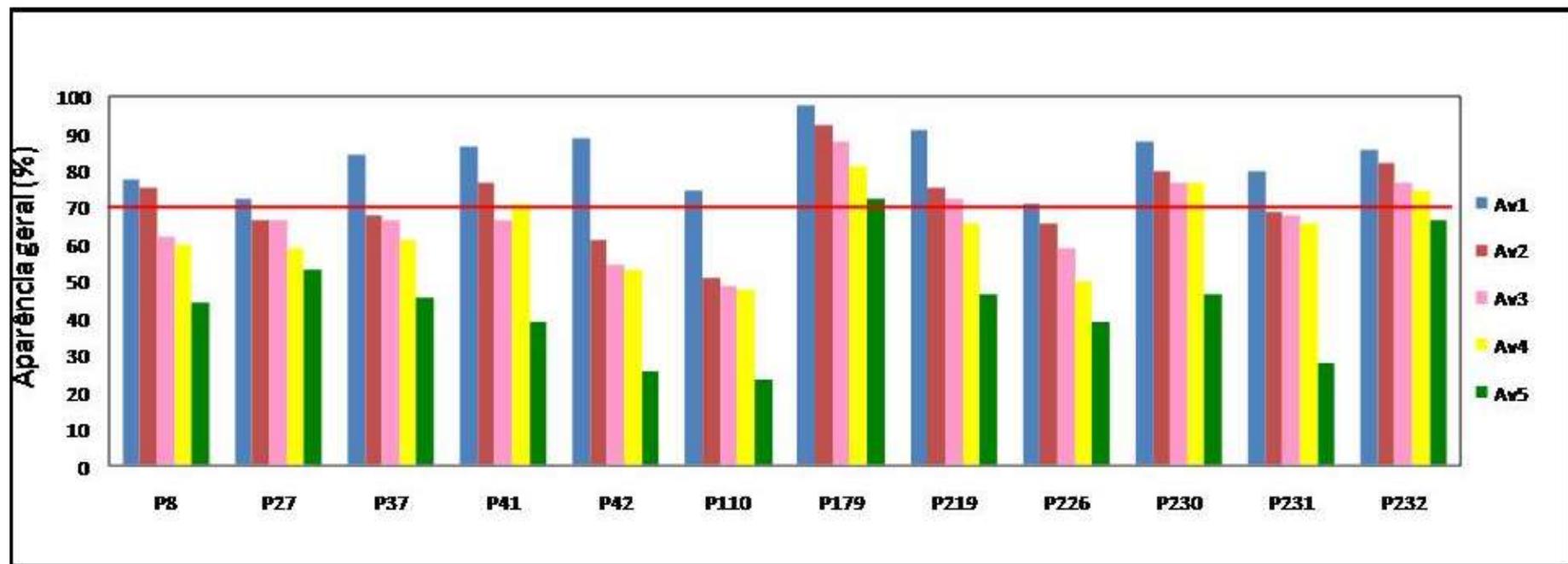


Figura 4 - Aparência geral, em porcentagem (%), obtidos da transformação dos dados da análise sensorial dos frutos de acessos de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.

2.4 Conclusões

Existe diversidade genética para qualidade de frutos após a colheita em acessos de pimenta (*Capsicum* spp.).

O acesso P179 (*C. baccatum*) é promissor para uso em programas de melhoramento genético, devido à elevada qualidade dos frutos após a colheita, com pequenas taxas de perda de matéria fresca e excelente manutenção de cor, turgidez, brilho e aparência geral ao longo de 35 dias.

3. CAPÍTULO II

Ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica

3.1 Introdução

As pimentas do gênero *Capsicum* estão entre as hortaliças mais comercializadas e consumidas no Brasil (CARVALHO et al., 2006), dando sabor, aroma e cor aos alimentos (ORNELAS-PAZ et al., 2013). Seus frutos podem ser consumidos frescos (*in natura*), em forma de molhos, em conservas, desidratados para processamentos em pós e no uso ornamental e medicinal (MOULIN, 2013).

No Brasil, muitos agricultores mantêm variedades locais de pimentas (*Capsicum* spp.), que são resultado de vários ciclos de seleção realizada por eles mesmos. Grande parte dessas variedades está sendo perdida pela substituição dos cultivos ou pelo abandono da atividade agrícola (NEITZKE, 2012). Para conservar as variedades locais de pimentas cultivadas pelos agricultores, a Embrapa Clima Temperado mantém, desde 2002, um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *Capsicum*, em Pelotas, no Rio Grande do Sul (VILLELA et al., 2014). O acervo deste banco conta com 403 acessos das espécies *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*.

Os recursos genéticos são imprescindíveis para o desenvolvimento sustentável da agricultura e da agroindústria. O melhoramento de plantas depende do germoplasma disponível e da variabilidade. O aproveitamento dos recursos genéticos torna possível lançar no mercado novos produtos com qualidades antes desconhecidas (PEREIRA et al., 2010). Quanto maior a disponibilidade de germoplasma caracterizado, especialmente em termos de caracterização morfológica, química e avaliação agrônômica, maior a possibilidade de sucesso do melhoramento genético (PADILHA, 2014). Diante disso, a caracterização dos acessos existentes em bancos de germoplasma facilita a identificação de fontes de genes de interesse (GUEDES et al., 2013).

Além da obtenção de cultivares mais produtivas e tolerantes a estresses ambientais (DEPRÁ et al., 2016), o melhoramento genético também deve ter como finalidade a obtenção de cultivares que apresentem elevado teor de compostos funcionais com importância para a saúde dos consumidores (PADILHA, 2014). O desenvolvimento de cultivares mais ricas em compostos funcionais associados à prevenção de doenças é um dos principais focos dos programas de melhoramento genético de hortaliças (CARVALHO et al., 2006).

Os frutos de pimentas são fontes importantes de antioxidantes naturais (CARVALHO; BIANCHETTI, 2004), como vitamina C, vitamina E (COSTA et al., 2010), carotenoides e antocianinas (NEITZKE, 2012; VASCONCELOS, 2012; NEITZKE et al., 2015; PADILHA et al., 2015). Há evidências de que os antioxidantes previnem doenças degenerativas como o câncer, as doenças cardiovasculares (JUÁNIZ et al., 2016), o mal de Parkinson e de Alzheimer (PEREIRA et al., 2012).

Existem pesquisas com modelos animais demonstrando a relação entre o consumo de frutas e vegetais frescos e a prevenção de doenças crônicas ou degenerativas, dentre elas se destaca a síndrome metabólica (ZIMMER et al., 2012; OLIVEIRA, 2015). Este transtorno é caracterizado por uma série de fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares como a resistência à insulina (RI), hiperglicemia, obesidade visceral, hipertensão arterial e dislipidemia, que é caracterizada pela presença de níveis elevados de lipídios no sangue (RUDERMAN et al., 2013). Dentre os fatores que estão associados às alterações no perfil lipídico podem ser citados o aumento das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), a diminuição das concentrações de lipoproteínas de baixa densidade (HDL) e o nível elevado de triglicérides no sangue (ESPOSITO; GIUGLIANO, 2006; KASSI et al., 2011).

Estudos epidemiológicos revelam que os compostos bioativos produzidos pelo metabolismo secundário de alimentos de origem vegetal como antocianinas, flavonoides e carotenoides apresentam diversas atividades biológicas importantes, incluindo ação antioxidante, anti-inflamatória e hipoglicemiante (MARY et al., 2009; BRONEEL et al., 2010; PAREDES-LOPEZ et al., 2010; OSAMA et al., 2011). Desta forma, tendo em vista que as pimentas do gênero *Capsicum* apresentam altos níveis de compostos bioativos como compostos fenólicos, antocianinas e carotenoides

(NEITZKE, 2012; VASCONCELOS, 2012; PADILHA, 2014; NEITZKE et al., 2015), elas podem ser úteis no tratamento de alterações presentes na síndrome metabólica (ZIMMER et al., 2012; RODRIGUES et al., 2012; KIM et al., 2014b; YANG et al., 2015). Além disto, o consumo de extratos de pimenta demonstrou proteção ao tecido contra danos causados pelos radicais livres em diferentes condições patológicas, como as doenças cardiovasculares (KONG et al., 2003; BAGCHI et al., 2004; MOSKAUG et al., 2005; KUMAR et al., 2012; OLIVEIRA, 2015).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica em modelo animal.

3.2 Material e Métodos

Este trabalho foi realizado através da parceria entre a Embrapa Clima Temperado (Laboratório de Recursos Genéticos e Núcleo de Alimentos) e a Universidade Federal de Pelotas (Biotério Central e Laboratório de Biomarcadores no Departamento da Bioquímica).

3.2.1 Cultivo das plantas

Foram selecionados três acessos de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado com diferentes níveis de pungência para compor o experimento: P8 (pungência alta), P49 (pungência média) e P179 (pungência ausente). Todos os acessos apresentam cor do fruto maduro vermelho, formato do fruto alongado e todos da espécie *Capsicum baccatum* (Figura 1), foram escolhidos com base nos resultados de trabalho anterior, indicando elevado teor de compostos bioativos e diferentes níveis de pungência (VASCONCELOS, 2012).



Figura 1 – Acessos P8, P49 e P179 (*Capsicum baccatum*) do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. Fotos: Carla Sigales de Vasconcelos.

A semeadura foi realizada em julho de 2013 com 100 sementes de cada um dos acessos em bandejas de poliestireno de 72 células preenchidas com substrato comercial. Em outubro do mesmo ano, quando as 25 plântulas de cada acesso apresentaram de cinco a sete folhas verdadeiras, foram transplantadas para o campo experimental da Embrapa Clima Temperado, no espaçamento de 0,6m entre plantas e 1,2m entre fileiras. Os canteiros foram cobertos com plástico tipo *mulching* preto (Figura 2). As plantas foram irrigadas, sempre que necessário, por sistema de gotejamento. O solo teve a correção do pH efetuada e foi adubado conforme a recomendação técnica para o pimentão, um tipo de pimenta doce da espécie *C. annuum* (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004).



Figura 2 - Acessos de pimentas (*Capsicum baccatum*) do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado em cultivo no campo experimental. Foto: Carla Sigales de Vasconcelos

Durante o período de cultivo, no campo experimental da Embrapa Clima Temperado, o acesso P49 foi severamente atacado por antracnose o que inviabilizou sua continuidade no experimento. Esta doença é considerada uma das mais importantes das pimentas do gênero *Capsicum* no Sul do Brasil, especialmente em cultivos conduzidos em campo aberto durante períodos quentes e úmidos (SILVA, 2008; KIM et al., 2014a). É ocasionada por fungos do gênero *Colletotrichum*, tais como *C. gloeosporioides*, *C. capsici*, *C. coccodes*, *C. acutatum* e *C. scovillei*, que podem promover a doença desde a pré-colheita e estão associados a infecções que levam a grandes perdas pós-colheita de frutas e hortaliças (AZEVEDO et al., 2006).

Na planta esta doença fúngica é evidenciada pela presença de pequenas lesões necróticas de contornos circulares a alongados (LOBO JÚNIOR et al., 2001). A antracnose afeta principalmente os frutos, causando lesões deprimidas, de formato circular, de coloração escura e com diâmetros variáveis (KUROZAWA et al., 1997). Os frutos do acesso P49 não foram utilizados no experimento pelo fato de todos apresentarem lesões necróticas.

3.2.2. Preparação dos extratos etanólicos dos frutos de pimenta

Os frutos dos acessos P8 e P179, maduros e sem danos ou manchas causados por patógenos, foram colhidos e congelados em freezer a -18°C. Para a preparação dos extratos, as sementes foram descartadas e porções longitudinais opostas dos frutos foram manualmente preparadas. Cada 100g de amostra foi homogeneizada em ultra-turrax com 300mL de álcool etílico 95% e posteriormente centrifugada por 20min. a 15.000rpm em centrífuga refrigerada a 4°C. Após, foi retirado o sobrenadante e o solvente foi evaporado utilizando rotaevaporador (Figura 3).

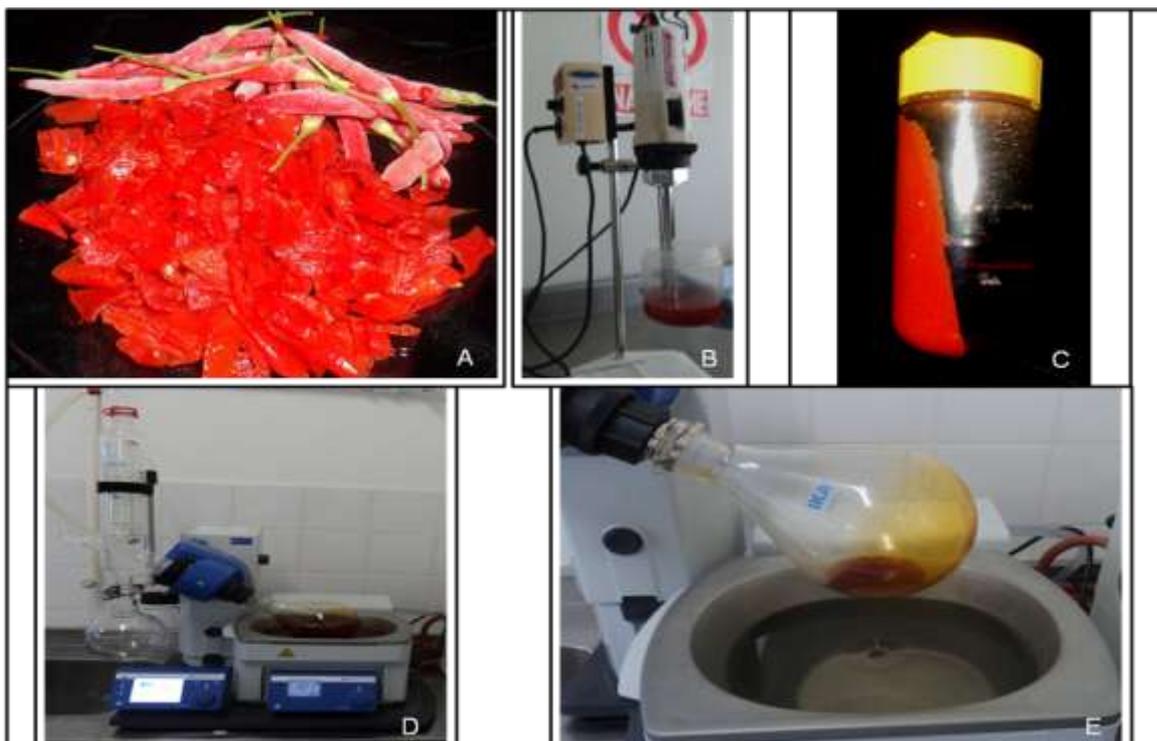


Figura 3 – Preparo dos extratos etanólicos dos frutos de pimenta (*Capsicum baccatum*). (A) Frutos de pimenta; (B) Homogeneização da pimenta em ultra-turrax; (C) Centrifugação do extrato da pimenta; (D) Evaporação do extrato no rotaevaporador; (E) Extrato da pimenta. Fotos: Carla Sigales de Vasconcelos.

3.2.2.1 Quantificação de carotenoides totais

Os carotenoides totais foram quantificados através do método adaptado de Talcott e Howard (1999), com algumas modificações. Na ausência de luz direta, 10mg do extrato etanólico foram homogeneizados em ultra-turrax com 2mL da solução de acetona/etanol (1:1) contendo 200mg.L⁻¹ de BHT (butilhidroxitolueno). Após foram centrifugados por 5min. a 10.000rpm, posteriormente foi retirado o sobrenadante e adicionado 1mL de hexano à amostra, permanecendo em repouso por 30min. A seguir, foram adicionados 500µL de água e as amostras ficaram em repouso por mais 30min. Após foram realizadas as leituras da absorbância em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 470nm, após o mesmo ter sido zerado com o solvente hexano como branco, usando cubeta de vidro. Os resultados foram expressos em β-caroteno.

3.2.2.2 Quantificação de compostos fenólicos totais

O método utilizado para determinação de compostos fenólicos totais foi adaptado de Swain e Hillis (1959). A análise foi realizada em triplicata, para cada

tubo de ensaio foram pipetados 20µL do extrato etanólico, sendo adicionados 4mL de água ultra pura e 250µL do reagente Folin-Ciocalteu (0,25N). Após, foram adicionados 500µL de carbonato de sódio (1N), e os tubos foram mantidos em repouso por 2h. As absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 725nm. O ácido clorogênico foi utilizado como padrão nesta metodologia.

3.2.2.3 Quantificação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante do extrato de pimenta foi quantificada de acordo com o método de Brand-Williams et al. (1995). 1mL do extrato etanólico foi diluído com 1mL de metanol e centrifugado por 10min. a 15.000rpm em centrífuga. Uma alíquota de 15µL do sobrenadante do extrato foi combinada com 3800µL da solução de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) diluído (de uma solução concentrada) em metanol até uma absorbância de $1,1 \pm 0,02$ VA a 515nm. As leituras foram feitas usando cubeta de quartzo em espectrofotômetro previamente zerado com metanol. As amostras reagiram por 24h e foram avaliadas em triplicatas. O antioxidante trolox foi utilizado como padrão.

3.2.3 Modelo animal experimental

Para o ensaio biológico foram utilizados sessenta ratos Wistar machos, com 21 dias, fornecidos pelo biotério da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), os quais foram tratados com uma dieta específica e extrato etanólico de pimenta durante 150 dias. Os animais foram mantidos em ambiente com temperatura e umidade controlados, livre acesso a água e comida, sob um ciclo claro-escuro de 12 horas (Figura 4).

Os animais foram divididos em seis grupos experimentais, os quais receberam os seguintes tratamentos:

- (1) Dieta normal (DN) + veículo (água), com ração padrão (50% de carboidrato, a partir de amido, 22% de proteína e 4% de gordura) e água por via oral;
- (2) DN + extrato de pimenta, com ração padrão e 100mg/kg/dia de extrato de pimenta por via oral;

(3) DN + extrato de pimenta, com ração padrão e 200mg/kg/dia de extrato de pimenta por via oral;

(4) Dieta hiperpalatável (DHP) + veículo (água), com uma dieta enriquecida em sacarose (65% de carboidratos, sendo 34% a partir de leite condensado, 8% de sacarose e 23% de amido, 25% de proteína e 10% de gordura) e água por via oral;

(5) DHP + extrato de pimenta, com uma dieta enriquecida com sacarose e 100mg/kg/dia de extrato de pimenta por via oral;

(6) DHP + extrato de pimenta, com dieta enriquecida com sacarose e 200mg/kg/dia de extrato de pimenta por via oral.

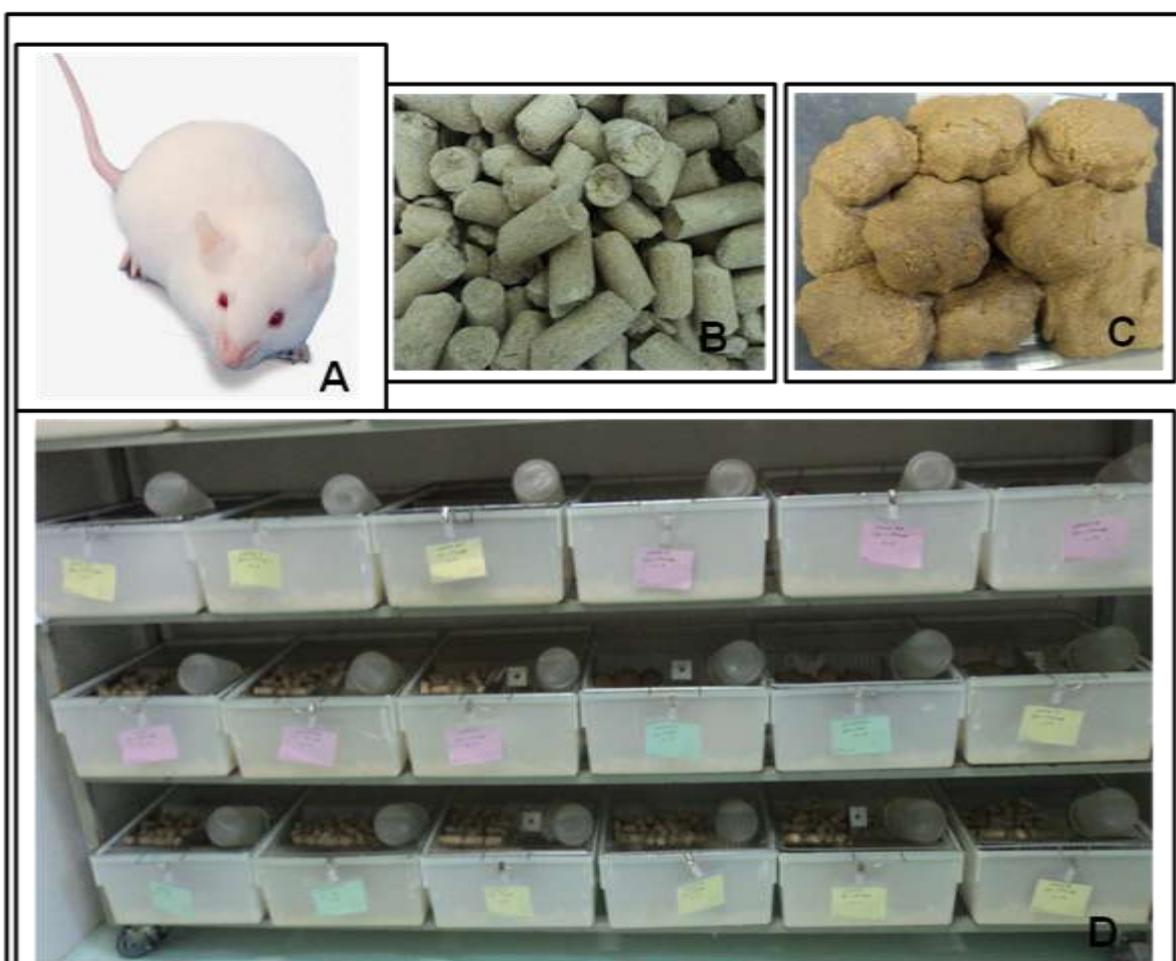


Figura 4 – Modelo animal experimental desenvolvido na Universidade Federal de Pelotas. (A) Ratos Wistar; (B) Ração padrão; (C) Ração hiperpalatável; (D) Ambiente em que os ratos foram tratados durante 150 dias, mantidos em ambiente com temperatura e umidade controlados. Fotos: Carla Sigales de Vasconcelos.

O protocolo de indução da síndrome metabólica pelo consumo de dieta hiperpalatável foi realizado de acordo com o método descrito por Souza et al. (2007),

com algumas modificações. Os experimentos foram realizados após a aprovação pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas (protocolo nº 3716) e foram feitos todos os esforços para minimizar o sofrimento animal.

O extrato dos acessos P8 e P179 foram inicialmente administrados via oral nos ratos Wistar. No entanto, após 13 dias de uso contínuo ocorreu um estresse severo nos animais que receberam o extrato do acesso P8, causando fortes reações, devido à este a elevada pungência do mesmo. Os médicos veterinários do Biotério e o Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas cancelaram a administração deste extrato etanólico aos animais. Desta forma, somente o acesso P179 foi mantido no experimento.

3.2.4 Peso corporal e ingesta de alimentos

As alterações no peso corporal e padrão de consumo alimentar dos ratos foram medidos ao longo do período experimental. O peso de cada rato foi registrado no dia 0 e a intervalos semanais durante 150 dias. A quantidade de alimento consumido por cada grupo foi registrado semanalmente, e o consumo de alimentos por cada rato foi calculado para todos os grupos.

3.2.5. Teste de tolerância à glicose

Para a avaliação da resistência à insulina, uma solução de glicose 50% (2mg/g de peso corporal dos ratos) foi administrada por via intraperitoneal. Os níveis glicêmicos foram estimados através de glicosímetro (*AccuChek Active*, Roche Diagnostics®, USA) 30, 60, e 120min. após a injeção.

3.2.6 Análise comportamental

3.2.6.1 Teste de nado forçado

O teste de nado forçado foi utilizado para avaliar o comportamento depressivo, que foi medido pela duração total de imobilidade do animal em uma situação onde não há possibilidade de escape, tal como descrito por Kaster et al. (2007). O aparato consistia de um cilindro plástico aberto com água a 25°C, no qual os animais foram colocados um por vez e o tempo de imobilidade foi cronometrado

durante 6 min. O animal foi considerado imóvel quando flutuava ou fazia apenas movimentos necessários para manter sua cabeça acima da água.

3.2.6.2 Teste de campo aberto

A locomoção dos animais foi avaliada através do teste de campo aberto, tal como descrito por Kaster et al. (2004). O aparelho consistia numa caixa de medição de 40x6x50cm, com o piso da arena dividido em 12 quadrados iguais (Figura 5), colocado numa sala isenta de som. Os animais foram colocados na parte traseira esquerda para explorar livremente a caixa, durante o tempo de 8min. O aparato foi limpo com uma solução de álcool e seco depois de cada sessão individual dos ratos. O resultado foi expresso em número de cruzamentos, se referindo ao número de quadrados cruzados com todas as patas dos ratos.



Figura 5 – Teste de campo aberto para análise comportamental dos ratos submetidos à dieta com e sem extrato de pimenta. Fotos: Carla Sigales de Vasconcelos

3.2.7 Preparo das amostras e ensaio bioquímico

Os animais permaneceram sob observação experimental durante 150 dias, 24h após este prazo, foram submetidos aos testes comportamentais. Posteriormente, os animais de todos os grupos foram sacrificados por decapitação. A gordura visceral foi pesada, o sangue coletado e o soro foram obtidos por centrifugação a 4000rpm (4°C) durante 15min. O córtex pré-frontal, hipocampo e o estriado foram dissecados e armazenados a -80°C para a realização das análises bioquímicas subsequentes.

3.2.7.1 Parâmetros bioquímicos

As dosagens séricas do colesterol total, triglicerídeos, glicose, ureia, ácido úrico e transaminase glutâmico-pirúvica (TGP) foram determinadas utilizando kits de diagnóstico disponíveis comercialmente fornecidos pela Labtest® (Labtest, MG, Brasil).

3.2.8 Análise dos parâmetros de estresse oxidativo

O córtex pré-frontal, hipocampo e estriado foram homogeneizados em tampão de fosfato de sódio com pH 7,4 contendo KCl (1:10, W/v). Os homogeneizados foram centrifugados a 3.500rpm durante 10min. a 4°C. Imediatamente, o sobrenadante foi separado e usado para determinações dos parâmetros de estresse oxidativo descritos abaixo.

3.2.8.1 Análise das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

As substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (os níveis de TBARS, marcador da peroxidação de lipídeos, foram determinados de acordo com o método descrito por Ohkawa et al. (1979). O sobrenadante de tecido foi misturado com 20% de ácido tricloroacético e ácido tiobarbitúrico 0,8% e aquecido em banho-maria durante 60min. Os TBARS foram determinados em 535nm, e expressos como nmol/TBARS mg de proteína.

3.2.8.2 Análise de conteúdo total de tióis (sulfidrilas)

O conteúdo total de tiol foi determinado pelo método de DTNB (ácido 5,5'-ditiobis-2-nitrobenzóico), como descrito por Aksenov e Markesbery (2001) com algumas modificações. As amostras foram misturadas com tampão PBS, pH 7,5, contendo EDTA 1mM. A reação foi iniciada pela adição de solução de DTNB. A quantidade de TNB formada foi determinada a 412nm. Os resultados foram expressos como nmol de TNB/mg de proteína.

3.2.8.3 Atividade da catalase (CAT)

A atividade da CAT foi determinada conforme o método descrito por Aebi (1984), o qual se baseia na decomposição de H₂O₂, acompanhada a 240nm. Os

resultados foram expressos em unidades de atividade de CAT, sendo uma unidade definida como a quantidade de enzima que decompõe 1 μmol de H_2O_2 /minutos/mg de proteína.

3.2.8.4 Atividade da superóxido dismutase (SOD)

A atividade da SOD foi medida pelo método descrito por Misra e Fridovich (1972). Este método baseia-se na inibição de superóxido num espectrofotômetro ajustado a 480nm. A atividade específica da enzima SOD foi expressa como unidades por mg de proteína.

3.2.8.5 Atividade da glutathiona peroxidase (GPx)

A atividade da GPx foi determinada utilizando kits disponíveis comercialmente (RANSEL®; Randox Lab, Antrim, United Kingdom). Os resultados foram expressos em unidades por mg de proteína.

3.2.8.6 Determinação proteica

O teor de proteína total foi determinado pelo método de Loery et al. (1951) utilizando albumina bovina como padrão.

3.2.9 Análise estatística

As análises foram realizadas utilizando o software *GraphPad Prism 5*®. Os valores foram expressos como média \pm erro médio padrão. O teste de tolerância à glicose foi estimado através da Análise de Variância de Medidas Repetidas e teste *post-hoc* de Bonferroni. As demais variáveis paramétricas foram analisadas pela ANOVA de duas vias seguida pelo *post-hoc* de Bonferroni. Foi considerado significativo um valor de $p \leq 0,05$.

3.3 Resultados e Discussão

Os dados obtidos a partir da ação dos compostos bioativos de pimenta (*Capsicum baccatum*) em modelo animal na prevenção da síndrome metabólica, evidenciaram diferenças significativas nos parâmetros bioquímicos e comportamentais relacionados à patogênese desta síndrome, em particular, o perfil

glicêmico, colesterol total, triglicerídeos e glicose no sangue, comportamento antidepressivo e estresse oxidativo.

A Tabela 1 evidencia a caracterização dos extratos etanólicos dos frutos de dois acessos de pimenta (*C. baccatum*) quanto ao teor de carotenoides totais, compostos fenólicos e atividade antioxidante (Tabela 1).

As quantidades de carotenoides em 1g do extrato foram de 0,27mg (P179) e 0,25mg (P8) do equivalente β -caroteno. Estes valores foram superiores aos obtidos nos extratos etanólicos de *C. annuum* com o teor de 0,23mg (LEZEMA et al., 2012), e aos encontrados em frutos maduros de *C. annuum*, o acesso P39 apresentou a quantidade de carotenoides de 0,14mg (PADILHA et al., 2015) e o fruto *in natura* do acesso P179 com teor de 0,15mg/100g de peso fresco do frutos (NEITZKE et al., 2015). Segundo Meléndez-Martínez (2004), entre os compostos presentes nos alimentos funcionais, os carotenoides apresentam uma das classes de compostos mais importantes devido ao seu potencial antioxidante e à sua função pró-vitamina A.

Com relação aos compostos fenólicos, o extrato do acesso P179, que é uma pimenta sem pungência, apresentou maior teor (0,90mg) em relação ao extrato do acesso P8, com alta pungência, que apresentou menor teor de compostos fenólicos (0,78mg) do equivalente ácido clorogênico em cada grama do extrato concentrado. Estes acessos de pimentas apresentaram valores inferiores aos dados realizado por Costa et al. (2010), em diferentes genótipos de extratos etanólicos de *Capsicum frutescens* (1,73mg), *C. annuum* (1,39mg) e *C. baccatum* apresentando 1,35mg.

A atividade antioxidante apresentou diferenças entre os extratos estudados. Os acessos P8 e P179 apresentaram alto potencial antioxidante, com 654,86 μ g e 718,94 μ g equivalente trolox/g do extrato concentrado, respectivamente, em cada grama de extrato concentrado. Este valor se apresentou superior aos extratos etanólicos de *Capsicum* em trabalho realizado por Costa et al. (2010), que obteve apenas 173 μ g de *C. frutescens*, *C. annuum* (139 μ g) e *C. baccatum* com 135 μ g da atividade antioxidante.

Tabela 1 – Carotenoides totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante dos extratos de acessos de pimenta (*Capsicum baccatum*) do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.

Acesso	Carotenoides totais¹	Compostos fenólicos totais²	Atividade antioxidante³
P179	0,27	0,90	718,94
P8	0,21	0,78	654,86

¹Carotenoides totais expresso em mg equivalente β -caroteno/g do extrato concentrado. ²Compostos fenólicos totais expresso em mg do equivalente ácido clorogênico/g do extrato concentrado. ³Atividade antioxidante total expressa em μ g equivalente trolox/g do extrato concentrado.

Foram avaliados os possíveis efeitos do extrato de pimenta (acesso P179) frente a alterações bioquímicas e comportamentais observadas em animais submetidos ao modelo experimental da síndrome metabólica.

A fim de caracterizar o modelo animal, foi avaliada a resistência à insulina utilizando o teste de tolerância à glicose. Como pode ser visto na Tabela 2, os animais com a dieta hiperpalatável foram capazes de induzir a resistência à insulina e os tratamentos com 100mg/kg e 200mg/kg do extrato etanólico de pimenta preveniram significativamente esta reação. Estes dados corroboram Yang et al. (2015), que relataram que ratos Wistar alimentados com a dieta hiperpalatável foram induzidos a resistência à insulina e o tratamento com extrato etanólico de três variedades de *C. annum* preveniu esta alteração.

Segundo Cominato et al. (2015) a resistência à insulina é um importante resultado observado em pacientes portadores de diabetes mellitus e/ou síndrome metabólica. Além disso, o excesso de gordura corporal tem sido relacionado com a resistência à insulina e com a disfunção do metabolismo dos carboidratos, podendo-se, assim, prever o desenvolvimento destas patologias (MATSON et al., 2012).

A intervenção intensiva no estilo de vida por dieta e exercício físico pode promover a perda de peso e diminuir a resistência à insulina, reduzindo o risco de desenvolver estes distúrbios metabólicos (COMINATO et al., 2015). Houve um crescimento nas pesquisas com produtos naturais que apresentam alto teor de compostos bioativos a fim de descobrir novas abordagens farmacológicas para o tratamento das alterações presentes na síndrome metabólica (MATSON et al., 2012).

Com relação aos demais parâmetros metabólicos foi possível observar um aumento significativo no ganho de peso, gordura visceral, colesterol, triglicerídeos e glicose nos animais tratados com dieta hiperpalatável em relação ao grupo controle, comprovando assim a indução da síndrome metabólica nestes animais (Tabela 3).

No ganho do peso de todos os grupos não houve diferenças significativas. No entanto, o tratamento com o extrato de pimenta (100mg/kg) reduziu em 5% o peso dos animais alimentados com dieta hiperpalatável. Estes dados concordam com os resultados obtidos no extrato etanólico de uma variedade local de *Capsicum annuum* que reduziu 3% do peso dos ratos com o tratamento contínuo deste extrato (KIM et al., 2014b). Fenômeno semelhante também foi relatado para o efeito da administração oral de *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae), conhecida popularmente como alecrim-do-campo (HOCAYEN, 2012).

Houve diferença significativa para a quantidade de gordura visceral nos animais que foram submetidos à dieta hiperpalatável com 100mg/kg de extrato de pimenta, ocorrendo a redução de 23% de gordura visceral. Estes valores concordam com os resultados relatados para o extrato etanólico de uma variedade de *Capsicum annuum* (KIM et al., 2014b).

Além disso, o tratamento com 200mg/kg de extrato de pimenta impediu o aumento dos níveis de colesterol, triglicerídeos e da glicose no soro do sangue dos animais que foram submetidos à dieta hiperpalatável. Neto (2011) obteve resultados semelhantes ao utilizar tratamento contínuo de 300mg/kg do extrato das folhas de *Calotropis procera*. Essa espécie é um arbusto silvestre pertencente à família Apocynaceae e é conhecida popularmente no Nordeste brasileiro como algodão-de-seda (GOMES et al., 2006). Seu látex apresenta diversas atividades farmacológicas como anti-inflamatória, analgésica, antidiarreica e anti hiperglicemiante (SINGHAL; KUMAR, 2009). A administração de extrato de pimenta resultou em redução de 51% do valor dos triglicerídeos, enquanto que os animais submetidos ao tratamento com *Calotropis procera* aumentaram os níveis de triglicerídeos em torno de 54%.

Tabela 2 – Determinação de glicose no sangue em ratos Wistar, submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta (*Capsicum baccatum*).

Tempo	DN+água	DN+100mg/kg extrato de pimenta	DN+200mg/kg extrato de pimenta	DHP+água	DHP+100mg/kg extrato de pimenta	DHP+200mg/kg extrato de pimenta
0'	77,60±7,01	104,50±6,43	98,60±2,42	108,00±10,20 ^{***}	75,00±4,59 ^{##}	81,00±2,07 [#]
30'	127,40±8,54	151,12±7,15	230,80±31,41	280,80±46,54 ^{**}	220,74±11,15	79,80±28,56
60'	121,20±7,26	176,00±18,54	167,00±13,24	292,40±77,45 [*]	245,00±24,59	194,39±14,0
120'	117,60±3,82	128,00±15,79	154,60±10,48	224,40±36,08 ^{**}	158,40±8,50	158,40±13,38

Os dados são expressos como média ± erro (n= 9 a 10). (***) indica a diferença significativa em que p<0,0001 em comparação com o grupo controle (dieta normal+água); (**) indica a diferença significativa em que p<0,001 em comparação com o grupo controle (dieta normal+água); (*) indica a diferença significativa em que p<0,05 quando comparado com o grupo controle (dieta normal+água); (##) indica a diferença significativa em que p<0,001 em comparação com o grupo dieta hiperpalatável+água; (#) indica a diferença significativa em que p<0,05 em comparação com o grupo dieta hiperpalatável+água. DN: Dieta normal; DHP: Dieta hiperpalatável.

No entanto, para os níveis de uréia, ácido úrico e TGP não houve diferenças significativas em nenhum dos tratamentos. Estes resultados concordam com os dados obtidos para o extrato de *Baccharis dracunculifolia* (HOCAYEN, 2012).

Estudos têm demonstrado que existe uma associação entre depressão e síndrome metabólica (RHEE et al., 2014; PAN et al., 2012). O teste de nado forçado é usado para avaliar respostas comportamentais a substâncias com atividade antidepressiva (OLIVEIRA, 2015) e também para investigar o comportamento depressivo induzido por medicações ou extratos (ZAMORANO et al., 2014). Considerando essas informações, o efeito do tratamento com extrato de pimenta (100mg/kg/dia e 200mg/kg/dia) em animais expostos à dieta hiperpalatável na tarefa comportamental do nado forçado foi realizado a fim de avaliar uma possível ação antidepressiva destes extratos (Figura 6).

Na Figura 6A, pode-se observar que ratos submetidos à dieta hiperpalatável apresentaram um aumento significativo no tempo de imobilidade no teste do nado forçado, em comparação com os animais do grupo controle, indicando o estado depressivo destes animais. O tratamento crônico com extrato de pimenta (100mg/kg e 200mg/kg) impediu o aumento no tempo de imobilidade dos mesmos, ou seja, atuando com efeito antidepressivo. A fim de excluir efeitos motores inespecíficos que poderiam influenciar a atividade nesta tarefa, os ratos também foram submetidos ao teste de campo aberto (Figura 6B). Nenhuma alteração significativa no comportamento ambulatorio foi observada no teste de campo. Yang et al. (2015) obtiveram resultados semelhantes no teste de campo aberto, em ratos Wistar, com o uso dos extratos de três variedades da espécie *C. annuum*.

O estresse oxidativo está envolvido na patogênese de uma série de doenças neurológicas como a depressão (KUMAR et al., 2012; MAGALHÃES et al., 2012; RYBKA et al., 2013; ZHANG; YOA, 2013). A associação entre o dano oxidativo, depressão e síndrome metabólica representa uma importante causa de mortalidade em indivíduos portadores de doenças neuropsiquiátricas (KAHL et al., 2005; ZEUGMANN et al., 2010; PAN et al., 2012; PYYKKONEM et al., 2012). Desta forma,

Tabela 3 - Parâmetros metabólicos em ratos Wistar submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta *Capsicum baccatum* (100mg/kg e 200mg/kg).

	DN+água	DN+100mg/kg extrato de pimenta	DN+200mg/kg extrato de pimenta	DHP+água	DHP+100mg/kg extrato de pimenta	DHP+200mg/kg extrato de pimenta
Ganho de peso (g)	372,37±44,25	411,78±46,07	413,50±36,08	459,11±37,84 ^{***}	439,00±30,50	469,87±22,74
Gordura visceral (g)	18,31±2,35	11,39±4,50	10,86±2,04	35,69±4,48 ^{***}	27,42±7,17 [#]	26,96±4,53
Colesterol (mg/dL)	109,09±4,70	106,39±7,00	120,29±9,82	156,85±5,7 ^{***}	135,92±8,70	102,44±4,87 ^{###}
Triglicerídeos (mg/dL)	65,89±10,20	73,65±4,09	75,02±3,14	118,01±3,8 ^{***}	86,16±4,46 ^{##}	60,52±1,25 ^{###}
Glicose (mg/dL)	77,40±3,78	88,12±3,84	73,90±6,23	122,69±3,29 ^{***}	107,37±6,55	71,50±4,49 ^{###}
Uréia (mg/dL)	66,18±3,72	69,59±1,48	76,47±0,39	57,51±2,42	54,77±4,16	51,75±3,11
Ácido úrico (mg/dL)	0,96±0,09	0,83±0,13	1,05±0,03	0,74±0,11	0,83±0,03	0,62±0,04
TGP (mg/dL)	68,95±1,45	65,70±0,99	73,16±2,24	66,49±0,67	71,52±0,96	72,22±2,41

Os dados são expressos como média ± erro. (n= 9 a 10). (***) indica a diferença significativa em que p<0,0001 em comparação com o grupo controle (dieta normal+água); (###) indica a diferença significativa em que p<0,0001 como em comparação com o grupo dieta hiperpalatável+água; (##) indica a diferença significativa em que p<0,001 como em comparação com o grupo dieta hiperpalatável+água; (#) indica a diferença significativa em que p<0,05 como em comparação com o grupo dieta hiperpalatável+água. TGP: Transaminase Glutâmico-Pirúvica; DN: Dieta normal; DHP: Dieta hiperpalatável.

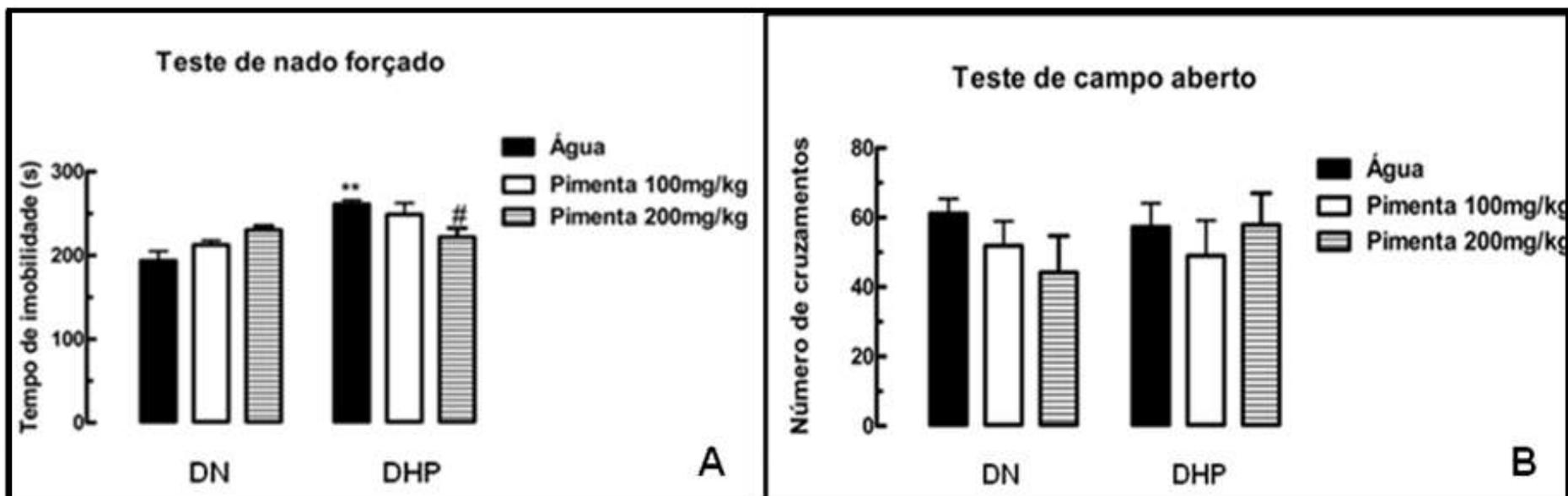


Figura 6 – Testes comportamentais em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta *Capsicum baccatum* (100mg/kg e 200mg/kg). (A) Teste de nado forçado; (B) Teste de campo aberto. Os resultados são expressos como média \pm erro. (n = 9 a 10). (**) indica a diferença significativa em que $p < 0,001$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água); (#) indica a diferença significativa em que $p < 0,05$ quando comparado com o grupo da dieta hiperpalatável+água. DN: Dieta normal; DHP: Dieta hiperpalatável.

com intuito de melhor compreender os mecanismos pelos quais a pimenta previne o comportamento depressivo dos animais expostos à dieta hiperpalatável, neste estudo foram avaliados diferentes parâmetros de estresse oxidativo em córtex pré-frontal, hipocampo e estriado de ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta (100mg/kg e 200mg/kg).

A análise de formação de substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico (TBARS) é o principal método para quantificar a peroxidação lipídica, que nada mais é do que a oxidação do radical livre nos sistemas biológicos, utilizada para mensurar o estresse oxidativo de tecidos (GUTTERIDGE, 1995; SCOCCIA et al., 2001). A alta concentração dos níveis de TBARS provoca o ataque oxidativo, uma vez que distúrbios originados pelos radicais livres podem causar microlesões das membranas biológicas (ANTUNES NETO et al., 2006). Quanto maior o teor de TBARS encontrado nos tecidos, maior será a presença dos radicais livres (MARTINS, 2007).

Na Figura 7 se encontram os resultados sobre os efeitos da dieta hiperpalatável em relação ao extrato de pimenta (100mg/kg e 200mg/kg) sobre parâmetros de estresse oxidativo no tecido córtex pré-frontal dos ratos.

Os resultados obtidos pelo método dos TBARS demonstram a existência de estresse oxidativo bem definido entre os vários tratamentos, sendo relevante o potencial de redução antioxidante observado nos extratos assim como o potencial dos mesmos em reduzir o estresse provocado (LOUREIRO, 2013). A Figura 7A mostra que ocorreu um aumento de 49% dos níveis TBARS no grupo que recebeu dieta hiperpalatável em relação ao grupo controle (dieta normal e água).

O teor de sulfidrilas apresentou diferença significativa nos animais que receberam a dieta hiperpalatável com tratamento crônico de 100mg/kg do extrato de pimenta. O nível de sulfidrilas no córtex pré-frontal foi de 45,55nmol de DNTB/mg proteína (Figura 7B), com um aumento significativo de 66% em relação ao controle.

O sistema antioxidante enzimático é formado por diversas enzimas, entre elas a catalase (CAT), a superóxido dismutase (SOD) e a glutathione peroxidase (GPx) (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2000). Estas enzimas têm um papel fundamental na

defesa do tecido contra o ataque dos radicais livres, pois atua como catalisador do radical superóxido em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio (O_2) (WINTERBOURN; KETTLE, 2003). Quando maior o teor das enzimas, maior será a sua proteção nos tecidos (ROJKIND et al., 2002).

As atividades enzimáticas da catalase (Figura 7C) e da SOD (Figura 7D) evidenciaram diferenças significativas. Com o tratamento crônico do extrato de pimenta (200mg/kg) ocorreu um aumento do nível das atividades enzimáticas (catalase e SOD) em relação ao grupo da dieta hiperpalatável e água. Indicando que o extrato tem ação indutora de enzimas. As enzimas antioxidantes (catalase, superóxido dismutase e glutathione peroxidase) são muito importante para os sistemas do organismo (PENG et al., 2014), ajudando a controlar os níveis de espécies reativas que protegem as células contra danos oxidativos ao DNA, lipídios e proteínas (OLIVEIRA, 2015).

Os valores obtidos para catalase (1,49 unidades/mg proteína) foram superiores aos resultados encontrados por Lucena (2010) em 200mg/kg do extrato de *Cipura paludosa*, com 1,40 unidades/mg proteína. Esta espécie herbácea pertencente à família Iridaceae é conhecida popularmente como alho-do-mato, apresentando potencialidades analgésicas e anti-inflamatórias (BRAGA, 1960; CORRÊA, 1994).

No tratamento contínuo da dieta hiperpalatável com 200mg/kg do extrato de pimenta, o nível de superóxido dismutase (SOD) encontrado neste trabalho foi de 29,17 unidades/mg proteína. Este valor é superior aos dados encontrados em trabalho realizado por Oliveira (2015), que apresentou o teor da SOD de 11,00 unidades/mg proteína, utilizando no tratamento com os animais 200mg/kg do extrato de *Vaccinium virgatum* (Ericaceae), conhecido popularmente como mirtilo.

Na Figura 7E o nível da atividade da enzima antioxidante glutathione peroxidase (GPx) diminuiu em torno de 23% na dieta normal com tratamento do extrato de pimenta 100mg/kg (43,53 unidades/mg proteína), em relação aos animais tratados com água (53,56 unidades/mg proteína).

Na Figura 8 podem ser visualizados os dados obtidos para os efeitos da dieta hiperpalatável em relação ao extrato de pimenta (100mg/kg e 200mg/kg) sobre parâmetros de estresse oxidativo no hipocampo dos ratos.

Os níveis de TBARS (Figura 8A), o teor de sulfidrilas (Figura 8B), as atividades enzimáticas da catalase (Figura 8C) e da SOD (Figura 8D), obtiveram diferenças significativas quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água).

Com o tratamento crônico no grupo dos animais que receberam dieta hiperpalatável com extrato de pimenta (100mg/kg e 200mg/kg) ocorreu um aumento do teor da TBARS, da sulfidrilas e das atividades enzimáticas (catalase e SOD) em relação ao grupo controle dos ratos Wistar que foram tratados com dieta hiperpalatável e água.

O nível de sulfidrilas no hipocampo em todos os tratamentos apresentou diferenças significativas, mas o tratamento crônico com a dieta normal e 100mg/kg do extrato de pimenta foi o que obteve o maior teor, 49,98nmol de DNTB/mg proteína. Este tratamento apresentou um aumento de 61% em relação ao seu grupo controle. Este valor foi superior em relação aos resultados encontrados no tratamento com os animais utilizando o extrato de *Baccharis trimera*, com apenas 13% de aumento em relação a controle (PAIVA, 2011). Está espécie, popularmente conhecida como carqueja, pertence à família Asteraceae, sendo uma planta muito utilizada na medicina popular, (CASTRO; FERREIRA, 2000). As partes aéreas são utilizadas como hipoglicemiante, antiviral, gastroprotetor e hepatoprotetor (BARBOSA-FILHO et al., 2005; GONZÁLES et al., 2000; SOICKE; LENG-PESCHLOW, 1987).

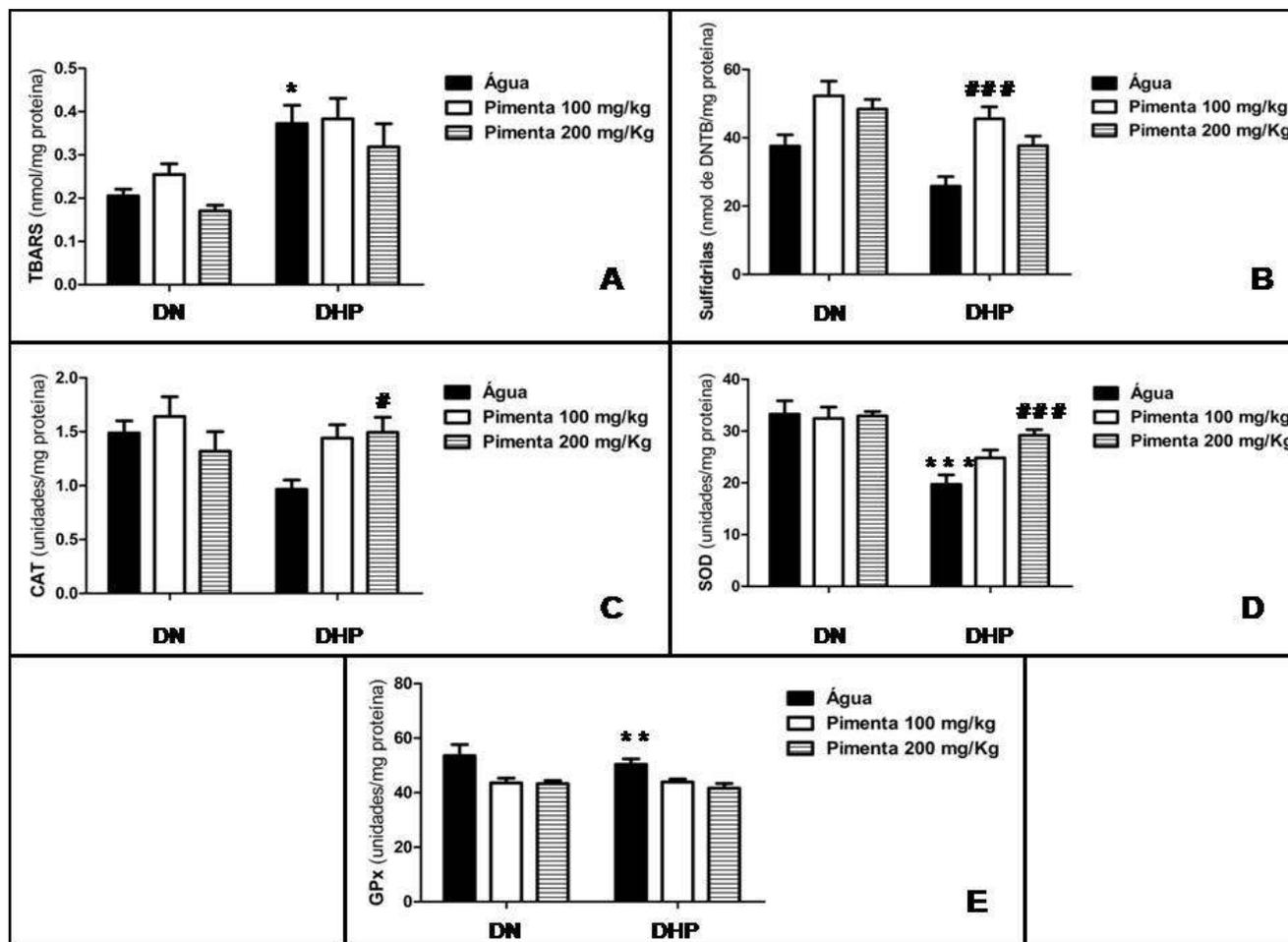


Figura 7 – Atividade do tecido córtex pré-frontal em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta *Capsicum baccatum* (100mg/kg e 200mg/kg). (A) ácido tiobarbitúrico (TBARS); (B) conteúdo total de tióis (sulfidrilas); (C) catalase; (D) superóxido dismutase (SOD); (E) glutatona peroxidase (GPx). Os dados são expressos como média ± erro (n = 9 a 10). (***) indica a diferença significativa em que $p < 0,0001$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (**) indica a diferença significativa em que $p < 0,001$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (*) indica a diferença significativa em que $p < 0,01$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (#) indica a diferença significativa em que $p < 0,05$ quando comparado com o grupo da dieta hiperpalatável+água. DN: Dieta normal; DHP: Dieta hiperpalatável.

Os valores de catalase (1,87 unidades/mg proteína) obtidos com o tratamento crônico do extrato de 200mg/kg e a dieta hiperpalatável evidenciaram um aumento significativo de 69% em relação ao grupo controle. Este resultado foi inferior aos valores obtidos encontrados Lucena (2010) em 200mg/kg do extrato de *Cipura paludosa*, com um aumento de 73% em relação ao grupo controle.

O nível de superóxido dismutase (SOD) no hipocampo com a dieta hiperpalatável teve diferenças significativas, o maior teor da SOD foi encontrado com o tratamento 200mg/kg do extrato de pimenta (34,98 unidades/mg proteína) que apresentou um aumento do teor de 54% em relação ao grupo controle. Este valor é superior aos dados encontrados por Oliveira (2015), que em 200mg/kg do extrato de *Vaccinium virgatum* apresentou somente um aumento de 18% em relação ao tratamento do grupo controle. Na atividade antioxidante GPx (Figura 8E), não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

O efeito da dieta hiperpalatável e do extrato de pimenta (100mg/kg e 200mg/kg) sobre a atividade do tecido estriado localizado no cérebro dos ratos Wistar está apresentado na Figura 9.

Na Figura 9A o tratamento com 100mg/kg do extrato de pimenta e dieta normal apresentou diferença significativa em relação aos animais do grupo controle (dieta normal e água). O teor de TBARS no tecido estriado do cérebro com o extrato 100mg/kg (0,228nmol/mg proteína) obteve um aumento de 18% em relação ao grupo dos ratos que somente receberam dieta normal e água, produzindo um efeito peroxidativo no tecido.

As atividades enzimáticas da catalase (Figura 9C) e da SOD (Figura 9D) mostraram diferenças significativas. Com o tratamento crônico do extrato de pimenta (100mg/Kg e 200mg/kg) ocorreu um aumento de 55% do teor das atividades enzimáticas (catalase e SOD) em relação ao grupo da dieta hiperpalatável e água. O maior teor para catalase foi com o tratamento de 200mg/kg (2,51 unidades/mg proteína), que foi superior aos resultados encontrados por Lucena (2010) em 200mg/kg do extrato de *Cipura paludosa*, com um aumento de 38% em relação ao grupo controle.

O nível de superóxido dismutase (SOD) com o tratamento da dieta hiperpalatável e 200mg/kg do extrato de pimenta neste trabalho foi de 33,14 unidades/mg proteína, com um aumento de 27,5% em relação ao tratamento da dieta hiperpalatável+água. Este valor é superior aos dados encontrados em 200mg/kg do extrato de *Baccharis trimera*, que foi de 27,75 unidades/mg proteína, apresentando um aumento de 24% em relação ao grupo controle (PAIVA, 2011). Os extratos etanólicos de pimentas (*C. baccatum*) não alteraram os teores de sulfidrilas (Figura 9B) e GPx (Figura 9E).

Observando o conjunto dos resultados dos parâmetros bioquímicos analisados nos três tecidos do modelo animal (hipocampo, córtex pré-frontal e tecido estriado) onde se visualiza que o extrato de pimenta, principalmente na maior concentração, teve a capacidade de ação antidepressiva, antiperoxidativo no tecido do hipocampo e indutor de enzimas antioxidantes em todos os tecidos avaliados, podendo assim, ser considerado um agente terapêutico auxiliar para portadores da síndrome metabólica. Dentro deste contexto, mais estudos são necessários para melhor elucidar os efeitos benéficos de extrato de pimenta nesta desordem metabólica.

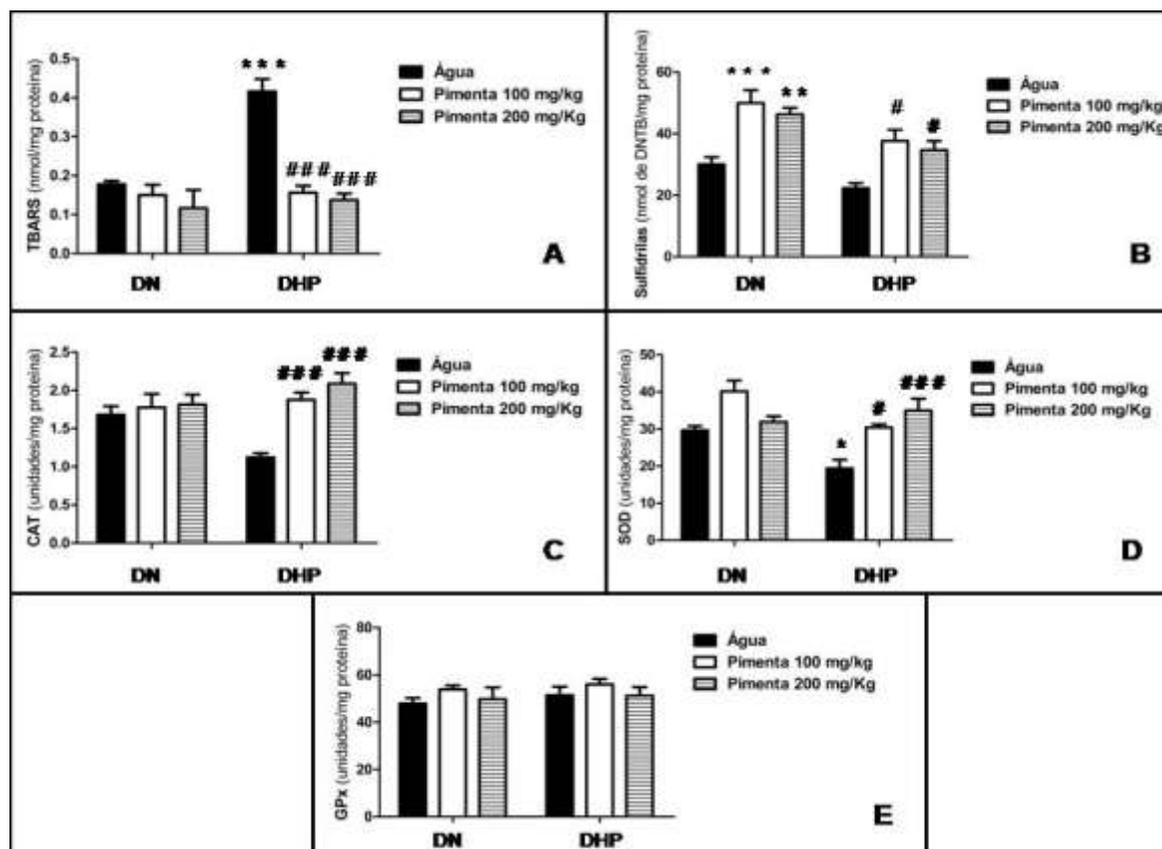


Figura 8 - Atividade do tecido hipocampo em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta *Capsicum baccatum* (100mg/kg e 200mg/kg). (A) ácido tiobarbitúrico (TBARS); (B) conteúdo total de tióis (sulfidrilas); (C) catalase; (D) superóxido dismutase (SOD); (E) glutatona peroxidase (GPx). Os dados são expressos como média \pm erro (n = 9 a 10). (***) indica a diferença significativa em que $p < 0,0001$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (**) indica a diferença significativa em que $p < 0,001$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (*) indica a diferença significativa em que $p < 0,01$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (###) indica a diferença significativa em que $p < 0,0001$ quando comparado com o grupo da dieta hiperpalatável+água. (#) indica a diferença significativa em que $p < 0,05$ quando comparado com o grupo da dieta hiperpalatável. DN: Dieta normal; DHP: Dieta Hiperpalatável.

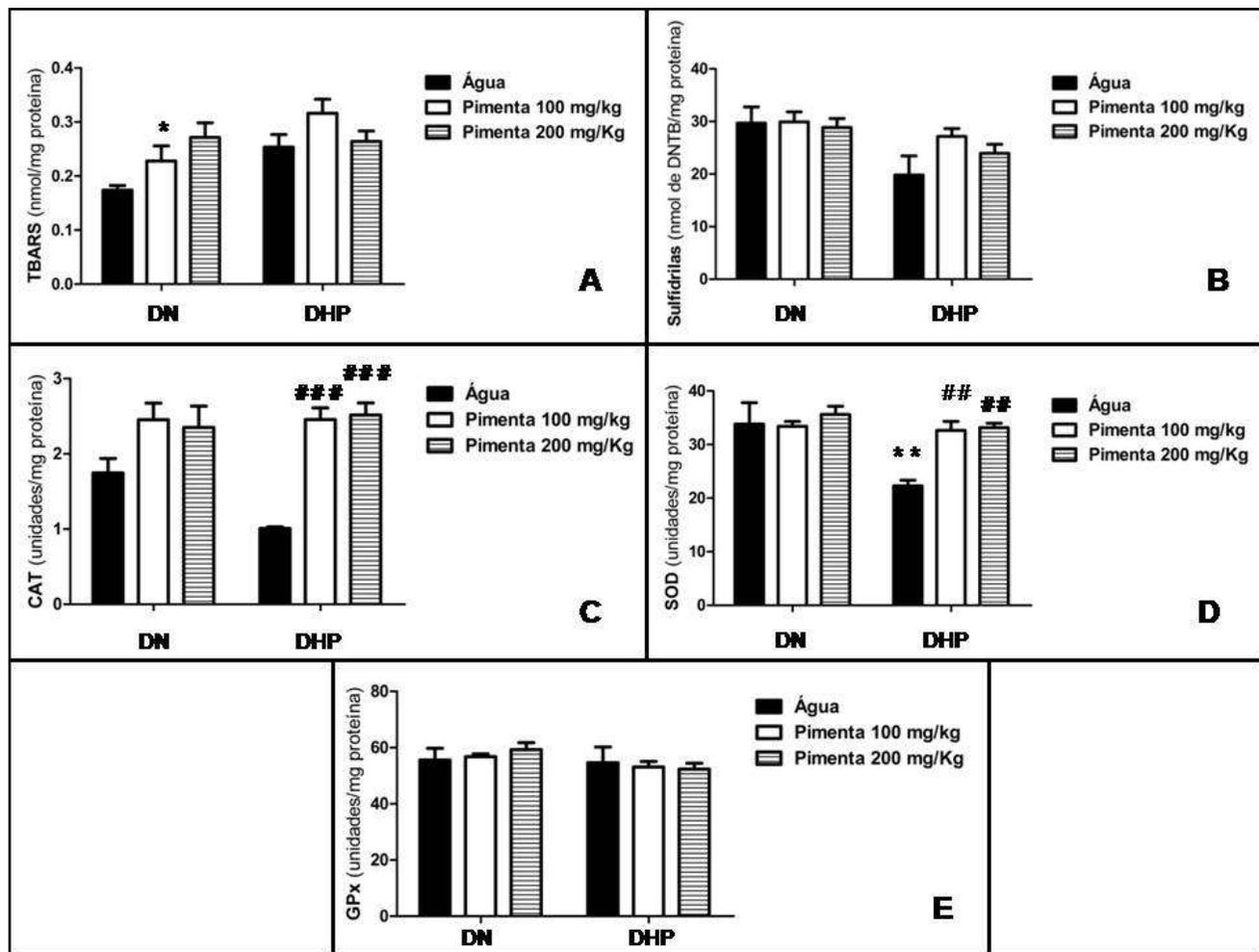


Figura 9 - Atividade do tecido estriado realizado em ratos submetidos ao modelo animal da síndrome metabólica tratados com extrato etanólico de pimenta *Capsicum baccatum* (100mg/kg e 200mg/kg). (A) ácido tiobarbitúrico (TBARS); (B) conteúdo total de tióis (sulfidrilas); (C) catalase; (D) superóxido dismutase (SOD); (E) glutatona peroxidase (GPx). Os dados são expressos como média \pm erro ($n = 9$ a 10). (***) indica a diferença significativa em que $p < 0,001$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (*) indica a diferença significativa em que $p < 0,01$ quando comparado ao grupo controle (dieta normal+água). (###) indica a diferença significativa em que $p < 0,0001$ quando comparado com o grupo da dieta hiperpalatável+água. (##) indica a diferença significativa em que $p < 0,001$ quando comparado com o grupo da dieta hiperpalatável. DN: Dieta normal; DHP: Dieta hiperpalatável.

3.4 Conclusões

Os compostos bioativos de pimenta (*Capsicum baccatum*) agem na prevenção da síndrome metabólica, produzindo efeito do tipo antidepressivo, antiperoxidativo a nível do hipocampo e indutor de enzimas antioxidantes (atividade da catalase e da superóxido dismutase) em todos os tecidos avaliados. Além disso, atuam na melhoria dos perfis de colesterol total, triglicerídeos e glicose.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coleta, conservação e caracterização de germoplasma constituem ações de suma importância na rotina de um banco ativo de germoplasma e assim, para o estudo dos recursos genéticos de determinada espécie. Para programas de melhoramento, os dados obtidos a partir destes estudos são baseados em incrementos na qualidade, rendimento, adaptabilidade e estabilidade de novas variedades e cultivares. Ressaltando a grande importância do presente trabalho que proporcionou maior conhecimento do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.

O primeiro capítulo apresentou a diversidade para qualidade de frutos após a colheita em 12 acessos de variedades locais de pimentas (*Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. frutescens*). Durante cinco semanas foi avaliada a matéria fresca e foram feitas avaliações sensoriais quanto à cor, turgidez, defeitos, aspecto do pedúnculo, brilho e aparência geral dos frutos maduros. Os caracteres avaliados são relevantes para identificar os acessos com relevância para o melhoramento genético como fontes de genes visando o desenvolvimento de cultivares com maior qualidade de fruto para consumo *in natura*.

Os resultados do segundo capítulo enfatizam a ação dos compostos bioativos de pimenta na prevenção da síndrome metabólica. Foram evidenciadas diferenças significativas nos parâmetros bioquímicos e comportamentais relacionados à patogênese da síndrome metabólica, em particular, o perfil glicêmico, colesterol total, triglicerídeos e glicose no sangue, comportamento antidepressivo e estresse oxidativo em animais que consumiram regularmente extrato de pimenta (*C. baccatum* – acesso P179).

O acesso P179 apresentou resultados excelentes nas avaliações relatadas nos dois capítulos dessa tese, sendo altamente promissor para inserção em programas de melhoramento genético de pimentas, principalmente para consumo *in natura*. Esse acesso foi cadastrado no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do ministério de Agricultura, Pecuária e Abastacimento, com a denominação de BRS Coral. O lançamento da cultivar BRS Coral ainda não foi realizado e deverá ocorrer em 2017.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Introdução geral:

ALVAREZ-PARRILLA, E.; DE LA ROSA, L. A.; AMAROWICZ, R.; SHAHIDI, F. Protective effect of fresh and processed *Jalapeño* and *Serrano* peppers against food lipid and human LDL cholesterol oxidation. **Food Chemistry**, v. 133, p. 827-834, 2012.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. **Sistema de produção de pimentas (*Capsicum* spp.)**. Botânica. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm>>. Acesso em: 02 set. 2015.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; BUSTAMANTE, P. G.; SILVA, D. B. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 49 p.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. Botânica e recursos genéticos. In: RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. I. B. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 53p.

COELHO, C. C.; FREITAS, O. S.; CAMPOS, R. S.; BEZERRA, V.; CABRAL, L. M. C. C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 369–375, 2015.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M. S.; TAVARES, A. E. B.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Avaliação da qualidade de híbridos e linhagens de pimentão. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 16, p. 121-128, 2015.

DELI, J.; MOLNAR, P.; MATUS, Z.; TOTH, G.. Carotenoid composition in the fruits of red paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiforme rubrum*) during ripening; biosynthesis of carotenoids in red paprika. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1517-1523, 2001.

DOMENICO, C. I.; COUTINHO, J. P.; GODOY, H. T.; MELO, A. M. T. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 466-472, 2012.

FERRÃO, L. F. V.; CECON, P. R.; FINGER, F. L.; SILVA, F. F.; PUIATTI, M.. Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-agrômicos. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 354-358, 2011.

FREITAS, P. G. N. **Vibração de plantas de pimenta (*Capsicum* spp.) para produção de frutos e sementes em ambiente protegido**. 2014. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2014.

GARRUTI, G.; GIAMPETRUZZI, F.; VITA, M. G. Links between metabolic syndrome and cardiovascular autonomic dysfunction. **Experimental Diabetes Research**, v.13, p. 1-9, 2012.

HAMEED, R.; MALIK, A. U.; KHAN, A. S.; IMRAN, M.; UMAR, M.; RIAZ, R. Evaluating the effect of different storage conditions on quality of green chillies (*Capsicum annuum* L.). **Tropical Agricultural Research**, v. 24, p. 391-399, 2013.

HERVERT-HERNANDEZ, D.; SAYAGO-AYERDI, S. G.; GONI, I. Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.): antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 13, p. 3399-3406, 2010.

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. 23, p. 1713-1720, 2000.

KANG, J. H.; KIM, C. S.; HAN, I. S. Capsaicin, a spicy component of hot peppers, modulates adipokine gene expression and protein release from obese-mouse adipose tissues and isolated adipocytes, and suppresses the inflammatory responses of adipose tissue macrophages. **Federation of European Biochemical Societies**, v. 581, p. 4389–4396, 2007.

KANG, J. H.; TSUYOSHI, G.; HAN, I. S. Dietary capsaicin reduces obesity-induced insulin resistance and hepatic steatosis in obese mice fed a high-fat diet. **Obesity**, v. 18, p. 780–787, 2010.

KEYHANINEJAD, N.; CURRY, J.; ROMERO, J.; O'CONNELL, M. A. Fruit specific variability in capsaicinoid accumulation and transcription of structural and regulatory genes in *Capsicum* fruit. **Plant Science**, v. 215, p. 59–68, 2014.

KIRSCHBAUM-TITZE, P.; HIEPLER, C.; MUELLER-SEITZ, E.; PETZ, M. Pungency in paprika (*Capsicum annuum*) Decrease of capsaicinoid content following cellular disruption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 6, p. 1260-1263, 2002.

LEHNEN, A. M.; RODRIGUES, B.; IRIGOYEN, M. C. Cardiovascular changes in animal models of metabolic syndrome. **Journal of Diabetes**, v. 8, p. 1–11, 2013.

LEME, S. C. **Qualidade pós-colheita de pimentões produzidos em sistema orgânico**. 2012. 117f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

LEÓN, J. J.; ELÍAS, J. L.; LÓPEZ, M. A. H.; LÓPEZ, A. M. G.; ORTIZ, R. S.; GARCÍA, L. F. E. Postharvest quality and shelf life of green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under open-field and greenhouse conditions. **Idesia**, v. 31, p. 35-41, 2013.

MARIN, A.; FERRERES, F.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; GIL, M. I. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 6, p. 3861-3869, 2004.

MORESCO, K. S. **Potencial antioxidante, efeito do processo de secagem e extração de compostos bioativos de pimentas *Capsicum***. 2013. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

NEITZKE R. S. **Recursos genéticos de pimentas do gênero *Capsicum* – explorando a multiplicidade de usos**. 2012. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

NEITZKE, R. S.; BARBIERI, R. L.; FISCHER, S. Z.; VASCONCELOS, C. S.; VILELLA, J. C. B.; CASTRO, C. M.; UENO, B. **Produção de pimentas em Turuçu – Aspectos culturais e as transformações do sistema produtivo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2012. 32p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 361).

NEITZKE, R. S.; BARBIERI, R. L.; VASCONCELOS, C. S.; FISCHER, S. Z.; VILELLA, J. C. B.; CASTRO, C. M. **Caracterização morfológica e estimativa da distância genética de acessos de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2014. 39p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 178).

NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; VIZZOTTO, M.; FETTER, M. R.; CORBELINI, D. D. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*). **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 415-421, 2015.

NEITZKE, R. S.; FISCHER, S. Z.; VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; TREPTOW, R. O. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 91-98, 2016.

NUNES, S. P. **Irradiação gama e UV-C na qualidade pós-colheita em mirtilo**. 2015. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

OCHI, T.; TAKAISHI, Y.; KOGURE, K.; YAMAUTI, I. Antioxidant activity of a new capsaicin derivative from *Capsicum annuum*. **Journal of Natural Products**, v.11, p.1094-1096, 2003.

OLIVEIRA P. S. **Efeitos farmacológicos de extrato de mirtilo (*V. virgatum*) em modelo animal de síndrome metabólica**. 2015. 79f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Bioprospecção) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

ORNELAS-PAZ, J. D. J.; CIRA-CHÁVEZ, L. A.; GARDEA-BÉJAR, A. A.; GUEVARA-ARAUZA, J. C.; SEPÚLVEDA, D. R.; REYES-HERNÁNDEZ, J.; RUIZ-CRUZ, S. Effect of heat treatment on the content of some bioactive compounds and free radical-scavenging activity in pungent and non-pungent peppers. **Food Research International**, v.50, n.2, p.519–525, 2013.

PADILHA, H. K. M. **Variabilidade genética em acessos de pimentas (*Capsicum annuum*)**. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

PADILHA, H. K. M.; PEREIRA, E. S.; MUNHOZ, P. C.; VIZZOTTO, M.; VALGAS, R. A.; BARBIERI, R. L. Genetic variability for synthesis of bioactive compounds in peppers (*Capsicum annuum*). **Food Science and Technology**, v.35 , p. 516-523, 2015.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. A.; OLIVEIRA, L. C.; NORA, L.; MORSELLI, T. B. G. A. MAUCH, C. R. Produtividade e caracterização físico-química de pimentas submetidas a diferentes fontes e doses de adubação orgânica. **Revista de la Facultad de Agronomía La Plata**, v. 113, p. 134-139, 2015.

PINO, J.; GONZALEZ, M.; CEBALLOS, L.; CENTURION-YAH, A. R.; TRUJILLO-AGUIRRE, J.; LATOURNERIE-MORENO, L.; SAURI-DUCH, E. Characterization of total capsaicinoids, colour and volatile compounds of Habanero chilli pepper (*Capsicum chinense* Jack.) cultivars grown in Yucatan. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.2, p. 1682-1686, 2007.

POWIS, T. G.; GALLAGA MURRIETA, E.; LESURE, R.; LOPEZ BRAVO, R.; GRIVETTI, L.; KUCERA, H.; GAIKWAD, N. W. Prehispanic use of chili peppers in Chiapas, Mexico. **Plos One**, v.8, p. 1-10, 2013.

REIFSCHNEIDER, F. I. B. **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças. 2000. 113p.

ROSA, A.; DELANA, M.; CASU, V.; PACCAGINI, S.; APPENDINO, G.; BALLERO, M.; DESSI, M. A. Antioxidant activity of capsinoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.3, p. 7396-7401, 2002.

RUDERMAN, N. B.; CARLING, D.; PRENTKI, M.; CACICEDO, J. M. Insulin resistance and the metabolic syndrome. **Journal Clinical Investigation**, v. 123, p. 2764-2772, 2013.

SANTOS, J. P.; REDAELLI, L. R.; SANT'ANA, J.; HICKEL, E. R. Suscetibilidade de genótipos de macieira *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) em diferentes condições de infestação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 90-95, 2015.

SHETTY, A. A.; MAGADUM, S.; MANAGANVI, K. Vegetables as sources of antioxidants. **Journal of Food & Nutritional Disorders**, v. 2, p.1–5, 2013.

SOUZA, M. H. C.; SILVA, M. V. T.; VASCONCELOS, M. O. C.; OLIVEIRA, F. L.; NETO, A. F. Avaliação pós-colheita do melão amarelo submetido a danos mecânicos. **Revista Verde**, v. 9, p. 197-204, 2014.

SUN, Y. L.; CHOI, I. L.; LEE, Y. B.; CHOI, K. Y.; HONG, S. K.; KANG, H. M. Molecular diversity and phylogenetic analysis of *Capsicum annuum* varieties using the nrDNA *its* region. **Scientia Horticulturae**, v. 165, p. 336–343, 2014.

TREMARIN, C. S.; CASALI, K. R.; MEURER, L.; SCHAAN, B. D. Capsaicin-induced metabolic and cardiovascular autonomic improvement in an animal model of the metabolic syndrome. **British Journal of Nutrition**, v. 111, p. 207–214, 2014.

TSEGAY, D.; TESFAYE, B.; MOHAMMED, A.; YIRGA, H.; BAYLEYEGN. A. Effects of harvesting stage and storage duration on postharvest quality and shelf life of sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties under passive refrigeration system. **International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research**, v. 4, p. 98-104, 2013.

VASCONCELOS, C. S. **Avaliação agrônômica e caracterização da produção de compostos bioativos em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*)**. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; PRIORI, D.; FISCHER, S. Z.; MISTURA, C. C. Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum chinense* com base em característica de flores. **Ceres**, v. 59, p. 493-498, 2012.

VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; PRIORI, D.; FISCHER, S. Z.; MISTURA, C. C. Distância genética entre variedades crioulas de *Capsicum chinense*. **Magistra**, v. 26, p. 178-185, 2014.

VILAS BOAS, A. A. C. **Qualidade de pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes de cálcio**. 2014. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

VILLELA, J. C. B.; BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; CARBONARI, T.; MISTURA, C. C.; PRIORI, D. Caracterização molecular de pimentas crioulas (*Capsicum baccatum*) com marcadores microsatélites. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 131-137, 2014.

VIZZOTTO, M. **Inhibition of invasive breast cancer cell growth by selected peach and plum phenolic antioxidants**. 2005. 97f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Texas A&M University, Texas, 2005.

ZIMMER, A. R.; LEONARDI, B.; MIRON, D.; SCHAPOVAL, E.; OLIVEIRA, J. R.; GOSMANN, G. Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: From traditional use to scientific approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 139, p. 228-233, 2012.

Capítulo I:

ALMEIDA, D. M. Tomate revestido com filme de fécula de batata e óleos de sálvia e manjerona. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 289-296, 2014.

ALBRECHT, E.; ZHANG, D.; SAFTNER, R. A.; STOMMEL, R. J. Genetic diversity and population structure of *Capsicum baccatum* genetic resources. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 59, p. 517–538, 2012.

BEM-YEHOSHUA, S. Transpiration, Water Stress and Gas Exchange. In: Weichmann, J. **Post harvest physiology of vegetables**. 1987. p. 355-385.

BLAT, S. F.; BRAZ, L. T.; ARRUDA, A. S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 350-354, 2007.

BOURNE, M. C. Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 257-268, 1982.

CARVALHO, C. A. C.; ÁLVARES, V. S.; CUNHA, C. R.; LIMA, A. A.; MORENO, A. L.; MACIEL, V. T. Efeito do pré-resfriamento de frutos de cupuaçu na aceitação sensorial do néctar. **Revista Agroambiente**, v. 9, p. 91-95, 2015.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; BUSTAMANTE, P. G.; SILVA, D. B. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2003. 49p.

CASTRICINI, A.; SANTOS, L. O.; DELIZA, R.; COELHO, E. F.; RODRIGUES, M. G. V. Caracterização pós-colheita e sensorial de genótipos de bananeiras tipo prata. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 027-037, 2015.

CORRÊA, S. C. **Predição da aceitação sensorial de frutas por meio de parâmetros físicos e físico-químicos utilizando modelo multivariado**. 2014. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 783p.

COELHO, A. H. R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, v. 17, p. 180-192, 1994.

COELHO, C. C.; FREITAS, O. S.; CAMPOS, R. S.; BEZERRA, V.; CABRAL, L. M. C. C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 369–375, 2015.

COSTA, D. V. **Fenotipagem de linhagens de *Capsicum baccatum* var. *pendulum* para caracteres agrônômicos e resistência ao *Pepper yellow mosaic vírus***. 2015. 87f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2015.

COSTA, P. R.; SIQUEIRA, A. C.; SOUZA, P. H. M. Efeito do procedimento culinário e conservação por congelamento em tomates (*Lycopersicon esculentum*). **Revista Brasileira de Alimentos**, v. 1, p. 30-42, 2015.

COSTA, S. B.; GUEDES, M. C. M.; PINTO, M. M. F.; EMPIS, J.; MARTINS, M. M. Alternative sanitizing methods to ensure safety and quality of fresh-cut kiwifruit. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, p. 1-10, 2014.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat. 1996. 123p.

GARRUTI, D. S.; PINTO, N. O. F.; ALVES, V. C. C.; PENHA, M. F. A.; TOBARUELA, V.; ARAÚJO, I. M. S. Volatile profile and sensory quality of new varieties of *Capsicum chinense* pepper. **Food Science and Technology**, v. 33, p. 253-267, 2013.

GUILHERME, D. O.; PINHO, L.; CAVALCANTI, T. F. M.; COSTA, C. A.; ALMEIDA, A. C. Análise sensorial e físico-química de frutos tomate cereja orgânicos. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 181-186, 2014.

GULARTE, M. A. **Manual de análise sensorial de alimentos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 106 p. 2009.

HAMEED, R.; MALIK, A. U.; KHAN, A. S.; IMRAN, M.; UMAR, M.; RIAZ, R. Evaluating the effect of different storage conditions on quality of green chillies (*Capsicum annuum* L.). **Tropical Agricultural Research**, v. 24, p. 391-399, 2013.

HILL, T. A.; ASHRAFI, H.; REYES-CHIN-WO, S.; YAO, J.; STOFFEL, K.; TRUCO, M. J.; VAN DEYNZE, A. Characterization of *Capsicum annuum* genetic diversity and population structure based on parallel polymorphism discovery with a 30K unigene Pepper GeneChip. **Plos One**, v. 8, p. 1-16, 2013.

FINGER, F. L.; FRANÇA, C. F. M. Pré-resfriamento e conservação de hortaliças folhosas. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 250-254, 2011.

FREITAS, P. G. N. **Vibração de plantas de pimenta (*Capsicum* spp.) para produção de frutos e sementes em ambiente protegido**. 2014. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2014.

LEÓN, J. J.; ELÍAS, J. L.; LÓPEZ, M. A. H.; LÓPEZ, A. M. G.; ORTIZ, R. S.; GARCÍA, L. F. E. Postharvest quality and shelf life of green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under open-field and greenhouse conditions. **Idesia**, v. 31, p. 35-41, 2013.

MADALENA, J. A. S.; MARACAJÁ, P. B.; FERREIRA, P. V.; CARVALHO, I. D. E.; SILVA, J. P. Caracterização sensorial em famílias de meios-irmãos de melão. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 10, p.125-134, 2014.

MILAGRES, R. C. R. M. **Efeito da radiação gama do ⁶⁰Co na conservação e qualidade de pimenta *in natura* e em polpa**. 2014. 121f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G. F.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Perfil sensorial e aceitação de melão amarelo minimamente processado submetido a tratamentos químicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 589-598, 2010.

MOLNAR, P.; TOTH, M.; BOROSS, M. F. Sensory evaluation of select fruit juices and nectars by a panel group and by consumers. **Food Control**, v. 3, p. 213-217, 1993.

MORGADO, C. M. A.; DURIGAN, J. F.; SANCHES, J.; GALATI, V. C.; OGASSAVARA, F. O. Conservação pós-colheita de frutos de pimentão sob diferentes condições de armazenamento e filmes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 170-174, 2008.

NEITZKE, R. S. **Recursos genéticos de pimentas do gênero *Capsicum* – explorando a multiplicidade de usos**. 2012. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

NEITZKE, R. S.; BARBIERI, R. L.; FISCHER, S. Z.; VASCONCELOS, C. S.; VILELLA, J. C. B.; CASTRO, C. M.; UENO, B. **Produção de pimentas em Turuçu –**

Aspectos culturais e as transformações do sistema produtivo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2012. 32p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 361).

NEITZKE, R. S.; BARBIERI, R. L.; VASCONCELOS, C. S.; FISCHER, S. Z.; VILELLA, J. C. B.; CASTRO, C. M. **Caracterização morfológica e estimativa da distância genética de acessos de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2014. 39p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 178).

NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; VIZZOTTO, M.; FETTER, M. R.; CORBELINI, D. D. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*). **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 415-421, 2015.

NEITZKE, R. S.; FISCHER, S. Z.; VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; TREPTOW, R. O. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 91-98, 2016.

NETO, A. F.; LIMA, P. S. J.; NETO, J. A. S.; NASCIMENTO, A. L.; OLIVIER, N. C. Resistência dos frutos de abacate submetidos à compressão durante o armazenamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 23, p. 119-127, 2015.

NUNES, S. P. **Irradiação gama e UV-C na qualidade pós-colheita em mirtilo.** 2015. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

OLIVEIRA, L. F. Conservas de mini milho (*Zea mays* L.) orgânico: Processamento e aceitação sensorial. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 271-277, 2014.

PACHECO, C. A. **Aspectos histológicos, físico-químicos, sensoriais e fitotécnicos da tangerina Fremont.** 2015, 99f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2015.

PADILHA, H. K. M. **Variabilidade genética em acessos de pimentas (*Capsicum annum*).** 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

PEREIRA, M. G.; SILVA, F. F.; PEREIRA, T. N. S. Recursos genéticos e o melhoramento de plantas. In: PEREIRA, T. N. S. **Germoplasma: conservação,**

manejo e uso no melhoramento de plantas. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 140p.

PICKERSGILL, B. **Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp.** Wageningen: Euphytica. 1997. 113p.

QUEIROZ, M. I.; TREPTOW, R. O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos.** Rio Grande: Fundação Universitária do Rio Grande. 2006. 268p.

ROMBALDI, C. V. Percepção de consumidores do Rio Grande do Sul em relação a quesitos de qualidade em frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 681-684, 2007.

SANTOS, J. P.; REDAELLI, L. R.; SANT'ANA, J.; HICKEL, E. R. Suscetibilidade de genótipos de macieira *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) em diferentes condições de infestação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 90-95, 2015.

SARMENTO, J. D. A.; MORAIS, P. L. D.; ALMEIDA, M. L. B.; SILVA, G. G.; ROCHA, R. H. C.; MIRANDA, M. R. A. Qualidade pós-colheita da banana 'Prata Catarina' submetida a diferentes danos mecânicos e armazenamento refrigerado. **Revista Ciência Rural**, v. 7, p. 382-391, 2015.

SILVA, E. B.; SANTOS, E. R.; ROSA, J.; CARDOSO, F. T.; SOUZA, G. G.; NOGUEIRA, R.; NASCIMENTO, K. O. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação físico-química e sensorial de um doce obtido a partir de cascas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*). **Revista Augustus**, v. 19, p. 44-60, 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 2004. 394p.

SOUZA, M. E. Caracterização físico-química e avaliação sensorial dos frutos de bananeira. **Revista Nativa**, v. 1, p. 13-17, 2013.

SOUZA, M. H. C.; SILVA, M. V. T.; VASCONCEOS, O. C. M.; OLIVEIRA, F. L.; NETO, A. F. Avaliação pós-colheita do melão amarelo submetido a danos mecânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 197-204, 2014.

TSEGAY, D.; TESFAYE, B.; MOHAMMED, A.; YIRGA, H.; BAYLEYEGN. A. Effects of harvesting stage and storage duration on postharvest quality and shelf life of sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties under passive refrigeration system. **International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research**, v. 4, p. 98-104, 2013.

VASCONCELOS, C. S. **Avaliação agrônômica e caracterização da produção de compostos bioativos em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*)**. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; PRIORI, D.; FISCHER, S. Z.; MISTURA, C. C. Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum chinense* com base em característica de flores. **Ceres**, v. 59, p. 493-498, 2012.

VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R.S.; PRIORI, D.; FISCHER, S. Z.; MISTURA, C. C. Distância genética entre variedades crioulas de *Capsicum chinense*. **Magistra**, v. 26, p. 178-185, 2014.

VILAS BOAS, E. V. B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2002. 296p.

VILELA, N. J. **Sistema de produção de pimentas (*Capsicum* spp.): coeficientes técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade**. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/coeficientes.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

VILLELA, J. C. B.; BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; CARBONARI, T.; MISTURA, C. C.; PRIORI, D. Caracterização molecular de pimentas crioulas (*Capsicum baccatum*) com marcadores microssatélites. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 131-137, 2014.

Capítulo II:

AEBI, H. Catalase in vitro. **Methods in Enzymology**, v. 105, p. 121-126, 1984.

AKSENOV, M. Y.; MARKESBERY, W. R. Changes in thiol content and expression of glutathione redox system genes on the hippocampus and cerebellum in Alzheimer's disease. **Neuroscience Letters**, v. 302, p. 141-145, 2001.

ANTUNES-NETO, J. M. F.; TOYAMA, M. H.; CARNEIRO, E. M.; BOSCHERO, A. C.; PEREIRA, L. S.; MACEDO, D. V. Circulating leukocyte heat shock protein 70 (HSP70) and oxidative stress markers in rats after a bout of exhaustive exercise. **International Journal on the Biology of Stress**, v. 9, p. 107-115, 2006.

AZEVEDO, C. P.; CAFÉ FILHO, A. C.; HENZ, G. P.; REIS, A. **Recomendações de manejo da antracnose do pimentão e das pimentas**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2006. 4p.

BAGCHI, D.; SEN, C. K.; BAGCHI, M.; ATALAY, M. Antiangiogenic, antioxidant, and anticarcinogenic properties of a novel anthocyanin-rich berry extract formula. **Biokhimiya**, v. 69, p. 95–102, 2004.

BARBOSA-FILHO, J. M.; VASCONCELOS, T. H. C.; ALENCAR, A. A.; BATISTA, L. M. OLIVEIRA, R. A. G.; GUEDES, D. N.; FALCÃO, H. S.; MOURA, M. D.; DINIZ, M. F. F. M.; MODESTO-FILHO, J. Plants and their active constituents from South, Central, and North America with hypoglycemic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, p. 392-413, 2005.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Fortaleza: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. 1960. 540 p.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRONEEL, M., KOZIROG, M., DUCHNOWICZ, P. Aronia melanocarpa extract reduces blood pressure, serum endothelin, lipid, and oxidative stress marker level in patients with metabolic syndrome. **Medical Science Monitor**, v. 16, p. 28–34, 2010.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 397-404, 2006.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. **Sistema de produção de pimentas (*Capsicum spp.*)**. Botânica. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

CASTRO, H. G.; FERREIRA, D. A. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: carqueja (*Baccharis genistelloides*)**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2000. 102 p.

COMINATO, L.; KONSTANTYNER, T.; LIMA, A. P. S. B.; CONFORTI, D. B.; BITTENCOURT, L. K.; OLIVEIRA, M. R. M.; ANGELO, V. T. Efeitos da metformina no tratamento da obesidade e na resistência à insulina em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. **Revista Unilus Ensino e Pesquisa**, v. 12, p. 258-261, 2015.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional. 1994. 78 p.

COSTA, L. M.; MOURA, F.; MARANGONI, C.; MENDES, C. E.; TEIXEIRA, A. O. Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 43, p. 67-75, 2010.

DEPRÁ, M. S.; LOPES, S. J.; NOAL, G., REINIGER, L. R. S.; COCCO, D. T. Modelo logístico de crescimento de cultivares crioulas de milho e de progênies de meios-irmãos maternos em função da soma térmica. **Ciência Rural**, v. 46, p. 36-43, 2016.

ESPOSITO, C.; GIULIANO, D. Diet and inflammation: a link to metabolic and cardiovascular diseases. **European Heart Journal**, v. 27, p.15-20, 2006.

GOMES, A. P.; RODAIL, M. J. N; MELO, A. L. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifolia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 37-48, 2006.

GONZÁLES, E.; IGLESIAS, I.; CARRETERO, E.; VILLAR, A. Gastric Cytoprotection of Bolivian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 70, p. 329-333, 2000.

GUEDES, J. M.; JÚNIOR, D.; VILELA, M.; REZENDE, J. C.; SILVA, F. L.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, S. P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, v. 72, p. 127-132, 2013.

GUTTERIDGE, J. M. C.; Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. **Clinical Chemistry**, v. 41, p. 1819-1828, 1995.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford: Ford University Press. 2000. 823p.

HOCAYEN, P. A. S. **Efeito da administração oral do extrato de *Baccharis dracunculifolia* na obesidade induzida por glutamato monossódico (MSG)**. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado em Biologia Evolutiva) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.

JUÁNIZ, I.; LUDWIG, I. A.; HUARTE, E.; PEREIRA-CARO, G.; MORENO-ROJAS, J. M.; CID, C.; PENÃ, M. P. Influence of heat treatment on antioxidant capacity and (poly)phenolic compounds of selected vegetables. **Food Chemistry**, v. 197, p. 466-473, 2016.

KAHL, K.G., BESTER, M., GREGGERSEN, W., RUDOLF, S., DIBBELT, L., STOECKELHUBER, B.M., GEHL, H.B., SIPOS, V., HOHAGEN, F., SCHWEIGER, U. Visceral fat deposition and insulin sensitivity depresses down men with and without comorbid borderline personality disorder. **Psychosomatic Medicine**, v. 67, p. 407–412, 2005.

KASSI, E.; PERVANIDOU, P.; KALTSAS, G.; CHROUSOS, G. Metabolic syndrome: definitions and controversies. **BioMed Central**, v. 9, p. 48-57, 2011.

KASTER, M. P.; BUDNI, J.; BINFARE, R. W.; SANTOS, A. R.; RODRIGUES, A. L. The inhibition of different types of potassium channels underlies the antidepressant-like effect of adenosine in the mouse forced swimming test. **Progress in Neuro-psychopharmacology & Biological Psychiatry**, v. 31, p. 690–696, 2007.

KASTER, M. P.; ROSA, A. O.; ROSSO, M. M.; GOULART, E. C.; SANTOS, A. R.; RODRIGUES, A. L. Adenosine administration produces an antidepressant-like effect in mice: evidence for the involvement of A1 and A2A receptors. **Neuroscience Letters**, v. 355, p. 21-24, 2004.

KIM, H. J.; LEE, E. J.; PARK, S. H.; LEE, H. S.; CHUNG, N. Biological control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in pepper and cherry tomato by *Streptomyces* sp. A1022. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, p. 54-62, 2014a.

KIM, J. Y.; LEE, M. S.; JUNG, S. JOO, H. KIM, C. T.; KIM, I.; SEO, S.; OH, S.; KIM, Y. Anti-obesity efficacy of nanoemulsion oleoresin *Capsicum* in obese rats fed a high-fat diet. **International Journal of Nanomedicine**, v. 9, p. 301-310, 2014b.

KONG, J. M.; CHIA, L. S.; GOH, N. K.; CHIA, T. F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, v. 64, p. 923–933, 2003.

KUMAR, B.; ARORA, V.; KUHAD, A.; CHOPRA, K. *Vaccinium myrtillus* ameliorates unpredictable chronic mild stress induced depression: possible involvement of nitric oxide pathway. **Phytotherapy Research**, v. 26, p. 488–497, 2012.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R. Doenças das Solanáceas (berinjela, jiló, pimentão e pimenta). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agrônomicas Ceres, 1997. 675p.

LEZAMA, A. Y. G.; ALVAREZ, L. D.; FLORES, M. E. J.; ALONSO, C. P.; NIRANJAN, K.; LOPEZ, G. F. G.; BELTRAN, L. A. Preparation and characterization of non-aqueous extracts from chilli (*Capsicum annuum* L.) and their microencapsulates obtained by spray-drying. **Journal of Food Engineering**, v. 112, p. 29-37, 2012.

LOBO JÚNIOR, M.; SILVA-LOBO, V. L.; LOPES, C. A. Reação de genótipos de *Capsicum* spp. (pimentas e pimentão) à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 373, 2001.

LOUREIRO, B. R. R. **Bioatividade de extrato de folhas de *Corema album* L. em *Drosophila melanogaster*: um estudo de genotoxicidade e estresse oxidativo**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Biologia Clínica e Laboratorial) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados/Portugal, 2013.

LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, v. 193, p. 265-275, 1951.

LUCENA, G. M. R. S. **Efeito da *Cipura paludosa* nos déficits comportamentais de ratos adultos expostos ao etanol e/ou metilmercúrio durante o desenvolvimento do SNC**. 2010. 239f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2010.

MAGALHAES, P. V.; JANSEN, K.; PINHEIRO, R. T.; COLPO, G. D.; DA MOTTA, L. L.; KLAMT, F.; DA SILVA, R. A.; KAPCZINSKI, F. Peripheral oxidative damage in early-stage mood disorders: a nested population-based case-control study. **The International Journal of Neuropsychopharmacology**, v. 15, p. 1043- 1050, 2012.

MARTINS, M. M. R. **Influência da atividade física e do ambiente sobre os níveis de glutatona peroxidase e perfil lipídico em grupo de terceira idade**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Gestão Tecnológica: Qualidade Ambiental Impacto Biológico) – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2007.

MARY, H. G.; DAVID, M. R.; PETER, K.; ALEXANDER, P.; SITHES, L.; GAD, G. Hypoglycemic activity of a novel anthocyanin-rich formulation from lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium* Aiton. **Phytomedicine**, v. 16, p. 406-415, 2009.

MATSON, K. L.; PHARM, D.; FALLON, R. M. Treatment of obesity in children and adolescents. **Journal of Pediatrics Pharmacology**, v. 17, p. 45-57, 2012.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Importância nutricional de los pigmentos carotenóides. **Archivos Latinoamericano de Nutrición**, v. 54, p.149-155, 2004.

MISRA, H. P.; FRIDOVICH, I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 247, p. 3170-3175, 1972.

MOULIN, M. M. **Construção de mapa genético, identificação de QTLs associados a caracteres agrônômicos e detecção de inibidores de protease em *Capsicum baccatum* var. *pendulum***. 2013. 142f (Tese doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2013.

MOSKAUG, J. O.; CARLSEN, H.; MYHRSTAD, M. C.; BLOMHOFF, R. Polyphenols and glutathione synthesis regulation. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 277– 283, 2005.

NEITZKE R. S. **Recursos genéticos de pimentas do gênero *Capsicum* – explorando a multiplicidade de usos**. 2012. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; FETTER, M. R.; CORBELINI, D. D. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*). **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 412-418, 2015.

NETO, M. C. L. **Avaliação da atividade hipoglicemiante do extrato hidroalcoólico das folhas de *Calotropis procera* (Aiton)**. 2011. 74f. (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2011.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; YAGI, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Annual Review of Medicine**, v. 95, p. 351-358, 1979.

OLIVEIRA, P. S. **Efeitos farmacológicos de extrato de mirtilo (*V. virgatum*) em modelo animal de síndrome metabólica**. 2015. 79f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Bioprospecção) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

ORNELAS-PAZ, J. D. J.; CIRA-CHÁVEZ, L. A.; GARDEA-BÉJAR, A. A.; GUEVARA-ARAUZA, J. C.; SEPÚLVEDA, D. R.; REYES-HERNÁNDEZ, J.; RUIZ-CRUZ, S. Effect of heat treatment on the content of some bioactive compounds and free radical-scavenging activity in pungent and non-pungent peppers. **Food Research International**, v.50, n.2, p.519–525, 2013.

OSAMA, M. A.; AHMED, A. E.; ABDULRAHMAN, M. A.; AMEEN, M. A. M.; AYMAN, A. N.; ASHRAF, B. Protective effect of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) against doxorubicin-induced oxidative cardiotoxicity in rats. **Medical Science Monitor**, v. 17, p. 110-115, 2011.

PADILHA, H. K. M. **Variabilidade genética em acessos de pimentas (*Capsicum annuum*)**. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

PADILHA, H. K. M.; PEREIRA, E. S.; MUNHOZ, P. C.; VIZZOTTO, M.; VALGAS, R. A.; BARBIERI, R. L. Genetic variability for synthesis of bioactive compounds in peppers (*Capsicum annuum*). **Food Science and Technology**, v.35, p. 516-523, 2015.

PAIVA, F. A. **Aumento da resistência ao estresse oxidativo induzido pelo extrato hidroalcoólico de carqueja (*Baccharis trimera*) no *Caenorhabditis elegans*: seria através de um mecanismo SKN-1/p38 MAPK e DAF-16 dependente?**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

PAN, A.; KEUM, N.; OKEREKE, O. Bidirectional association between depression and metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. **Diabetes Care**, v. 35, p. 1171–1180, 2012.

PAREDES-LOPEZ, O.; CERVANTES-CEJA, M. L.; VIGNA-PEREZ, M.; HERNANDEZ-PEREZ, T. Berries: Improving human health and healthy aging, and promoting quality life. **Plant Foods for Humans Nutrition**, v. 65, p. 299–308, 2010.

PENG, C.; WANG, X.; CHEN, J.; JIAO, R.; WANG, L.; LI, Y. M.; ZUO, Y.; LIU, Y.; LEI, L.; MA, K. Y.; HUANG, Y.; CHEN, Z. Y. Biology of ageing and role of dietary antioxidants. **BioMed Research International**, v. 36, p. 831-841, 2014.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.13, p. 3061-3067, 2012.

PEREIRA, M. G.; SILVA, F. F.; PEREIRA, T. N. S. Recursos genéticos e o melhoramento de plantas. In: PEREIRA, T. N. S. **Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 140p.

PYYKKONEN, A. J.; RAIKKONEN, K.; TUOMI, T.; ERIKSSON, J. G.; GROOP, L.; ISOMAA, B. Association between depressive symptoms and metabolic syndrome is not explained by antidepressant medication: results from the PPP-Botnia Study. **Annals of Medicine**, v. 44, p. 279–288, 2012.

RHEE, S. J.; KIM, E.Y.; KIM, S. H.; LEE, H. J.; KIM, B.; HA, K.; YOON, D.H.; AHN, Y. M. Subjective depressive symptoms and metabolic syndrome among the general population. **Progress in Neuro-psychopharmacology & Biological Psychiatry**, v. 54, p. 223-230, 2014.

RYBKA, J.; KEDZIORA-KORNATOWSKA, K.; BANAS-LEZANSKA, P.; MAJSTEREK, I.; CARVALHO, L. A.; CATTANEO, A.; ANACKER, C.; KEDZIORA, J. Interplay between the pro-oxidant and antioxidant systems and proinflammatory cytokine levels, in relation to iron metabolism and the erythron in depression. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 63, p.187–194, 2013.

RODRIGUES, C.; SAKASHITA, M.; AMARAL, V. Estudo da ação antiinflamatória da pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum* L.). **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 5, p. 256-263, 2012.

ROJKIND, M.; DOMINGUEZ-ROSALES, J.; NIETO, N.; GREENWEL, P. Role of hydrogen peroxide and oxidative stress in healing responses. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 59, p. 1872-1891, 2002.

RUDERMAN, N. B.; CARLING, D.; PRENTKI, M.; CACICEDO, J. M. Insulin resistance and the metabolic syndrome. **Journal Clinical Investigation**, v. 123, p. 2764-2772, 2013.

SCOCCIA, A. E.; MOLINUEVO, M. S.; MCCARTHY, A. D.; COORTIZO, A. M. A. Simple method to assess the oxidative susceptibility of low density lipoproteins. **BioMed Central Clinical Pathology**, v. 1, p. 1-5, 2001.

SILVA, L. P. **Caracterização morfológica, fisiológica, molecular e patogênica de isolados de *Colletotrichum* spp. em diferentes hospedeiros**. 2008. 150f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

SINGHAL, A.; KUMAR, V. L. Effect of aqueous suspension of dried latex of *Calotropis procera* on hepatorenal functions in rat. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 122, p. 172-174, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 2004. 394p.

SOICKE, H.; LENG-PESCHLOW, E. Characterization of flavonoids from *Baccharis trimera* and their antihepatotoxic properties. **Planta Medica**, v. 53, p. 37-39, 1987.

SOUZA, C. G.; MOREIRA, J. D.; SIQUEIRA, I. R.; PEREIRA, A. G.; RIEGER, D. K.; SOUZA, D. O.; SOUZA, T. M.; PORTELA, L. V.; PERRY, M. L. Highly palatable diet consumption increases protein oxidation in rat frontal cortex and anxiety-like behavior. **Life Sciences**, v. 81, p. 198-203, 2007.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.- The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 10, p. 63-68, 1959.

TALCOTT, T. S.; HOWARD, R. L. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 2109-2115, 1999.

VASCONCELOS, C. S. **Avaliação agrônômica e caracterização da produção de compostos bioativos em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*)**. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

VILLELA, J. C. B.; BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; CARBONARI, T.; MISTURA, C. C.; PRIORI, D. Caracterização molecular de pimentas crioulas (*Capsicum baccatum*) com marcadores microssatélites. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 131-137, 2014.

ZAMORANO, M.; LEDESMA-COLUNGA, M. G.; ADAN, N.; VERA-MASSIEU, C.; LEMINI, M.; MÉNDEZ, I.; MORENO-CARRANZA, B.; NEUMANN, I. D.; THEBAULT, S.; DE LA ESCALERA, G. M.; TORNER, L. CLAPP, C. Prolactin-derived

vasoinhibins increase anxiety- and depression-related behaviors. **Psychoneuro Endocrinology**, v. 44, p. 123-132, 2014.

ZEUGMANN, S.; QUANTE, A.; HEUSER, I.; SCHWARZER, R.; ANGHELESCU, I. Inflammatory biomarkers in 70 depressed in patients with and without the metabolic syndrome. **Journal of Clinical Psychiatry**, v. 71, p. 1007–1016, 2010.

ZHANG, X. Y.; YAO, J. K. Oxidative stress and therapeutic implications in psychiatric disorders. **Progress in Neuropsychopharmacology & Biological**, v. 46, p. 197-199, 2013.

ZIMMER, A. R.; LEONARDI, B.; MIRON, D.; SCHAPOVAL, E.; OLIVEIRA, J. R.; GOSMANN, G. Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: from traditional use to scientific approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 139, p. 228-233, 2012.

WINTERBOURN, C. C.; KETTLE, A. J. Radical reactions of superoxide: a potential route to toxicity. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 305, p. 729-736, 2003.

YANG, H. J.; KWON, D. Y.; KIM, M. J.; KANG, S.; MOON, R.; DAILY, J. W.; PARK, S. Red peppers with moderate and severe pungency prevent the memory deficit and hepatic insulin resistance in diabetic rats with Alzheimer's disease. **Nutrition & Metabolism**, v. 9, p. 6-36, 2015.

6. ANEXO

Ficha de avaliação para qualidade de frutos de acessos de pimentas (*Capsicum spp.*)

Nome: _____ Data: _____

Você vai receber várias amostras de pimentas para avaliar os atributos das mesmas. Avalie fazendo um traço na altura da escala que representa o que você está percebendo do atributo em análise.

Código: P8

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P27

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P37

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P41

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P42

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P110

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P179

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P219

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P226

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P230

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P231

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom

Código: P232

Cor do fruto	1	3	5	7	9
Turgidez do fruto	1	3	5	7	9
Defeitos do fruto	1	3	5	7	9
Aspecto do pedúnculo	1	3	5	7	9
Brilho do fruto	1	3	5	7	9
Aparência geral	Muito ruim		Indiferente		Muito bom