

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Área: Fruticultura de Clima Temperado



Tese

**Influência dos indutores de resistência aplicados na  
pré-colheita e suas alterações qualidade dos frutos cítricos**

**Marines Batalha Moreno Kirinus**

Pelotas, 2017

**MARINES BATALHA MORENO KIRINUS**  
Engenheira agrônoma MSc.

**Influência dos indutores de resistência aplicados na pré-colheita e suas alterações na qualidade dos frutos cítricos**

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

Orientador: Marcelo Barbosa Malgarim

Co-Orientador: Roberto Pedroso de Oliveira

Pelotas, 2017

**Banca examinadora:**

Marcelo Barbosa Malgarim

Prof. Departamento de Fitotecnia – FAEM/UFPel. (Orientador/Presidente)

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas, UFPel

Bernardo Ueno,

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Departamento da Fitossanidade

Doutor em Agriculture pela Tokyo University of Agriculture and Technology, TUAT

Fabiano Simões

Prof. Departamento de Fitotecnia – Agronomia/UERGS

Doutor em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas, UFPel

Paulo Celso de Mello Farias

Prof. Departamento de Fitotecnia – FAEM/UFPel

Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo, USP

Valdecir Carlos Ferri

Prof Departamento de Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas/UFPel

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas, UFPel

**DEDICO**

À minha filha Marina

Ao meu esposo Gustavo

Aos meus pais Carlinho e Vanda

## Agradecimentos

A Deus,

Aos meus pais Carlinhos e Vanda, pelo amor e compreensão.

À minha filha Marina e ao meu esposo Gustavo pelo amor, companheirismo e paciência.

A minhas colegas e amigas, Caroline Farias Barreto e Pricila Santos da Silva por proporcionarem um excelente ambiente de trabalho, auxiliando no desenvolvimento das atividades.

Ao Professor Marcelo Barbosa Malgarim (UFPel) por ter me acolhido no ambiente de estudo da pós-graduação em fruticultura, e também pela amizade e orientação para desenvolver este trabalho da melhor forma possível.

Aos co-orientadores César Valmor Rombaldi (UFPel) e Roberto Pedroso de Oliveira (Embrapa) pelos ensinamentos e esclarecimento para a execução desta tese.

Aos produtores Marcos Luiz Belletti Cavalin e Luís Felipe Dunner, por disponibilizarem seus pomares para a realização dos experimentos à campo.

Aos funcionários da universidade, principalmente ao Ricardo (Jacu), pelo tranposte nos dias de avaliação e dos frutos para análise no laboratório.

Ao professor José Carlos Fachinello (*in memoriam*), um orientador fantástico e um exemplo de profissional. Sempre buscando a excelência em todos os aspectos. Descanse em paz professor.

Um agradecimento especial a todos, que de forma direto ou indireta contribuíram para a execução deste trabalho.

Muito Obrigada!

**“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, podemos começar agora e fazer um novo fim”.**

**Chico Xavier.**

## Resumo

KIRINUS, Marines Batalha Moreno. **Influência dos indutores de resistência aplicados na pré-colheita e suas alterações na qualidade dos frutos cítricos.** 2017. 116f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Objetivou-se avaliar as características físico-químicas, o índice de podridões, os compostos bioativos e a capacidade de indução de resistência em frutos da laranjeira ‘Navelina’ e do tangoreiro ‘Ortanique’ na pós-colheita sob armazenamento refrigerado, após indução de resistência na pré-colheita, nas safras de 2015 e 2016, em Pelotas/RS. O delineamento experimental a campo foi em blocos completamente casualizados. O fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI)]. No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial. As análises realizadas foram coloração, perda de massa fresca, índice de podridões, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, razão SS/AT, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante. Bem como, a incidência da doença, período latente, a taxa da expansão da lesão, severidade, taxa de expansão da área esporulante, severidade de esporos, área abaixo da curva do progresso da doença e dos esporos. Os indutores de resistência foram eficientes na manutenção das características físico-químicas de laranja ‘Navelina’ na pós-colheita, proporcionando aumento dos compostos bioativos, os indutores Se, Si, MeJa e IMI reduzem os índices de podridões, enquanto, o ASM e MeJa previnem a perda de massa fresca dos frutos. Nos tangores ‘Ortanique’ os indutores reduziram o percentual de perda de massa fresca e podridões nos frutos após 30 dias de armazenamento refrigerado e mantiveram os compostos fenólicos e a capacidade antioxidante, tanto na polpa quanto na casca dos frutos, ao longo do período de armazenamento. Para o tangor ‘Ortanique’, sob o armazenamento refrigerado, nos períodos 0, 15, 30, 45 e 60 dias, seguido de simulação da vida de prateleira de 7 dias  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ , os indutores Se, ASM e MeJa mantiveram a coloração dos frutos, além disso os frutos tratados com ASM, TMT e IMI alcançaram elevados teores de acidez e açúcares. Os indutores de resistência reduzem a incidência de *Penicillium digitatum* em ambas as cultivares. Si e Se, aplicados na pré-colheita da laranja ‘Navelina’ e do tangor ‘Ortanique’, diminuem a severidade da lesão causada por *P. digitatum*.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis*; *Citrus reticulata*; Fitoquímicos; Elicitores; Resistência Sistêmica Adquirida;

## Abstract

KIRINUS, Marines Batalha Moreno. **Influence of resistance inducers in pre-harvest and their changes in citrus quality.** 2017. 116p. Thesis (Doctoral degree) – Postgraduate Program in Agronomy. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The objective of this study was to evaluate the physicochemical characteristics, rot index, bioactive compounds and the resistance induction capacity in 'Navelina' oranges and 'Ortanique' tangoric fruits in post-harvest storage under refrigerated storage after induction of resistance In the pre-harvest, during 2015's and 2016's harvests, in Pelotas/RS. The experimental design in the field was in completely randomized blocks. The treatment factor was composed of resistance inducers [(without inducer (control), selenium (Se), silica (Si), acibenzolar-s-methyl (ASM), methyl jasmonate (MeJa), thiamethoxam (TMT) and imidacloprid (IMI)]. In the laboratory, the design used was the same established in the field, but in a two-factor scheme. The realized analyzes were coloration, fresh mass loss, rot index, soluble solids, pH, titratable acidity, SS/AT ratio, ascorbic acid, total phenolic compounds and antioxidant capacity. As well as the disease incidence, latent period, lesion expansion rate, severity, sporulating area expansion rate, spore severity, area below the disease progression curve and spores progression curve. The resistance inducers were efficient in maintaining the physicochemical characteristics of 'Navelina' orange at post-harvest, providing increase of bioactive compounds, the inducers Se, Si, MeJa and IMI reduce rot index, while ASM and MeJa prevent loss of fresh fruit mass. As for the 'Ortanique' tangors the inducers reduced the percentage of fruits fresh mass loss and rot index after 30 days of refrigerated storage and maintained the phenolic compounds and antioxidant capacity, in the pulp and in the fruit peel, throughout the storage period. As for the 'Ortanique' tangor under refrigerated storage, at periods of 0, 15, 30, 45 and 60 days, followed by simulation of the shelf life of 7 days at  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ , the inducers Se, ASM and MeJa maintained the color of the fruits, therefore the fruits treated with ASM, TMT and IMI achieved higher levels of acidity and sugars. Resistance inducers reduce the incidence of *Penicillium digitatum* in both cultivars. Si and Se, applied at pre-harvest in 'Navelina' orange and 'Ortanique' tangor, decrease the severity of the injury caused by *P. digitatum*.

**Keywords:** *Citrus sinensis*; *Citrus reticulata*; Phytochemicals; Elicitors; Systemic Resistance Acquired;

## Lista de figuras

- Figura 1 - Percentual de podridões (A) e perda de massa fresca (B) de tangores ‘Ortanique’ submetidos na pré-colheita aos indutores selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil-jasmonato (MeJa), tiamethoxam (TMT) e imidacloprido (IMI), armazenados sob refrigeração ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$ ) e posterior simulação de vida de prateleira por 7 dias ( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Pelotas/RS, 2016..... 80
- Figura 2 - Coloração  $L^*$  (A) e ângulo hue (B) de tangores ‘Ortanique’ submetidos na pré-colheita aos indutores selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil-jasmonato (MeJa), tiamethoxam (TMT) e imidacloprido (IMI), armazenados sob refrigeração ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$ ) e posterior simulação de vida de prateleira por 7 dias ( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Pelotas/RS, 2016. .... 82
- Figura 3 - Sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) (A), acidez titulável (g ácido cítrico  $100\text{g}^{-1}$ ) (B) e ácido ascórbico ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) (C) de tangores ‘Ortanique’ submetidos na pré-colheita aos indutores selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil-jasmonato (MeJa), tiamethoxam (TMT) e imidacloprido (IMI), armazenados sob refrigeração ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$ ) e posterior simulação de vida de prateleira por 7 dias ( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Pelotas/RS, 2016.. 85
- Figura 1: O comprimento e a largura da disseminação fungica a partir do ponto da inoculação de *Penicillium digitatum*. Foto: Kirinus, M.B.M.UFPel/2016..... 95

## Lista de tabelas

- Tabela 1 - Coloração ( $L^*$  e  $b^*$ ), sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) e ácido ascórbico ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) dos frutos de laranja 'Navelina' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 49
- Tabela 2 - Compostos fenólicos totais ( $\text{mg EAC } 100\text{g}^{-1}$ ) e capacidade antioxidante (DPPH,  $\mu\text{g TEAC g}^{-1}$ ) na polpa e casca dos frutos de laranja 'Navelina' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 49
- Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson ( $r$ ,  $p < 0,0001$ ) entre compostos fenólicos totais (fenóis) e capacidade antioxidante (DPPH) em frutos de laranja 'Navelina' em relação aos indutores de resistência selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI) aplicados na pré-colheita e submetidos ao armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 50
- Tabela 4 - Coloração ( $a^*$  e ângulo hue), pH, acidez titulável (% de ácido cítrico) e razão SS/AT dos frutos de laranja 'Navelina' sob efeito do armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 50
- Tabela 5 - Perda de massa fresca (%) e índice de podridões (%) de frutos da laranja 'Navelina' tratados na pré-colheita com indutores de resistência, safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 51
- Tabela 1 - Coloração ( $L^*$  e  $a^*$ ), acidez titulável (% de ácido cítrico), sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) e ácido ascórbico ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de frutos do tangor 'Ortanique' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 65
- Tabela 2 - Compostos fenólicos totais ( $\text{mg EAC } 100\text{g}^{-1}$ ) e capacidade antioxidante (DPPH,  $\mu\text{g TEAC g}^{-1}$ ) na polpa e casca de frutos do tangor 'Ortanique' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 66
- Tabela 3 - Coloração ( $b^*$  e Hue), pH e razão SS/AT de frutos do tangor 'Ortanique' sob efeito do armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 67
- Tabela 4 - Perda de massa fresca (%) e índice de podridões (%) de frutos do tangor 'Ortanique' tratados na pré-colheita com indutores de resistência, safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS. .... 67

Tabela 1 - Incidência (%) de *Penicillium digitatum* em laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ sem e com fermento, tratados na pré-colheita com diferentes indutores de resistência, nas safras de 2015 e 2016. Pelotas/RS ..... 97

Tabela 2 - Período latente em percentual do crescimento de *Penicillium digitatum* em frutos de laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ tratados na pré-colheita com indutores de resistência, inoculados através de fermento, nas safras 2015 e 2016. Pelotas/RS ..... 98

Tabela 3 - A taxa de expansão (r) e a severidade da lesão, área esporulante e severidade de esporos de *Penicillium digitatum* inoculados com fermento em laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’, tratadas com indutores de resistência na pré-colheita, nas safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 101

Tabela 4 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e área abaixo da curva de progresso dos esporos (AACPE) ocasionada por *Penicillium digitatum* em laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ com fermento, tratados na pré-colheita com diferentes indutores de resistência, nas safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS ..... 101

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	14
PROJETO DE PESQUISA .....	16
1 TÍTULO: A INFLUÊNCIA DA EMBALAGEM INTELIGENTE NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS NATIVAS DO BRASIL .....	16
2 RESUMO.....	16
3 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVAS .....	16
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
5 HIPÓTESES .....	21
6 OBJETIVOS.....	22
7 METAS.....	22
8 METODOLOGIA .....	23
1. EXPERIMENTO 1: A CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE NA PÓS-COLHEITA DE ARAÇÁ ( <i>PSIDIUM CATTLEIANUM</i> SABINE) SOBRE A INFLUÊNCIA DA EMBALAGEM INTELIGENTE .....	25
2. EXPERIMENTO 2: A CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE NA PÓS- COLHEITA DE BUTIÁ ( <i>BUTIA CAPITATA</i> L.) SOBRE A INFLUÊNCIA DA EMBALAGEM INTELIGENTE .....	26
3. EXPERIMENTO 3: A CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE NA PÓS-COLHEITA DE PITANGA ( <i>EUGENIA UNIFLORA</i> L.) SOBRE A INFLUÊNCIA DA EMBALAGEM INTELIGENTE .....	27
4. EXPERIMENTO 4: O POTENCIAL DO NARIZ ELETRÔNICO PARA MONITORAR A VIDA DE PRATELEIRA E A QUALIDADE DO FRESCOR DE FRUTAS EMBALADAS.....	28
9 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES DE PESQUISA .....	30
10 PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA .....	31
11 REFERÊNCIAS .....	33
RELATÓRIO DE CAMPO .....	38
ARTIGOS DESENVOLVIDOS .....	40
12 ARTIGO 1 - LARANJA ‘NAVELINA’ SUBMETIDA A INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA PRÉ-COLHEITA.....	40
12.1 RESUMO .....	40
12.2 INTRODUÇÃO .....	41
12.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	43
12.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
12.5 CONCLUSÕES .....	51
12.6 REFERÊNCIAS .....	51
13 ARTIGO 2 -INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA SISTÊMICA ADQUIRIDA EM TANGOREIRO ‘ORTANIQUE’ .....	55
13.1 RESUMO .....	56

<b>13.2 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>57</b>
<b>13.3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>58</b>
<b>13.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>61</b>
<b>13.5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>68</b>
<b>13.6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>68</b>
<b>14 ARTIGO 3 - INFLUÊNCIA DE INDUTORES DE REISTÊNCIA NO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DOS FRUTOS DO TANGOREIRO ‘ORTANIQUE’</b> .....	<b>72</b>
<b>14.1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>73</b>
<b>14.2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>75</b>
<b>14.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>78</b>
<b>14.4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>86</b>
<b>14.5 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>86</b>
<b>15 ARTIGO 4 - APLICAÇÃO DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA PRÉ-COLHEITA DE CITROS PARA O CONTROLE DE <i>PENICILLIUM DIGITATUM</i></b> .....	<b>90</b>
<b>15.1 RESUMO</b> .....	<b>91</b>
<b>15.2 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>92</b>
<b>15.3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>93</b>
<b>15.4 RESULTADOS DISCUSSÕES</b> .....	<b>96</b>
<b>15.5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>102</b>
<b>15.6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>102</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>105</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>106</b>



## Introdução geral

A fruticultura é uma atividade de extrema importância para o desenvolvimento do País, podendo elevar a participação das exportações do agronegócio brasileiro de 6,9% para 10% do comércio agrícola mundial nos próximos 10 anos (MAPA, 2016). Gerando cerca de 5,6 milhões de empregos no Brasil, aproximadamente 30% da mão de obra agrícola. Para cada US\$ 10 mil investidos na fruticultura tecnificada, são gerados, em média, três empregos diretos permanentes e dois indiretos. A área plantada atinge aproximadamente 2,03 milhões de hectares com uma produção frutícola de R\$ 59,6 bilhões toneladas (FAO, 2016). O Brasil possui excelente aptidão para a produção frutícola por apresentar clima tropical, subtropical ou temperado, não há fronteiras que impeçam a fruticultura nacional de avançar, em 2016 foram produzidas 43 milhões de toneladas de frutos (IBGE, 2016).

Estudos vêm sendo realizados para incentivar a produção através da diversificação do pomar, e de minimizar as perdas na produção frutícola, principalmente na pós-colheita, as quais que estão especialmente relacionadas com a perecibilidade das frutas e causam danos de grandes proporções. Principais causas destas perdas são resultantes de danos à cultura na produção, ocorridos durante a fase da colheita, somando-se aos danos ocorridos na pós-colheita, durante o transporte, armazenamento e comercialização do produto vendável (Chitarra e Chitarra 2005). Além das perdas vindas do manuseio dos frutos, as perdas ocasionadas por doenças de pós-colheita representam um dos principais obstáculos da citricultura mundial, uma vez que compromete a qualidade e quantidade dos frutos colhidos, principalmente por patógenos de pós-colheita, os quais são responsáveis por decréscimo significativo na produção de laranjas. (Uchôa et al., 2010). Os índices de perdas na fruticultura podem ultrapassar os 30% da produção (Hung et al., 2011), e na indústria perdas por contaminação de patógenos advindos da produção, são responsáveis por até 50% de perdas na produção (Forner et al., 2013).

Responsáveis por danos econômicos consideráveis, além de seu controle efetivo elevar o custo da produção, sabe-se que o uso de produtos químicos é intenso durante o ciclo vegetativo da cultura (Mio et al., 2014), demandando o uso sistemático de fungicidas, além de tornarem maiores gastos na produção, podem ocasionar a seleção de raças de patógenos resistentes, quando utilizados de forma inadequada, tornando o posterior manejo fitossanitário do pomar mais dificultoso.

A melhor solução de controle fitossanitário consiste na utilização de genótipos tolerantes ou resistentes, advindos de programas de melhoramento genético, em face da indisponibilidade de cultivares com tais parâmetros, que reduzem gastos e minimizam os problemas com o meio ambiente, causados pela utilização repetitiva e abusiva destes produtos, têm-se buscado outras alternativas para solucionar ou dirimir esses problemas.

Alternativas aplicáveis na pré e/ou pós-colheita como novas tecnologias existentes no tratamento de frutíferas a campo e/ou em seus frutos. A proteção dos frutos em embalagens geradoras de atmosfera modificada pode ser uma contribuição para redução de perdas na pós-colheita. Além da conservação por redução do metabolismo do amadurecimento (Demirtas; Tuzkaya, 2012). Tem-se, desta maneira, uma alternativa viável para aumentar a vida pós-colheita das frutas até a sua comercialização.

Sabe-se que a resistência sistêmica adquirida é um mecanismo de defesa natural das plantas, que, após ser induzido, pode conferir longa duração na proteção contra um amplo espectro de microorganismos, se tornando uma alternativa para o controle das perdas na produção (Van Loon et al., 2006). Plantas sensíveis podem adquirir maior capacidade de defesa contra ataques subsequentes de patógenos, a partir de infecção primária, limitada a um patógeno ou a partir do tratamento com indutores de resistência (Barilli et al., 2010; Okushima et al., 2000).

Neste projeto, leva-se em consideração que a ocorrência de doenças é um dos principais fatores responsáveis por grandes perdas na produção em todas as regiões do País, principalmente na região Sul, onde a quantidade de chuvas geralmente é alta. Aliada à preocupação do ser humano em relação ao consumo de frutas sadias, devido ao uso impróprio de produtos químicos na pré e pós-colheita.

## Projeto de Pesquisa

### 1 Título: A Influência da embalagem inteligente na qualidade pós-colheita de frutas nativas do Brasil

#### 2 Resumo

Os parâmetros físico-químicos e a estabilidade dos fitoquímicos são uma característica extremamente desejável em alimentos. Ao adquirir um produto, o consumidor deseja que ele mantenha a sua qualidade pelo maior tempo possível, tanto do ponto de vista sensorial, quanto do microbiológico. Frutas, após sua colheita, apresentam muitas perdas devido ao transporte e estocagem inadequados. O armazenamento e a conservação de frutas permitem estender a oferta do produto no mercado consumidor, de forma a atender a demanda por um maior período após a colheita. São vários os métodos utilizados para a conservação de alimentos, tais como: resfriamento, congelamento, tratamento térmico, embalagem com atmosfera modificada, entre outros; a escolha do método ou a junção deles dependerá das propriedades do alimento e viabilidade econômica. Além dos métodos citados existem os sistemas inteligentes de regulação dos teores de gases, que apresentam grande potencial de utilização no Brasil. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito do armazenamento em embalagem inteligente, com membrana seletiva, na conservação pós-colheita de diferentes frutas, tais como pitanga (*Eugenia uniflora* L.), araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) e butiá (*Butia capitata*), experimento pioneiro no Brasil com este tipo de embalagem. Como variáveis dependentes, serão avaliadas a coloração da polpa das frutas (L e H°), o teor de sólidos solúveis totais, a acidez total titulável, a firmeza e a textura de polpa, o teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante podridões e defeitos fisiológicos (% de frutas afetadas). Também serão avaliados os compostos voláteis de frutas ainda não definidas, através da utilização do nariz eletrônico, pois ainda não foi realizado acordo com a Universidade de Roma, submetidas à embalagem inteligente. Os tratamentos a serem realizados em diferentes pontos de maturação serão estabelecidos em câmaras frias a 4 °C (tratamento 1), 8 °C (tratamento 2) e a 20°C (tratamento 3) em três épocas de armazenamento, 10 (E1); 20 (E2) e 30 dias (E3), e 85 a 90% de umidade relativa (UR), levando em consideração a perecibilidade de cada fruta. Em testes preliminares a temperatura e a época de armazenamento poderá ser alterada, para abranger a total viabilidade da embalagem.

**Palavras-chave:** fruta, conservação, embalagem inteligente, membrana seletiva;

#### 3 Antecedentes e Justificativas

Atualmente, há uma constante e crescente preocupação da população em manter uma alimentação saudável, seja por estilo de vida, saúde ou bem estar, levando ao aumento do consumo de alimentos frescos. E para manter as características organolépticas e nutraceuticas ideais de frutas, as mesmas devem ser colhidas no ponto ideal de maturação e adequadamente conservadas, havendo a disponibilidade de consumo por um maior período de tempo. O ponto de colheita adequado é importante para atingir a máxima qualidade pós-colheita, e está

relacionado com o destino que se deseja dar à fruta colhida, ou seja, frutas colhidas em estádios menos avançados de maturação preservam a firmeza de polpa, mas apresentam uma baixa qualidade sensorial. Por outro lado, frutas colhidas tardiamente, melhoram a qualidade sensorial, porém, reduzem o período de conservação (Drogoudi; Pantelidis, 2011).

Aumentar a vida útil das frutas é o principal objetivo dos fisiologistas na pós-colheita, e o estudo dos problemas existentes compreende o conhecimento dos componentes que atuam no sistema, suas influências e as inter-relações entre eles. As perdas na pós-colheita estão especialmente relacionadas com a perecibilidade das frutas e atingem valores altos. Estimativas mostram que os índices de perdas podem alcançar cifras da ordem de 30% ou mais da produção (Hung et al., 2011).

Dentre as principais causas de perdas, segundo os autores Chitarra e Chitarra (2005) pode-se citar a falta ou o atraso de comercialização ou do consumo do produto em tempo hábil; ou seja, resultante de danos à cultura, ocorridos após a sua colheita, acumulada desde o local da produção, somando-se aos danos ocorridos durante o transporte, armazenamento, processamento e/ou comercialização do produto vendável.

Na última década a utilização de tecnologias emergentes, tais como irradiação ultravioleta (UV-C), revestimentos comestíveis, embalagens ativas e aditivos naturais, com a finalidade de aumentar a vida de pós-colheita das frutas, minimizando assim as perdas pós-colheita (González-Aguilar et al., 2010).

Uma outra forma para minimizar estas perdas é a proteção das frutas em embalagens de filmes flexíveis e com membrana seletiva, geradores de atmosfera modificada, podem ser uma contribuição para redução de perdas na pós-colheita. Além da conservação por redução do metabolismo do amadurecimento, principalmente devido aos efeitos de atmosfera modificada (Demirtas; Tuzkaya, 2012). Tem-se, desta maneira, uma alternativa viável para aumentar a vida pós-colheita das frutas até a sua comercialização.

## **4 Revisão Bibliográfica**

### **4.1 Culturas Frutíferas**

A escolha das culturas frutíferas para este projeto levou em consideração o consumo de frutas com alto conteúdo de nutrientes vitais para manter a longevidade humana. Além dos nutrientes essenciais, a maioria das frutas possui consideráveis quantidades de minerais, fibras, vitaminas e compostos fitoquímicos secundários. Evidências crescentes mostram a

importância desses micronutrientes para a saúde humana (Obon et al., 2011; Rufino et al., 2010; Sousa et al., 2012). Dietas ricas em fitoquímicos como os carotenóides e compostos fenólicos, têm sido associadas na redução de doenças, tais como certos tipos de câncer, inflamações, catarata, degeneração macular e doenças neurodegenerativas e cardiovasculares, (Bueno et al., 2012; Sergent et al., 2010; Snyder et al., 2011).

O Brasil possui um grande número de espécies nativas com potencialidade para o mercado nacional e internacional. Essas espécies apresentam frutas com qualidades terapêuticas, organolépticas e nutricionais tais que, se fossem estudados tecnologicamente para aumentar a viabilidade pós-colheita nas formas simples ou combinadas, poderiam ser transformados em boas fontes de alimentos funcionais, diversificando o paladar, gerando novos produtos e agregando valor. Essas frutas representam uma oportunidade para os produtores e mercados especiais, tendo com ênfase o exótico, rico em nutrientes capazes de prevenir doenças degenerativas (Ayala-Zavala et al., 2011). O Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Clima Temperado do Rio Grande do Sul, Brasil, na década de 80, começou as pesquisas com frutas nativas e com diversas variedades de araçá e pitanga e, posteriormente, de butiá (Raseira et al., 2004; Embrapa, 2014). Atualmente, existem cerca 150 seleções de araçá e mais de 200 de pitanga, e entre dois e três anos, há possibilidade de lançamento de mais duas novas cultivares de pitanga e uma de araçá. Além do melhoramento o sistema de produção e condução destas plantas também esta sendo estudado e melhorado. Variedades de butiá e de outras culturas também fazem parte das linhas de pesquisa em Fruticultura da Embrapa (Embrapa, 2014).

#### **Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine)**

É uma fruta nativa da costa atlântica do Brasil, pertencente à família Myrtaceae, e suas frutas inexploradas possuem alto potencial de comercialização. Plantas de *P. cattleianum* podem, facilmente, adaptar-se a uma variedade de climas e têm sido cultivadas em muitos países de climas tropicais, como o Havaí e muitas ilhas do Caribe (Biegelmeier et al, 2011; Patel, 2012), mas também podem ser encontradas em diversos outros países.

As frutas de *P. cattleianum* tem polpa branca e gosto doce-acidulado, ricas em vitamina C, e contém uma grande quantidade de compostos fenólicos, tais como epicatequina e ácido gálico, como componentes principais (Medina et al., 2011). É descrita como sendo mais aromática que a goiaba comum, a qual pertence à mesma família botânica (Mc Cook-Russell et al, 2012). Suas frutas são consumidas *in natura*, e também servem para o preparo de diversos tipos de doces, sucos e licores. Embora muito apreciada pelas populações locais, a

espécie ainda não teve seu potencial econômico devidamente explorado. Normalmente as frutas são coletadas de forma extrativista em ambientes naturais ou de pequenos pomares domésticos sendo comercializadas apenas ocasionalmente e quase totalmente de maneira informal. Estudos recentes mostraram que os extratos de araçá, potencialmente, reduzem a metástase de células cancerígenas, como por exemplo no pulmão (Im et al., 2012; Jun et al., 2011), além de apresentarem atividade antioxidante, antimicrobiana e antiproliferativa correlacionados com altos níveis de compostos fenólicos (Medina et al., 2011). Dentre as limitações que impedem a inserção das frutíferas nativas na matriz agrícola estão a falta de conhecimento sobre sua produtividade, o armazenamento e comercialização, principalmente nos primeiros anos de cultivo, já que o desenvolvimento lento das plantas produzidas por sementes retarda o início da produção. A reprodução vegetativa, embora já tenha sido estudada, teve poucos resultados no araçá, assim como na maioria das Mirtáceas.

### **Butiá (*Butia capitata* L.)**

É uma fruta nativa do cerrado brasileiro (Moura et al., 2010), pertencente a família Arecaceae que compreende aproximadamente 189 gêneros e 2.361 espécies, apresenta distribuição predominantemente pantropical, sendo que alguns gêneros e espécies são adaptados a climas subtropicais ou temperados (Dransfield et al., 2008; Noblick; Lorenzi, 2010). O butiá é nutricionalmente rico em carotenóides (Faria et al., 2011), ácidos graxos (Lopes et al., 2012), minerais, ácido ascórbico e compostos fenólicos (Faria et al., 2008). A produção é destinada para a produção de polpa, sucos, gelados e licores (Moura et al., 2010; Nunes et al., 2010; Lopes et al., 2012), bem como para o consumo *in natura*. Sua composição química depende da espécie, das condições agrícolas, do meio ambiente e do estágio de maturação das frutas (Amira et al., 2011), sendo assim a composição de produtos voláteis pode mudar em diferentes fases de maturidade que as frutas são colhidas. A maturação ocorre principalmente no verão. O período de colheita é de suma importância para determinar a qualidade tecnológica, nutricional e sensorial dos butiás, como se observa na literatura para a espécie *B. capitata* e *B. eriospatha* (Sganzerla, 2010). As condições de pós-colheita e o período de armazenamento também podem influenciar diretamente na composição química de substâncias voláteis (Pennazza et al., 2013). Tendo em vista sua importância econômica e nutricional, as limitações encontradas em sua cadeia produtiva devem ser solucionadas, devido ao fato de ser uma cultura emergente no Brasil.

### **Pitanga (*Eugenia uniflora* L.)**

A *E. uniflora* L., conhecida como pitangueira ou cerejeira brasileira, é uma árvore perene, pertencente a família Myrtaceae, nativa da América do Sul (Auricchio; Bacchi, 2003), amplamente distribuída no Brasil, ocorrendo desde o Ceará até o Rio Grande do Sul (Consolini; Sarubbio, 2002). Algumas formas silvestres são também encontradas na Argentina e no Uruguai. O valor nutricional da pitanga é relevante, uma vez que as frutas possuem altas concentrações de cálcio, fósforo, pró-vitamina A, vitamina C e compostos fenólicos (antocianinas e carotenóides) (Lopes Filho et al., 2008; Rufino et al., 2010). Apresentam propriedades farmacológicas, devido aos altos teores de compostos fenólicos em suas sementes (Luzia et al., 2010; Oliveira et al., 2014) e polpa, também conhecidos como polifenóis, que são considerados antioxidantes naturais, sendo de grande importância como compostos bioativos nos alimentos (Rattmann et al., 2012) os quais agem de forma eficiente na prevenção de certas doenças nos seres humanos (Cartea et al., 2011). Além disso, há o potencial de uso da polpa para subprodutos, com a finalidade de isolar fitoquímicos específicos para aplicação em suplementos nutracêuticos, aditivos alimentares, novos alimentos e produtos farmacêuticos, contribuindo para a recuperação de resíduos do processo agroindustrial e de impacto ambiental (Ayala-Zavala et al., 2011).

São escassos os estudos avaliando diferentes espécies de maracujá em regiões consideradas marginais em função do frio no inverno e menor acúmulo térmico.

#### **4.2 Embalagem**

Durante a última década, atividades de investigação têm sido focadas sobre a aplicação de tecnologias de armazenamento pós-colheita, para estender a vida útil, mantendo o frescor da fruta recém colhida (Erkan; Kader, 2012).

As perdas elevadas na pós-colheita juntamente com um mercado com alta demanda de frutas frescas exige o desenvolvimento de várias tecnologias de armazenamento para preservar a mercadoria em condições aceitáveis por longos períodos (Mangaraj; Goswami, 2009; Mangaraj et al., 2010).

A embalagem com atmosfera modificada (MAP - Modified atmosphere packaging) tem uma grande vantagem em países em desenvolvimento, por ser economicamente viável, podendo ser feita na propriedade, reduzindo os custos com equipamento (Mangaraj; Goswami, 2011<sup>a,b</sup>). A atmosfera da MAP que circunda em torno da fruta proporciona uma redução na taxa de respiração e na produção de etileno, bem como da atividade enzimática, variando estes índices de acordo com a fruta armazenada (Calebe et al., 2012).

A grande diversidade de frutas existentes e a possibilidade de serem colocadas nas embalagens (MAP) proporciona comportamentos distintos, pois, quando expostas a um ambiente dinâmico, cada embalagem deve ser otimizada a fim de atender demandas específicas de cada espécie. Por isso, é essencial a realização de estudos detalhados e sistemáticos, para obter sucesso em estender o prazo de validade, mantendo o frescor das frutas (Montanez et al., 2010).

A MAP é selada, e a respiração do produto ocorre por pressão parcial através da película e sua permeabilidade. Considerando um período transitório e uma dada temperatura, as taxas de consumo de O<sub>2</sub> e a produção de CO<sub>2</sub>, dependem do metabolismo da fruta embalada (Mangaraj et al., 2012).

Para os autores Gunes e Kirkin (2012) a MAP altera a composição de gases em torno do produto alimentar, a fim de inibir o crescimento microbiano, diminuir a degradação da qualidade e aumentar a vida de prateleira. Também pode impedir a perda de peso e a murcha das frutas, juntamente com o armazenamento a frio (Ghafir et al., 2010).

A embalagem inteligente segundo Han (2005) é um pacote que pode detectar mudanças ambientais, através de um dispositivo colocado na embalagem, podendo ou não possuir sensores que informam aos usuários as mudanças ocorridas através de indicadores. Estes indicadores são chamados de inteligentes ou interativos, porque interagem com os compostos do alimento. Com a demanda global para o uso de materiais reciclados, reduzindo os resíduos, as embalagens dos alimentos estão adotando tecnologias para rastrear as embalagens reutilizáveis ou devolvidas. Podendo apresentar chip com memória (Tags) na embalagem que armazenam informações do produto alimentício, como um mecanismo de rastreabilidade do mesmo, evitando assim falsificação e proporciona a inviolabilidade do produto, permitindo aumentar a capacidade de rastrear os produtos durante as diferentes fases de distribuição (Restuccia et al., 2010).

## **5 Hipóteses**

- Embalagem com membranas seletivas preservam a qualidade físico-química e sensorial das frutas de araçá, butiá e pitanga.
- As embalagens com membrana seletiva aumentam o período de armazenamento das frutas, bem como mantém a qualidade das mesmas.

- O armazenamento a temperaturas mais baixas (-1°C), juntamente com a utilização da embalagem, é mais eficaz na conservação da qualidade das pesquisadas do que a 4°C e 8°C.
- As frutas colhidas no primeiro estágio de maturação se mantêm integras por maiores períodos de armazenamento.
- As características de qualidade das frutas decaem conforme aumenta-se tempo de armazenamento.

## 6 Objetivos

### Objetivo Geral

Determinar o efeito da técnica de embalagem inteligente nos atributos de qualidade, decadência e distúrbios fisiológicos das frutas de araçá, butiá e pitanga, nativas do Brasil durante o armazenamento, a temperatura ambiente e sob refrigeração.

### Objetivos específicos

- Reduzir a deterioração das frutas estendendo a vida de prateleira;
- Conservar os atributos de fruta fresca (visual, gosto, sabor, aroma, entre outros), através de avaliação sensorial;
- Avaliar os benefícios potenciais da embalagem inteligente em termos da vida de prateleira das frutas;
- Determinar o aspecto visual e o frescor das frutas embaladas, contrastando-a com o tempo de armazenamento;
- Determinar o melhor ponto de colheita das frutas;
- Determinar a melhor temperatura, bem como o período ideal de armazenamento;
- Avaliar se as frutas estão microbiologicamente seguras;
- Avaliar a potencialidade da embalagem inteligente na manutenção do teor de compostos bioativos e voláteis;

## 7 Metas

Avaliar e definir o ponto ideal de maturação para as três espécies frutíferas;

Avaliar e definir a temperatura ideal de armazenamento das três espécies frutíferas embaladas com atmosfera modificada;

Avaliar e definir o período viável de armazenamento;

Avaliar e definir a potencialidade do nariz eletrônico sobre a utilização de embalagens inteligentes;

Publicar pelo menos três artigos sobre as diferentes espécies frutíferas;

## 8 Metodologia

### **Delineamento experimental**

O delineamento experimental a ser utilizado é completamente casualizado, em esquema trifatorial com cinco repetições. O fator A será composto por períodos de armazenamento em câmara fria simulando a vida de prateleira (0, 10, 20 e 30 dias), o fator B por pontos de maturação (fruta esverdeada (1), fruta semi-madura (2) e fruta madura (3)) e, o fator C por temperaturas de armazenamento (T1: controle, temperatura ambiente; T2: temperatura 0°C; T3: temperatura 4°C; T4: temperatura 8°C). Os dados obtidos serão analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, à homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos deverá ser verificada graficamente. Posteriormente serão submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância, os efeitos dos tratamentos serão analisados por intervalo de confiança. As diferenças entre os tratamentos serão consideradas significativas, quando não houver sobreposição entre os intervalos de confiança a 95% de probabilidade. A presença de correlações entre as variáveis dependentes do estudo será analisada através do coeficiente de correlação de Pearson.

### **Análises Físico-químicas e Fitoquímicas**

Perda de massa fresca das frutas será determinada pela pesagem das embalagens em balança analítica, considerando a massa inicial de cada amostra, com os resultados expressos em percentagem.

A respiração será determinada a partir de uma curva obtida pela avaliação das frutas a cada intervalo de 10 dias. A determinação da taxa de respiração será realizada através de respirômetro, pela medida de CO<sub>2</sub> liberado, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth et al. (1976). A taxa de respiração medida em respirômetro será calculada pela seguinte fórmula:

$$TCO_2 = [2.2 \times (A - B) \times V1] / (P \times T \times V2)$$

Onde:

TCO<sub>2</sub> = Taxa de respiração em mL de CO<sub>2</sub>. Kg de fruta<sup>-1</sup>. hora<sup>-1</sup>;

B = Volume gasto em mL de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio padrão antes da absorção de CO<sub>2</sub>;

A = Volume gasto de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio após a absorção de CO<sub>2</sub> da respiração;

V1 = Volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO<sub>2</sub> (mL);

P = Peso das frutas (kg);

T = Tempo das reações metabólicas (1 hora);

V2 = Volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação (mL);

2.2 = Devido ao equivalente de CO<sub>2</sub> (44/2) multiplicado pela concentração do ácido clorídrico a 0,1N.

A coloração da polpa, será mensurada com colorímetro Minolta CR-300, com sistema de leitura CIE L\* a\* b\*, proposto pela *Comission Internationale de l'Eclairage* (CIE), e o matiz ou tonalidade cromática representado pelo ângulo Hue (H°), através da fórmula arco tangente b\*/a. O resultado desta equação, expresso em radianos, será então convertido em graus, conforme Minolta (1994).

A firmeza da polpa será mensurada utilizando texturômetro (Texture Analyzer, TA.XT plus®, Stable Micro Technologies Texture Systems) com ponteira de 2 mm (TA 9/1000), penetração de 50% e velocidade de 1 mm/seg a 2 mm/seg. Serão utilizadas 15 frutas de cada unidade experimental, serão realizadas duas leituras em lados opostos de cada fruta. Os resultados serão expressos em Newton (N) (Severo et al., 2011).

Para acidez total titulável (ATT), serão utilizadas 10 mL de polpa triturada das frutas adicionada a 90 mL de água destilada. A titulação da amostra será feita com o auxílio de uma bureta digital, Brand®, contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N até atingir o ponto de viragem (pH 8,1). A acidez titulável será expressa em gramas de ácido cítrico.100g<sup>-1</sup> de polpa (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O teor de sólidos solúveis totais será quantificado com um refratômetro digital manual, ATAGO, modelo PAL-1, que consiste em medir o índice de refração da amostra e o resultado será expresso em ° Brix (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

A análise do teor de antocianinas totais será realizada através de espectrofotometria, de acordo com metodologia de Severo, et al. (2011). Cinco gramas de polpa serão suspensos em 15 mL de etanol ácido (0,01% HCl) e centrifugados a 4.000 RPM, à temperatura de 4 °C por 15 minutos. Um mililitro do sobrenadante será retirado e adicionado a 11,5 mL de etanol acidificado, se repousa as amostras no escuro por 30 minutos e então as leituras serão

realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 520 nm. O teor de antocianinas será expresso em mg de cianidina-3-glucoside por 100 g de fruta fresca.

O teor de ácido ascórbico será quantificado pelo método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilidrazina, utilizando 5g de amostra, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), e os resultados, serão expressos em mg de ácido ascórbico.100<sup>-1</sup>g de polpa.

Os compostos fenólicos serão quantificados utilizando o reagente Folin-Ciocalteu conforme o protocolo descrito por Swain e Hillis (1959), modificado. . Para extração, serão utilizados 5 g de amostra (polpa) com 20 mL de metanol (P.A.), trituradas em Ultraturrax®, centrifugadas em centrífuga Jouan® modelo CR 4.11 refrigerada à 4° C por 15 minutos a 4.000 rpm ( $\pm$  6.000g). O sobrenadante será separado em eppendorf e armazenado em freezer (-18 - -22°C). Para composição das amostras que serão levadas para leitura em espectrofotômetro serão utilizados 70  $\mu$ L desse sobrenadante e adicionados a ele 180  $\mu$ L de metanol (P.A.), 4000  $\mu$ L de água deionizada e 250  $\mu$ L de Folin-Ciocalteu. Após 3 minutos, a solução será neutralizada com 500  $\mu$ L de solução de carbonato de sódio e as amostras serão mantidas no escuro por 2 horas. A leitura da absorbância será realizada em espectrofotômetro Genesys® 10 UV/Vis a 725 nm. Ácido gálico será usado para construir uma curva padrão, os resultados serão expressos em equivalente de ácido gálico por 100 g de fruta fresca.

A atividade antioxidante será determinada através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Brand-Williams et al. (1995). Esse método é baseado na captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm. A extração foi aquela a utilizada para os compostos fenólicos totais. Para a leitura retiraram 40  $\mu$ L do sobrenadante e a eles adicionados 160  $\mu$ L de metanol (P.A.) e 3800  $\mu$ L de DPPH diluído. Após 24 horas, foi realizada a leitura em espectrofotômetro Genesys® 10 UV/Vis a 515 nm, e os resultados foram expressos em  $\mu$ g Trolox.g<sup>-1</sup> de fruta. (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-ácido carboxílico), que consiste de um antioxidante sintético de referência.

## **1. Experimento 1: A caracterização da qualidade na pós-colheita de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) sobre a influência da embalagem Inteligente**

### **1.1. Material e métodos**

#### **1.1.1. Material**

Frutas de araçá serão provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa Clima Temperado de pomares produzidos em sistema convencional, situados a uma latitude de 31° 42' S, longitude de 52° 24' e altitude de 57m. Em seguida acondicionados em caixas previamente preparadas para minimizar danos mecânicos do transporte até o laboratório de Fruticultura da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (LabAgro), pertencente à Universidade Federal de Pelotas.

### **1.1.2. Métodos**

As frutas deverão ser colhidas nas safras 2014/2015 e 2015/2016, colhidas em diferentes pontos de maturação (frutas esverdeadas, semi-maduras e maduras), será realizada uma seleção prévia para a retirada das frutas com injúrias e atacadas por patógenos. Cada embalagem deverá conter 50 a 100 frutas. Primeiramente serão lavadas e sanitizadas com hipoclorito de sódio a 200ppm, tendo como finalidade evitar possíveis contaminações cruzadas, secadas com ar forçado, e embaladas e seladas. Posteriormente sofrerão os seguintes tratamentos com diferentes temperaturas como 1°C, 4°C, 8°C e temperatura ambiente, durante os períodos de armazenamento de 0, 10, 20 e 30 dias, com umidade relativa de 85 a 95%.

As análises a serem realizadas a cada período de armazenamento serão: perda de massa, taxa de respiração, coloração do polpa ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), firmeza da polpa, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, antocianinas totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Conforme as metodologias já mencionadas.

Após as análises os dados serão tabulados, sendo que o delineamento experimental e a análises estatística deverá ser realizada como já foi mencionado.

## **2. Experimento 2: A caracterização da qualidade na pós- colheita de butiá (*Butia capitata* L.) sobre a influência da embalagem inteligente**

### **2.1. Material e métodos**

#### **2.1.1. Material**

Frutas de butiá provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa Clima Temperado de pomares produzidos em sistema convencional, situados a uma latitude de 31° 42' S, longitude de 52° 24' e altitude de 57m. Em seguida acondicionados em caixas previamente preparadas para minimizar danos mecânicos do transporte até o laboratório de Fruticultura da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (LabAgro), pertencente à Universidade Federal de Pelotas.

### **2.1.2. Métodos**

As frutas deverão ser colhidas nas safras 2014/2015 e 2015/2016, e em diferentes pontos de maturação (frutas esverdeadas, semi-maduras e maduras), será realizada uma seleção prévia para a retirada das frutas com injúrias e atacadas por patógenos. Cada embalagem deverá conter 50 a 100 frutas. Primeiramente serão lavadas e sanitizadas com hipoclorito de sódio a 200ppm, tendo como finalidade evitar possíveis contaminações cruzadas, secadas com ar forçado, e embaladas e seladas. Posteriormente sofrerão os seguintes tratamentos com diferentes temperaturas como 1°C, 4°C, 8°C e temperatura ambiente, durante os períodos de armazenamento de 0, 10, 20 e 30 dias, com umidade relativa de 85 a 95%.

As análises a serem realizadas a cada período de armazenamento serão: perda de massa, taxa de respiração, coloração do polpa ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), firmeza da polpa, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, antocianinas totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Conforme as metodologias já mencionadas.

Após as análises os dados serão tabulados, sendo que o delineamento experimental e a análise estatística deverá ser realizada como já foi mencionado.

## **3. Experimento 3: A caracterização da qualidade na pós-colheita de Pitanga (*Eugenia uniflora* L.) sobre a influência da embalagem inteligente**

### **3.1. Material e métodos**

#### **3.1.1. Material**

Frutas de pitanga (Pit 136) serão provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa Clima Temperado de pomares produzidos em sistema convencional, situados a uma latitude de 31° 42' S, longitude de 52° 24' e altitude de 57m. Em seguida acondicionadas em caixas previamente preparadas para minimizar danos mecânicos do transportados até o laboratório de Fruticultura da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (LabAgro), pertencente à Universidade Federal de Pelotas.

#### **3.1.2. Métodos**

As frutas deverão ser colhidos nas safras 2014/2015 e 2015/2016, em diferentes pontos de maturação (frutas alaranjadas, vermelho-claras e vermelho-escuras), será realizada uma seleção prévia para a retirada das frutas com injúrias e atacadas por patógenos. Em cada embalagem deverá conter 50 a 100 frutas. Primeiramente serão lavadas e sanitizadas com

hipoclorito de sódio a 200ppm, tendo como finalidade evitar possíveis contaminações cruzadas, secadas com ar forçada, e embaladas e seladas. Posteriormente sofrerão os seguintes tratamentos com diferentes temperaturas como 1°C, 4°C, 8°C e temperatura ambiente, durante os períodos de armazenamento de 0, 10, 20 e 30 dias, com umidade relativa de 85 a 95%.

As análises a serem realizadas a cada período de armazenamento serão: perda de massa, taxa de respiração, coloração do polpa ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), firmeza da polpa, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, antocianinas totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Conforme as metodologias já mencionadas.

Após as análises os dados serão tabulados, sendo que o delineamento experimental e a análise estatística deverá ser realizada como já foi mencionado.

#### **4. Experimento 4: O potencial do nariz eletrônico para monitorar a vida de prateleira e a qualidade do frescor de frutas embaladas**

##### **4.1. Material e métodos**

O grau de maturação da fruta é geralmente determinada por uma combinação de parâmetros de qualidade e quantidade que determinam a aparência, densidade, o sabor e fragrância. As alterações fisiológicas ditadas pelo metabolismo, e que conduzem os parâmetros de maturação são parcialmente mensuráveis porque giram em torno de um número de características bioquímicas, o que torna mais complexo a análise da qualidade total da fruta. Nos últimos anos, inúmeras pesquisas têm sido dirigidas para a análise de parâmetros da fruta usando métodos não destrutivos, mas atualmente nenhum método parece ser capaz de fornecer todas as informações necessárias para caracterizar a qualidade da fruta. Com isso o nariz eletrônico passa a ser uma alternativa, pois é a fusão de diferentes sensores, os quais informam as concentrações de gases no entorno do fruto, simulando um nariz humano, podendo vir a ser um método promissor para a previsão dos parâmetros de maturação e de qualidade (Hartyáni et al., 2013; Xiong et al., 2014). Neste experimento o objetivo é investigar o potencial do nariz eletrônico (sensor olfativo artificial) para o monitoramento do tempo de armazenamento viável e a qualidade do frescor de diferentes cultivares, por intermédio de um acordo a ser realizado entre a Universidade Federal de Pelotas com a Universidade de Roma Tor Vergata.

##### **4.1.1. Material**

Cultivares frutíferas ainda não estão definidas, serão provenientes de um produtor idôneo da região de Roma na Itália, total de 20 a 50 frutas por tratamento. Em seguida acondicionadas em caixas previamente preparadas para minimizar danos mecânicos do transporte até o laboratório da Universidade de Roma Tor Vergata em Roma na Itália.

#### **4.1.2. Métodos**

As frutas deverão ser colhidas na safra de 2016, em diferentes pontos de maturação, será realizada uma seleção prévia para a retirada das frutas com injúrias e atacadas por patógenos. No laboratório de pós-colheita da Universidade de Roma Tor Vergata, as frutas primeiramente serão lavadas e sanitizadas com hipoclorito de sódio a 200ppm, tendo como finalidade evitar possíveis contaminações cruzadas, secadas com ar forçado, embaladas com MAP e seladas. Posteriormente sofrerão os seguintes tratamentos com diferentes temperaturas ainda não estipuladas e temperatura ambiente, durante os períodos de armazenamento em dias, dependendo da perecibilidade da fruta estudada, com umidade relativa de 85 a 95%.

Os compostos voláteis serão estudados pelo nariz eletrônico, que simula o sistema olfativo humano. Basicamente este aparelho consiste em uma série de sensores químicos com gás eletrônico, cada um mostrando uma resposta distinta aos compostos voláteis que são liberados pela fruta em estudo (Pan et al., 2014; Peris; Escuder-Gilabert, 2009).

As análises a serem realizadas a cada período de armazenamento serão: perda de massa, taxa de respiração, coloração da polpa ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), firmeza da polpa, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, antocianinas totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Conforme as metodologias já mencionadas.

Após as análises, os dados serão tabulados, sendo que o delineamento experimental e as análises estatísticas deverão ser realizados como já foi mencionado.



## 10 Previsão Orçamentária

### 10.1 – Materiais de Consumo:

<b>Descrição</b>	<b>Um.</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Preço unit (R\$)</b>	<b>Custo total(R\$)</b>
Botas de borracha	Um.	1	50,00	50,00
Material de escritório	Um.		500,00	500,00
Material de laboratorio geral	Um.		2000,00	2000,00
Embalagem Inteligente	Um.	400	8,00	3200,00
Combustível e lubrificantes	Um.		3500,00	3500,00
Etiquetas de identificação	Um.		200,00	200,00
Tinta para impressora	Um.	2	25,00	50,00
Folhas A4	Um.	200	0,026	5,20
Compra de frutas	Kg	400	2,00	800,00
<b>Subtotal</b>				<b>9.805,20</b>

<b>Reagentes</b>	<b>Um.</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Preço unit (R\$)</b>	<b>Custo total(R\$)</b>
Ácido Clorídrico	L	4	24,00	96,00
Ácido Gálico	250g	2	104,85	209,07
Ácido Metafosfórico	Kg	5	961,50	4807,50
Álcool	L	20	3,70	74,00
Álcool Metílico	L	200	14,10	2820,00
Carbonato de Sódio	Kg	2	26,50	53,00
Etanol	L	10	15,50	155,00
Folin-Cioclatau 1N	L	2	757,55	1515,10
Fenol	Kg	4	50,00	200,00
Hidróxido de Potássio	Kg	15	51,95	779,25
Hidróxido de Sódio	Kg	15	42,35	635,25
Sulfato de Sódio	L	10	18,20	182,00
2,2 difeni 1 Picrilhidrazil	5g	3	544,80	1634,40
2,4 dinitrofenilidrazina	100g	2	537,90	1075,80
<b>Subtotal</b>				<b>14.235,97</b>

**10.2 - Material Permanente Disponível**

<b>Descrição</b>	<b>Un.</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Preço unit (R\$)</b>	<b>Custo total(R\$)</b>
<b>a) Material Permanente disponível</b>				
Balança digital	Un.	1	1300,00	1300,00
Texturômetro	Un.	1	300.000,00	300.000,00
Tubos Falcom de 50mL	50	8	20,50	164,00
Tubos Falcom de 15mL	50	8	17,40	139,20
Mapa-Pak (medidor de gases)	Un.	1	10.912,00	10.912,00
Peagametro digital	Un.	1	19.000,00	17.778,73
<b>Subtotal</b>				<b>319.381,93</b>

**10.3 – Outros Serviços**

<b>Descrição</b>	<b>Un.</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Preço unit (R\$)</b>	<b>Custo total(R\$)</b>
Fotocópias	Un.	200	0,10	20,00
Passagem aérea para congresso	Un.	2	1000,00	2000,00
Diárias nacionais	Un.	20	180,00	3600,00
Manutenção de área experimental	Un.		4500,00	4500,00
Inscrição em eventos científicos	Un.	2	300,00	600,00
<b>Subtotal</b>				<b>10.720,00</b>

**10.4- Custo Total**

<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Material de consumo <sup>a</sup>	24.041,17
Material de permanente	319.381,93
Outros serviços <sup>b</sup>	10.720,00
Imprevistos (10% do <sup>a</sup> e <sup>b</sup> )	3.476,12
<b>Total</b>	<b>357.619,22</b>

## 11 Referências

- Abedini, S.; Kaku, M.; Kawata, T.; Koseki, H.; Kojima, S.; Sumi, H.; Motokawa, M.; Fujita, T.; Ohtani, J.; Ohwada, N.; Tanne, K.. Effects of cryopreservation with a newly developed magnetic field programmed freezer on periodontal ligament cells and pulp tissues, **Journal Cryobiology**, v. 62, p. 181–187, 2011.
- Amarante, C., V., T., Steffens, C., A., Espindola, B., P., Preservação da qualidade pós-colheita de Araçá-vermelho através do tratamento com 1-metilciclopropeno e do acondicionamento em embalagens plásticas, sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 969-976, 2009.
- Amira, E. A.; Guido, F.; Behija, S. E.; Manel, I.; Nesrine, Z.; ALI, F.; Mohamed, H.; Nouredine, H. A.; Lotfi, A. Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1744-1754. 2011.
- Amissah, J.G.N.; Hotchikiss, J.H.; Watkins, C.B. Diphenylamine and pre-slicing storage effects on the responses of apple slices to elevated CO<sub>2</sub> atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39; p. 178–184, 2006.
- Auricchio, M. T.; Bacchi, E. M. Folhas de Eugenia uniflora L. (pitanga): propriedades farmacobotânicas, químicas e farmacológicas, **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, p. 55–61, 2003.
- Ayala-Zavala, J. F.; Veja-Vega, V.; Rosas-Dominguez, C.; Palafox-Carlos, H.; Villa-Rodriguez, J. A.; Siddiqui, M. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p. 1866–1874. 2011.
- Beaudry, R.M.; Cameron, A.C.; Shirazi, A.; Dostal-Lange, D.E. Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: Effect of temperature on package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. **Journal of the American Society of Horticultural Sciences**, v.117, n.3, p.436-441, 1992.
- Biegelmeyer, R.; Aandrade, J. M. M.; Aboy, A. L.; Apel, M. A.; Dresch, R. R.; Bassols, R. M.; Raseira, M. C.; Henriques, A. T. Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant activity of red (*Psidium cattleianum*) and yellow (*Psidium cattleianum* var. *lucidum*) strawberry guava fruit. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 991-996. 2011.
- Bleinroth, E. W.; Zuchini, A. G.; Pompeu, R. M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedades de abacates e sua conservação pelo frio. **Coletânea do Ital**, v.7, n.1, p.29-81, 1976.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm Wiss Technology**, v. 28: p. 25-30. 1995.
- Bueno, J. M.; Saez-Plaza, P.; Ramos-Escudero, F.; Jimenez, A. M.; Fett, R.; Asuero, A. G. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 42, p. 126–151. 2012.
- Caleb, O. J.; Opara, U. L.; Witthuhn, C. R. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. **Food Bioprocess Technology**, v. 5, p. 15–30. 2012.
- Cartea, M. E.; Francisco, M.; Soengas, P.; Velasco, P. Phenolic compounds in Brassica vegetables, **Molecules**, v. 16, p. 251–280, 2011.

Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. (2005). **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 785p.

Consolini, A. E.; Sarubbio, M. G. Pharmacological effects of *Eugenia uniflora* (Myrtaceae) aqueous crude extract on rat's heart, **Journal of Ethnopharmacology**. v. 81, p. 57–63. 2002.

Demirtas, N.; Tuzkaya, U. R. Strategic planning of layout of the distribution center: an approach for fruits and vegetables hall. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 58, p. 159-168; 2012.

Dransfield, J.; UHL, N. W.; Asmussen, C. B.; Baker, W. J.; Harley, M.; Lewis, C. **Genera Palmarum: the evolution and classification of palms**. Londres: Kew Publishing, 2008. 732 p.

Drogoudi, P. D.; Pantelidis, G. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. **Scientia Horticulturae**. v. 129; n. 4; p. 752-760; 2011.

Embrapa. Assessoria de Comunicação Social. **Pequenas Frutas, Oportunidade para Pesquisa e Mercado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. (Notícia, 411). Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/comunicacao/noticias/2014/20140411-02.php>>. Acesso em: 20, jun. 2014.

Erkan, M.; Kader, A. A. Pomegranate (*Punica granatum* L.). (Ed.) In: Yahia, E. M. **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**. Woodhead Publishing, pp. 287–311. 2011.

Faria, J. P.; Almeida, F.; Silva, L. C. R.; Vieira, R. F.; Agostini-Costa, T. S. Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 827-829. 2008.

Faria, J. P.; Siqueira, E. M. A.; Vieira, R. F.; Agostini-Costa, T. S. Fruits of *Butia capitata* (Mart.) Becc as good sources of  $\beta$ -carotene and provitamina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, E, p. 612-617. 2011.

Ghafir, S. A. M.; Ibrahim, I. Z.; Abusrewel, G. S.; Suaad, Z. A. Response of local variety 'Shlefy' pomegranate fruits to packaging and cold storage. **Acta Horti**. v. 877, p. 427–432. 2010.

González-Aguilar, G. A.; Ayala-Zavala, J. F.; De La Rosa, I. A.; Álvarez-Parrilla, E. Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. **Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**. v. 5; p. 65-72. 2010.

Gunez, G.; Kirkin, C. Design of modified and controlled atmospheres. In: AHMED, J.; RAHMAN, M. S. (Eds.). **Handbook of food process design**. Hoboken, N.J.: Wiley-Blackwell. v. 2, pp. 1340–1368. 2012.

Han, J. H. Intelligent packaging. In: **Innovations in Food Packaging**. Food Science and Technology, 2005. Cap. 9. p. 138-153.

Hartyáni, P.; Dalmidi, I.; Knorr, D. Electronic nose investigation of *Alicyclobacillus acidoterrestris* inoculated Apple and orange juice treated by high hydrostatic pressure. **Food Control**. v. 32. P. 262-269. 2013.

Hung, D. V.; Tong, S.; Tanaka, F.; Yasunaga, E.; Hamanaka, D.; Hiruma, N.; Uchino, T. Controlling the weight loss of fresh produce during postharvest storage under a nano-size mist environment. **Journal of Food Engineering**. v. 106; n. 4; p. 325-330; 2011.

- Im, I.; Park, K. R.; Kim, S. M.; Kim, C.; Park, J. H.; Nam, D.; Jang, H. J.; Shim, B. S.; Ahn, K. S.; Mosaddik, A.; Sethi, G.; Cho, S. K.; Ahn, K. S. The butanol fraction of guava (*Psidium cattleianum* Sabine) leaf extract suppresses MMP-2 and MMP-9 expression and activity through the suppression of the ERK1/2 MAPK signaling pathway. **Nutrition and Cancer**. v. 64, p. 255–266; 2012.
- Jun, N. J.; Mosaddik, A.; Moon, J. Y.; Jang, K. C.; Dong-Sunlee, D. S.; Ahn, K. S.; Cho, S. K. Cytotoxic activity of  $\beta$ -caryophyllene oxide isolated from jeju guava (*Psidium cattleianum* Sabine) leaf. **Records of Natural Products** 5, p. 242–246. 2011.
- Kobayashi, A.; Kirschvink, A. A ferromagnetic model for the action of electric and magnetic fields in cryopreservation. **Journal Cryobiology**, v. 68, p. 163-165. 2014.
- Lopes Filho, G.; Rosso, V. V.; Meireles, M. A. A.; Rosa, P. T. V.; Oliveira, A. L.; Mercadante, A. Z.; Cabral, F. A. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of carotenoids from Pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). **Journal Supercrit. Fluids** 46, 33–39. 2008.
- Lopes, R. M.; Silva, J. P.; Vieira, R. F.; Silva, D. B.; Gomes, I. S.; Agostini-Costa, T. S. Composição de ácidos graxos em polpa de frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 635-640. 2012.
- Luzia, D. M. M.; Bertanha, B. J.; Jorge, N. Sementes de pitanga (*Eugenia uniflora* L.): potencial antioxidante e perfil de ácidos graxos. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 69, n. 2, p. 175–180. 2010.
- Mangaraj, S.; Goswami, T. K. Modified atmosphere packaging—an ideal food preservation technique. **Journal of Food Science and Technology**. v. 46, p. 399–410. 2009.
- Mangaraj, S.; Goswami, T. K.; Giri, S. K.; Tripathi, M. K. Permeable MA packaging of litchi (cv. Shahi) for preserving quality and extension of shelf-life. **Postharvest Biology and Technology**. v. 71, p. 1–12. 2012.
- Mangaraj, S.; Goswami, T.K. Measurement and modelling of respiration rates of guava (cv. Baruiapur) for modified atmosphere packaging. **International Journal of Food Properties**, v. 14, p. 609–628. 2011<sup>a</sup>.
- Mangaraj, S.; Goswami, T.K. Modelling of respiration rates of litchi fruit under aerobic condition. **Food and Bioprocess Technology**. v. 4, p. 272–281. 2011<sup>b</sup>.
- Mangaraj, S.; Varshney, A.C.; Singh, K. K.; Reddy, B. S. Development and evaluation of a prospective grader for spherical fruits. **The American Management Association**, v. 41, p. 55–62. 2010.
- McCook-Russell, K. P.; Muraleedharan, G. N.; Facey, P. C.; Bowen-Forbes, C. S. Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican *Psidium cattleianum* (strawberry guava) and *Psidium guajava* (common guava) fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 1069-1073. 2012.
- Medina, A. L.; Haas, L. I. R.; Chaves, F. C.; Salvador, M.; Zambiasi, R. C.; Silva, W. P.; Nora, L.; Rombaldi, V. C. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v. 128, p. 916–922. 2011.
- Minolta. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Brasil: MINOLTA Co. Ltda., 1994. 49p.
- Montanez, J. C.; Rodriguez, F. A. S.; Mahajan, P. V.; Farias, J. M. Modelling the effect of gas composition on the gas exchange rate in perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**. v. 96, p. 348–355. 2010.

- Moura, R. C.; Lopes, P. S. N.; Junior, D. S. B.; Gomes, J. G.; Pereira, M. B. Biometria de frutos e sementes de *Butiacapitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 415-419. 2010.
- Noblick, L. R.; Lorenzi, H. New *Syagrus* species from Brazil. **Journal Palms**, v. 54, n. 1, p. 18-42, 2010.
- Nunes, A. M.; Fachinello, J. C.; Radmann, E. B.; Bianchi, V. J.; Schwartz, E. Caracteres morfológicos e físico-químicos de butiazeiros (*Butia capitata*) na região de Pelotas, Brasil. **Interciência**, v. 35, p. 500-505. 2010.
- Obon, J. M.; Diaz-Garcia, M. C.; Castellar, M. R. Red fruit juice quality and authenticity control by HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 6, p. 760–771. 2010.
- Oliveira, A. L.; Destadau, E.; Fougere, L.; Lafosse, M. Isolation by pressurized fluid extraction (PFE) and identification using CPC and HPLC/ESI/MS of phenolic compounds from Brazilian cherry seeds (*Eugenia uniflora* L.). **Food Chemistry**, v. 145, p. 522–529. 2014.
- Paliyath, G.; Murr, D. P. Common Fruits, Vegetables, Flowers, and Their Quality Characteristics. In: Paliyath, G.; Murr, D. P.; Handa, A. K.; Lurie, S. **Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables**, p. 7-18, 2008.
- Pan, L.; Zhang, W.; Zhu, N.; Mao, S.; Tu, K. Early detection and classification of pathogenic fungal disease in post-harvest strawberry fruit by electronic nose and gas chromatography–mass spectrometry. **Food Research International**, v. 62, p. 162-168. 2014.
- Pennazza, G.; Fanali, C.; Santonico, N.; Dugo, L.; Cucchiari, L.; Dacha, M.; D'Amico, M.; Costa, R.; Dugo, P.; Mondello, L. Electronic nose and GC-MS analysis of volatile compounds in *Tuber magnatum* Pico: Evaluation of different storage conditions. **Food Chemistry**, v. 136, p. 668-374. 2013.
- Peris, M.; Escuder-Gilabert, L. A 21st century technique for food control: Electronic noses. **Analytica Chimica Acta**, v. 638, p. 1-15. 2009.
- Raseira, M. C. B.; Antunes, L. E. C.; Trevisan, R.; Gonçalves, E. D. **Espécies frutíferas nativas do Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Documentos 129). 2004.
- Rattmann, Y. D.; De Souza, L. M.; Malquevicz-Paiva, S. M.; Dartora, N.; Sasaki, G. L.; Gorin, P. A.; Iacomini, M. Analysis of flavonoids from *Eugenia uniflora* leaves and its protective effect against murine sepsis, **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. 2012, 9 pp.
- Restuccia, D.; Spizzirri, G. Parisi, O. I.; Cirillo, G.; Curcio, M.; Iemma, F.; Puoci, F. Vinci, G.; Picci, N. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, v. 21, n.11, p.1425-1435. 2010.
- Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; De Brito, E. S.; Perez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F.; Mancini-Filho, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002. 2010.
- Sergent, T.; Piront, N.; Meurice, J.; Toussaint, O.; Scheinder, Y.J. Antiinflammatory effects of dietary phenolic compounds in an in vitro model of inflamed human intestinal epithelium. **Chemico-Biological Interactions**, v. 188, p. 659–667. 2010.
- Sganzerla, M. **Caracterização físico-química e capacidade antioxidante do butiá**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Snyder, S. M.; Reber, J. D.; Freeman, B. L.; Orgad, K.; Eggett, D. L.; Parker, T. L. Controlling for sugar and ascorbic acid, a mixture of flavonoids matching navel oranges significantly increases human postprandial serum antioxidant capacity. **Nutrition Research**, v. 31, p. 519–526. 2011.

Sousa, V. R.; Pereira, P. A. P.; Queiroz, F.; Borges, S. V.; Carneiro, J. D. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381–386. 2012.

Suzuki, T.; Takeuchi, Y.; Masuda, K.; Watanabe, M.; Ryo, S.; Fukuda, Y.; Tsuruta, T.; Yamamoto, K.; Koga, N.; Hiruma, N.; Ichioka, J.; Takai, K. Experimental Investigation of Effectiveness of Magnetic Field on Food Freezing Process. **Transactions of the Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, NASA Astrophysics. v. 26. n. 4, p. 371-386, 2011.

Swain, T.; Hills, W. E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, p. 63-68, 1959.

Xiong, Y.; Xiao, X.; Yang, X.; Yan, D.; Zhang, C.; Zou, H.; Lin, H.; Peng, L.; Xiao, X.; Yan, Y. Quality control of *Lonicera japonica* stored for different months by electronic nose. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical**. v. 91. p. 68-72. 2014.

## Relatório de Campo

O projeto de tese proposto, já mencionado, foi desenvolvido de março a junho de 2014, com o auxílio do Prof. Dr. José Carlos Fachinello (Orientador), Prof. Dr. Marcelo Barbosa Malgarim (Co-orientador) e Prof. Dr. César Valmor Rombaldi (Co-orientador). As etapas de planejamento, compra dos reagentes e das embalagens ocorreu nos meses de junho e julho de 2014 (durante o primeiro ano do doutorado), bem como a compra da centrífuga 7000rpm refrigerada (marca Eppendorf) e do equipamento Ultra Turraz (marca Ika), os quais foram utilizados para o preparo das análises, além da estruturação e montagem de um laboratório para as análises de fitoquímicos.

As embalagens de atmosfera modificada (MAP - Modified atmosphere packaging), que seriam utilizadas no projeto, conforme o planejamento prévio, provinham de Guadalupe, cidade localizada no estado americano da Califórnia, no condado de Santa Bárbara. Após refinada busca por importadores, através de email e por telefone, contactou-se que o importador mais próximo localizava-se na cidade de Montevideu, capital do Uruguai, a empresa chamava-se Furest, cujo responsável técnico era o engenheiro agrônomo Juan Pablo Furest.

O técnico responsável encaminhou para a Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão/RS algumas amostras das embalagens para os testes iniciais. Enquanto a encomenda com o número necessário das embalagens estava a caminho em um container de navio, com saída em agosto de 2014 dos Estados Unidos com destino ao Uruguai, no entanto, o navio ficou ancorado no porto de Santos por problemas fiscais e, possivelmente por não alcançarem êxito em saná-los, o navio teve de retornar a sua origem, o que resultou a não entrega do material em seu destino, e a consequente impossibilidade de remessa do Uruguai para a Universidade Federal de Pelotas, para dar prosseguimento aos experimentos.

Devido a insegurança da chegada das embalagens, no segundo semestre de 2014, iniciamos a elaboração de um novo projeto de tese, objetivando o seu desenvolvimento para os anos seguintes, 2015 e 2016. Surgiu, assim, o tema a aplicação de indutores de resistência sistêmica adquirida em pêssego de mesa nas cultivares ‘Chimarrita’ e Chiripá’ visando a redução de podridões por *Monilinia frutícola*, e em citros de mesa nas cultivares laranja de umbigo ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ objetivando a redução de podridões por *Penicillium digitatum*.

Para o experimento com pessegueiros, após a colheita da safra de 2014/15 realizou-se alguns testes de toxicidade no campo experimental da Palma, no Capão do Leão/RS, nas cultivares ‘Chimarrita’ e ‘Rubimel’, a fim de identificar os volumes de aplicação dos indutores e tolerância das plantas. Com o apoio do orientador Prof. Dr. José Carlos Fachinello foi possível contatar o produtor de Morro Redondo, que há anos possuía parceria com o desenvolvimento de pesquisa da UFPel, para que fossem efetuadas as aplicações em seu pomar. Durante a safra de 2015/16, foram realizadas as aplicações, porém, por decorrência do baixo número de horas de frio que ocorreram no ano de 2015, as plantas de pessegueiro não alcançaram o índice necessário para promover a produção dos frutos. Assim sendo, não houve produção na safra de 2015/16, e por conseguinte o experimento não pode ser continuado, devido a inexistência de dados suficientes a comparação entre as safras.

Para o experimento do citros, após a colheita da safra 2014, em meados de novembro de 2014, realizaram-se alguns testes nos pomares da Embrapa na cultivar de tangor ‘Murgott’ e na tangerina ‘Satsuma okitsu’, com a finalidade de avaliar a toxidez dos produtos e o comportamento das plantas. Para alguns indutores e concentrações aplicadas, foi possível constatar a ocorrência de queda de folhas, o que proporcionou prejuízo considerável às plantas na safra seguinte, porém foi de grande valia para estabelecer as concentrações dos indutores que seriam utilizados no experimento.

Com as concentrações determinadas e estabelecidas, passou-se então a busca de pomares próximos a Pelotas, com citros de mesa, nos quais poderia ser desenvolvido o experimento. Com tal finalidade, através de contato com o pesquisador da Embrapa Roberto Pedroso de Oliveira foi possível encontrar os produtores que disponibilizaram os pomares para o estudo, sendo possível a aplicação dos indutores nas concentrações pré-estabelecidas, bem como a coleta de frutos para as análises, provenientes das safras de 2015 e 2016, tornando viável a realização do projeto de tese.

## Artigos Desenvolvidos

### 12 Artigo 1

A ser submetido à Acta Scientiarum Agronomy (1679-9275; 1807-8621)

#### Laranja ‘Navelina’ submetida a indutores de resistência na pré-colheita

#### ‘Navelina’ Orange submitted to pre-harvest resistance inducers

Marines Batalha Moreno Kirinus<sup>1</sup>; Caroline Farias Barreto<sup>1</sup>; Pricila Santos da Silva<sup>1</sup>; Roberto Pedroso de Oliveira<sup>2</sup>; Marcelo Barbosa Malgarim<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Av. Eliseu Maciel, s/n – 96050-500, Capão do Leão/RS, Brasil;

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rodovia BR 392, Km 78 – 96010-971, Pelotas/RS, Brasil;  
Email: [marinesfaem@gmail.com](mailto:marinesfaem@gmail.com)

#### 12.1 Resumo

Objetivou-se avaliar as características físico-químicas, o índice de podridões e os compostos bioativos dos frutos da laranjeira ‘Navelina’ na pós-colheita sob armazenamento refrigerado, após indução de resistência na pré-colheita, nas safras de 2015 e 2016. O delineamento experimental a campo foi em blocos completos casualizados. O fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI)]. No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores e o fator B, pelo período de armazenamento refrigerado (zero e 30 dias). As análises realizadas foram coloração, perda de massa fresca, índice de podridões, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, razão SS/AT, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante. A aplicação dos indutores de resistência na pré-colheita é eficiente na manutenção das características físico-químicas de laranja de umbigo ‘Navelina’ na pós-colheita, proporcionando aumento dos compostos bioativos, quando comparados a testemunha. Os indutores Se, Si, MeJa e IMI reduzem os índices de podridões, enquanto, o ASM e MeJa previnem a perda de massa fresca dos frutos.

**Palavras chaves:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck; laranja umbigo; elicitores; armazenamento refrigerado; podridões;

### **Abstract**

The objective of this study was to evaluate the physico-chemical characteristics, the rot index and the bioactive compounds of 'Navelina' orange fruits during post-harvest under refrigerated storage, after pre-harvest resistance induction, in the harvests of 2015 and 2016. The experimental design was in completely randomized blocks. The treatment factor was composed of the following resistance inducers [(without inducer, selenium (Se), silica (Si), acibenzolar-s-methyl (ASM), methyl jasmonate (MeJa), thiamethoxam (TMT) and imidacloprid (IMI)]. In the laboratory, the design used was the same as that established in the field, but in a two-factor scheme, where factor A was composed of the same inductors and factor B, for the refrigerated storage period (nil and 30 days). The analyzes were coloration, fresh mass loss, rot index, soluble solids, pH, titratable acidity, SS/AT ratio, ascorbic acid, total phenolic compounds and antioxidant capacity. The application of pre-harvest resistance inducers is efficient in maintaining the physical-chemical characteristics of 'Navelina' oranges in post-harvest, increasing the bioactive compounds when compared to the control. The inducers Se, Si, MeJa and IMI reduce the rot rates, while ASM and MeJa prevent the fresh fruits mass loss.

**Keywords:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck; Navel orange; Elicitors; Refrigerated storage; Rotting

## **12.2 Introdução**

O Brasil apresenta a maior área de produção de laranja, porém é o décimo país em produtividade. O setor é altamente organizado e competitivo, responsável por 30% da produção mundial e compreende um dos maiores pólos de produção de suco de laranja, sendo colhidas mais de 19 milhões de toneladas de laranja por ciclo produtivo (FAO, 2016).

As laranjeiras apresentam suscetibilidade a várias doenças, principalmente ao cancro cítrico, as quais ocasionam danos econômicos na produção, proporcionando elevação nos custos. As soluções mais frequentemente utilizadas para controlar a incidência de doenças consistem no controle químico, através do uso de agrotóxicos, de cultivares resistentes, do manejo e de práticas culturais.

A indução de resistência sistêmica adquirida (RSA) surge como alternativa promissora para o controle de doenças, por ser um mecanismo de defesa natural das plantas,

que após ser induzido, pode conferir longa duração na proteção contra amplo espectro de microrganismos (DAVID et al., 2010). As plantas sensíveis podem adquirir maior capacidade de defesa contra ataques de patógenos, a partir de infecção primária. Tal processo envolve uma série de reações bioquímicas e fisiológicas, que desencadeiam a produção de diversos metabólicos secundários (HALL et al., 2011).

As substâncias que promovem a indução da RSA, mais reportadas na literatura, são o acibenzolar-S-metil, o metil-jasmonato, o selênio, a sílica e os neocotinoides. O acibenzolar-S-metil (ASM) é um análogo funcional do ácido salicílico, capaz de ativar defesas na planta, tais como proteínas relacionadas à patogênese, tendo sido utilizado em maçãs (QUAGLIA et al., 2011) e citros (GRAHAM; MYERS, 2011; NETO et al., 2015). O metil-jasmonato (MeJA) demonstrou resultados promissores de indução da RSA, interferindo nos processos fisiológicos e/ou bioquímicos de nêspera (CAO et al. 2012; CAI et al., 2011), romã (SAYYARI et al., 2011) e banana (ZHAO et al, 2012). A sílica desempenha várias funções no crescimento e no desenvolvimento celular, combinando barreiras físicas e químicas, como a lignificação da parede celular e a indução de várias proteínas de defesa (FRENCH-MONAR, 2010; SCHULTZ, 2012), como observado no abacate (TESFAY et al., 2010), algodoeiro (OLIVEIRA et al., 2012), café (ASMAR et al., 2013) e tomate (ANDRADE et al., 2013). O selênio é absorvido e transportado pelas plantas na forma de selenito, apresenta elevada capacidade antioxidante e de indução do sistema de defesa da planta (BECVORT, 2011). Recentemente, substâncias, como neocotinoides imidacloprido (IMI) e o tiamethoxam (TMT), têm sido utilizadas com sucesso na indução de RSA em pomeleiro (GRAHAM; MYRES, 2011; BAGIO et al., 2016).

Portanto, a ocorrência de doenças é um dos principais fatores responsáveis por perdas na produção em todas as regiões do país, principalmente na região Sul, onde a quantidade e frequência de chuvas são altas. Desta forma, é necessária a realização de estudos com aplicações de indutores de resistência na pré-colheita que respondem a conservação dos frutos, reduzindo as aplicações de agrotóxicos e aumentando os teores de compostos bioativos benéficos ao ser humano. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas, o índice de podridões e os compostos bioativos dos frutos da laranjeira ‘Navelina’ na pós-colheita sob armazenamento refrigerado, após indução de resistência na pré-colheita, nas safras de 2015 e 2016.

### 12.3 Material e Métodos

Os indutores de resistência foram aplicados em pomar comercial (31°25'58"S e 52°16'58"O e 193 metros de altitude) de laranjeira 'Navelina' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), nas safras 2015 e 2016, localizado em Santa Silvana, 6º distrito do município de Pelotas, Rio Grande do Sul (RS), Brasil, . O solo do local é moderadamente profundo, com textura média no horizonte A e argilosa no B, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2006). O clima apresenta classificação climática do tipo "Cfa" (Köppen e Geiger, 1928), ou seja, temperado ou subtropical úmido com verões quentes e precipitação média anual de 1582 mm, temperatura média anual de 17,7°C, umidade relativa média anual de 78,8% e média de 350 horas de frio (HF) abaixo de 7,2°C durante o inverno (INMET, 2016).

As plantas (quatro anos de idade) foram instaladas sob o portaenxerto trifoliata (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) com espaçamento de 6 metros entre linhas e 4 metros entre plantas. O campo experimental foi manejado de acordo com as normas de produção integrada para citros (AZEVEDO et al., 2010).

O delineamento experimental a campo para a aplicação dos indutores de resistência foi em blocos completamente casualizados, com cinco repetições, três plantas por parcela, avaliando-se a planta central, em esquema unifatorial. O fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se, 10mg.L<sup>-1</sup>), sílica (Si, 400mg.L<sup>-1</sup>), acibenzolar-s-metil (ASM, 100mg.L<sup>-1</sup>), metil jasmonato (MeJa, 10mg.L<sup>-1</sup>), tiametoxam (TMT, 2000mg.L<sup>-1</sup>) e imidacloprido (IMI, 714mg.L<sup>-1</sup>)]. A aplicação dos indutores de resistência ocorreu com intervalo de aplicação de 15 dias, totalizando três aplicações no pomar, com 45, 30 e 15 dias antes da colheita. Os produtos Si, ASM e MeJa foram aplicados através de aspersão, com pulverizador costal (Guarani®), bico tipo leque e tamanho de gota fina (101-200µ) em toda a copa da planta, evitando o escorrimento. Foram adicionados 0,1% de espalhante adesivo não iônico Silwet L-77®. Para os indutores Se, TMT e IMI foram preparadas caldas com água para cada produto e aplicadas no solo ao redor da copa da planta.

Os frutos foram coletados aleatoriamente nos quatro quadrantes da copa, colocados em caixas plásticas limpas e higienizadas, e levadas ao Laboratório de Agronomia, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde passaram por pré-seleção para padronização, retirando-se os frutos danificados e posteriormente os frutos foram submetidos ao pré-resfriamento (15±2°C) por 24 horas.

No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores de resistência descritos anteriormente e o fator B, pelo período de armazenamento (zero e 30 dias). O tempo zero correspondeu aos frutos que não foram submetidos ao armazenamento e, os 30 dias de armazenamento, foram em câmara fria a  $5\pm 1^\circ\text{C}$ , sob umidade relativa de 85 a 95%. Após a retirada de câmara, os frutos passaram por simulação de tempo de comercialização, 7 dias a  $20\pm 1^\circ\text{C}$ . Para cada tratamento, utilizaram-se três repetições com 20 frutos cada, a mesma quantidade foi destinada ao armazenamento refrigerado, totalizando 840 frutos.

A coloração foi mensurada com colorímetro Minolta CR-300, com sistema de leitura CIE  $L^* a^* b^*$ , e a tonalidade cromática, representada pelo ângulo hue ( $h^\circ$ ), através da fórmula arco tangente  $b^*/a^*$ . O resultado dessa equação, expresso em radianos, foi, então convertido em graus (MINOLTA, 1994).

A perda de massa fresca dos frutos foi obtida pela diferença entre a massa inicial e final do período de armazenamento refrigerado dos frutos, sendo os valores expressos em percentagem (%). O índice de podridões foi estabelecido pela percentagem de frutos atacados por patógenos através de verificação visual dos frutos, onde frutos com lesão maior ou igual a 1 mm foram considerados como podres. Ambas as avaliações foram realizadas após 30 dias de armazenamento refrigerado. Os sólidos solúveis (SS) foram quantificados com refratômetro digital (ATAGO®) modelo PAL-1, e os resultados foram expressos em °Brix. O potencial hidrogeniônico (pH) foi mensurado através de pHmetro digital (Digimed®). Para acidez titulável (AT) foram utilizados 10 mL de suco de laranja adicionados em 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi feita com o auxílio de bureta digital (Brand®), contendo solução de hidróxido de sódio (0,1 N) até atingir pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em percentual de ácido cítrico. A razão SS/AT das laranjas foi expressa pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de ácido ascórbico foi quantificado através do método oficial da AOAC (1997) pela titulação oxidativa com 2,6-Diclorofenol Indofenol (DCFI), no qual o ponto da titulação é detectado pelo aparecimento da coloração rosada no titulado, sendo o resultado expresso em mg de ácido ascórbico por  $100\text{g}^{-1}$  da amostra (JACOBS, 1958; LEME; MALAVOLTA, 1950).

Para analisar os compostos fenólicos e a capacidade antioxidante separou-se o exocarpo ou epicarpo (casca) do endocarpo (polpa) e foram avaliados separadamente, com a

finalidade a monitorar a translocação no fruto. Os compostos fenólicos totais foram quantificados utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, conforme método descrito por Swain e Hillis (1959), expressos em mg de equivalente ao ácido clorogênico (EAC) por 100g<sup>-1</sup>. A capacidade antioxidante foi determinada através de espectrofotometria, segundo método adaptado de Brand-Williams et al. (1995), onde os resultados foram expressos em µg de capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) g<sup>-1</sup>.

As safras de 2015 e 2016 foram utilizadas como repetição. Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, quanto à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância, os efeitos dos indutores de resistência foram analisados pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) e o período de armazenamento pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). A presença de correlações entre as variáveis dependentes do estudo foi analisada através do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) ( $p < 0,0001$ ).

#### 12.4 Resultados e Discussões

Para as variáveis de coloração ( $L^*$  e  $b^*$ ), sólidos solúveis (SS) e ácido ascórbico ocorreram interações entre os fatores de tratamento testados (Tabela 1). Enquanto que a coloração expressa por  $a^*$  e pelo ângulo hue, o pH, a acidez titulável (AT) e razão SS/AT apresentaram significância somente para o efeito principal do período de armazenamento (Tabela 4). As aplicações dos indutores de resistência não alteraram a coloração de luminosidade das laranjas ‘Navelina’ expressas pela coordenada  $L^*$  em ambos os períodos de avaliação, no entanto diminuíram ao longo do período de armazenamento, exceto para o indutor TMT. Com relação à testemunha, todos os indutores mantiveram os teores de luminosidade ( $L^*$ ), à exceção do MeJa no dia zero, o qual foi superior (Tabela 1). Como verificado nesse estudo, o efeito do armazenamento também reduziu os parâmetros de luminosidade dos frutos de ‘Valência Delta’ submetidos a indutores de resistência (PEREIRA et al., 2014). Ao investigar a eficácia do indutor MeJa aplicado na pré-colheita de mangas (*Mangifera indica* L.) constata-se o desenvolvimento uniforme da cor vermelha na casca após a colheita, ocorrendo aumento nos valores o  $L^*$  e  $a^*$  (MUENGKAEW et al., 2016). Possivelmente devido ao desempenho do indutor MeJa na acumulação de determinadas proteínas relacionadas à patogênese, que mantêm a intensidade da coloração nas laranjas (BRINCEÑO et al., 2012).

Com relação à coloração da coordenada  $b^*$ , os maiores valores determinaram a intensidade do amarelo nas laranjas para os indutores Se, Meja e IMI no dia zero, não ocorrendo efeito significativo entre os indutores aos 30 dias de armazenamento refrigerado (Tabela 1). Para o efeito do armazenamento, os indutores ASM e TMT aumentaram a intensidade do  $b^*$  nos frutos. Quando comparados a testemunha, somente foram verificadas diferenças para ASM, TMT e IMI ao final do período de armazenamento. Em relação aos sólidos solúveis (SS) dos frutos de laranjeira ‘Navelina’ não apresentaram diferença entre os indutores de resistência em ambos os períodos. No entanto, para o indutor ASM, ao longo do armazenamento foi possível observar aumento nos valores dos açúcares. Também, não foram constatadas diferenças em relação à testemunha, nas duas avaliações (zero e 30 dias).

Os indutores de resistência aplicados não afetaram os teores de ácido ascórbico, em cada período. Porém para o ASM o efeito de armazenamento refrigerado proporcionou um decréscimo destes teores. Os indutores Se e IMI apresentaram teores superiores de ácido ascórbico em relação à testemunha para os dois tempos de avaliação, já o MeJA foi superior apenas nos 30+7 dias (Tabela 1). Ao armazenar laranjas ‘Pera Bianchi’ foram observados aumentos nos teores de ácido ascórbico de  $48,89 \text{ mg } 100\text{mL}^{-1}$  aos 15 dias para  $56,76 \text{ mg } 100\text{mL}^{-1}$  aos 45 dias de armazenamento (ROSA et al., 2016).

Para a coloração expressa pela coordenada  $a^*$ , os frutos intensificaram a coloração alaranjada para avermelhada, ao longo do período de armazenamento, e pelo ângulo hue os frutos perderam a tonalidade amarela característica. Da mesma forma que pH das laranjas aumentou ao longo do armazenamento (Tabela 4), características essas, específicas da cultivar estudada (KOLLER, 2013).

Constatou-se redução nos teores de ácido cítrico e da razão SS/AT, com o tempo de armazenamento (Tabela 4). Nos estudos realizados com laranja ‘Valência Delta’ durante o armazenamento em temperatura ambiente, com a aplicação de recobrimento na pós-colheita, ocorreu o aumento da acidez titulável (ácido cítrico) e sua razão SS/AT nas laranjas, enquanto o ângulo hue decresceu com o período armazenamento (PEREIRA et al., 2014).

Os indutores ASM e MeJa diferiram da testemunha, após 30 dias de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^\circ\text{C}$ ) (Tabela 5). A aplicação do ácido salicílico em amora-preta induziu a ativação da síntese de metabólitos secundários, promotores de resistência sistêmica, no entanto, não afetou a perda de biomassa fresca dos frutos (BORSATTI et al., 2015), corroborando com o resultado desse trabalho.

Quanto ao percentual de podridões após 30 dias de armazenamento refrigerado, os indutores ASM e TMT não diferiram da testemunha (Tabela 5). No entanto, os outros indutores foram eficientes no controle de podridões no período estudado. Em tangerinas ‘Satsumas’ armazenadas a  $14\pm 2^{\circ}\text{C}$ , a aplicação de indutores de resistência em pós-colheita reduziu significativamente a podridão durante os primeiros seis dias de armazenamento (ZHU et al., 2015).

Os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante tanto na casca quanto na polpa apresentaram interações entre os fatores de tratamento testados (Tabela 2). Para o teor de compostos fenólicos totais da polpa, no dia zero, observou-se que os indutores Si e ASM apresentaram teores superiores em relação aos demais indutores (Tabela 2). No entanto, aos 30 dias, não houve diferença significativa entre os indutores. Ao comparar os indutores com a testemunha, observou-se que apenas o IMI não diferiu em ambos os períodos avaliados. Os indutores de resistência são substâncias que ativam a defesa química das plantas, aumentando seus compostos fenólicos (OLIVEIRA et al., 2016).

Quanto aos compostos fenólicos da polpa observou-se que não ocorreu diferença entre os indutores, tanto em zero quanto em 30 dias após o armazenamento refrigerado. Da mesma forma, não foi observado efeito do período de armazenamento. No entanto, ao serem comparados com a testemunha, os indutores Se e Si apresentaram valores superiores nos dois períodos. A aplicação destes indutores na pós-colheita eleva os níveis de compostos fenólicos nos tecidos vegetais, que muitas vezes têm propriedades antioxidantes, que são altamente benéficas para os seres humanos (ROMANAZZI et al., 2016). Os indutores Se e Si conferem tolerância ao estresse oxidativo por reforço do sistema de defesa antioxidante em plantas (HASANUZZAMAN et al., 2014).

A capacidade antioxidante da polpa foi superior para os indutores Se, Si, MeJA e IMI, diferenciando-se dos demais no dia zero; e aos 30 dias, não ocorreram diferenças entre eles (Tabela 2). A redução na capacidade antioxidante das laranjas foi verificada ao serem armazenadas, para todos os indutores. No entanto, todos os indutores diferenciaram-se da testemunha no dia zero e aos 30 dias apenas o TMT e IMI. Os neocotinoides induziram a RSA com o aumento dos compostos bioativos, principalmente em plantas cítricas jovens, mantendo esta indução durante um longo período (GRAHAM; MYERS, 2013).

A capacidade antioxidante na casca das laranjas, no dia zero, não apresentou diferença entre os indutores, no entanto aos 30 dias ocorreu a redução com a aplicação do indutor ASM. Assim como a capacidade antioxidante da polpa, na casca houve decréscimo

com o tempo de armazenamento, para todos os indutores. Teores superiores à testemunha foram observados, principalmente para os indutores Se, Si e IMI no tempo inicial (zero). A resistência induzida pode elevar os níveis dos compostos fenólicos nos tecidos das plantas, através de estresse provocado pelos indutores, esses compostos apresentam propriedades antioxidantes (WU et al., 2014).

Quanto às correlações, os resultados significativos foram entre compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, que evidenciaram o maior coeficiente de correlação positivo (Tabela 3). Quando ocorreu aumento no teor de compostos fenólicos totais, igualmente foi verificado acréscimo na capacidade antioxidante das laranjas. Neste contexto, para a associação entre compostos fenólicos e a capacidade antioxidante da polpa das laranjas os indutores Si e o ASM apresentaram coeficientes de correlação maiores que a testemunha. A aplicação de indutores de resistência na pré-colheita de tangerina ‘Fortune’ proporcionou aumento na expressão dos genes de defesa e acúmulo de compostos fenólicos (LLORENS et al., 2015).

Os indutores Se e Si obtiveram coeficientes de correlação entre capacidade antioxidante na casca e polpa, superiores à testemunha, demonstrando que o Se e a Si promoveram o aumento da capacidade antioxidante e esta translocou da casca a polpa das laranjas (Tabela 3). Esse comportamento deve-se ao elevado poder antioxidante que os compostos fenólicos apresentaram. Em laranjas ‘Valência e ‘Lanelate’, ao serem aplicados indutores de resistência na pós-colheita como atividade curativa, observou-se efeito positivo no aumento dos compostos bioativos em plantas cítricas (MOSCOSO-RAMÍREZ; PALOU, 2013).

Tabela 1 - Coloração (L\* e b\*), sólidos solúveis (°Brix) e ácido ascórbico (mg 100g<sup>-1</sup>) dos frutos de laranja 'Navelina' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1°C), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Indutores	L*		b*		Sólidos solúveis (°Brix)		Ácido ascórbico (mg 100g <sup>-1</sup> )	
	Período de armazenamento							
	0	30	0	30	0	30	0	30
Testemunha	69,32	64,51	66,60	66,72	10,15	11,23	44,69	43,49
Selênio (Se)	71,42 aA <sup>1</sup> ns	66,48 aB ns	68,74 aA ns	68,62 aB ns	10,91 aA ns	11,58 aA ns	51,78 aA*	49,44 aA*
Sílica (Si)	71,19 aA ns	66,88 aB ns	65,95 bA ns	69,43 aB ns	10,75 aA ns	11,06 aA ns	48,21 aA ns	46,72 aA ns
Acibenzolar-s-metil (ASM)	70,74 aA ns	67,17 aB ns	66,17 bB ns	72,20 aA*	10,16 aB ns	10,48 aA ns	48,36 aA ns	45,72 aB ns
Metil Jasmonato (MeJa)	72,67 aA*	67,40 aB ns	68,48 abA ns	70,46 aA ns	10,41 aA ns	10,46 aA ns	49,10 aA ns	47,69 aA*
Tiametoxam (TMT)	70,30 aA ns	68,41 aA ns	66,17 bB ns	71,78 aA*	10,40 aA ns	11,33 aA ns	47,91 aA ns	46,48 aA ns
Imidacloprido (IMI)	71,39 aA ns	67,62 aB ns	69,0 aA ns	70,72 aA*	10,73 aA ns	11,18 aA ns	52,23 aA*	48,86 aA*
C.V. (%)	3,0		3,0		5,5		6,0	

<sup>1</sup>Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) comparando os indutores em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05) comparando os armazenamentos em cada indutor. \*e ns, Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor) pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 2 - Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g<sup>-1</sup>) e capacidade antioxidante (DPPH, µg TEAC g<sup>-1</sup>) na polpa e casca dos frutos de laranja 'Navelina' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1°C), safras 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Indutores	Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g <sup>-1</sup> ) na polpa		Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g <sup>-1</sup> ) na casca		DPPH (µg TEAC g <sup>-1</sup> ) na polpa		DPPH (µg TEAC g <sup>-1</sup> ) na casca	
	Período de armazenamento							
	0	30	0	30	0	30	0	30
Testemunha	108,94	85,82	367,74	350,58	241,64	127,31	351,08	232,41
Selênio (Se)	129,02 dA <sup>1</sup> *	106,26 aB *	425,44 aA *	409,61 aA *	389,23 abA *	153,00 aB ns	455,54 aA *	281,54 abB *
Sílica (Si)	161,38 aA *	103,95 aB *	424,32 AA *	411,98 AA *	453,18 aA *	150,08 aB ns	472,54 aA *	303,19 aB *
Acibenzolar-s-metil	147,22 abA *	104,37 aB *	403,28 aA ns	386,44 aA ns	363,39 bA *	138,14 aB ns	421,29 aA ns	247,29 bB ns

(ASM)								
Metil Jasmonato (MeJa)	134,18bcA *	102,57 aB *	395,01 aA <sup>ns</sup>	380,34 aA <sup>ns</sup>	397,58abA*	159,06aB <sup>ns</sup>	440,82aA*	268,49abB <sup>ns</sup>
Tiametoxam (TMT)	135,59bcA *	113,02 aB *	389,13 aA <sup>ns</sup>	371,29 aA <sup>ns</sup>	327,29bA *	173,64aB *	438,20aA *	272,69abB <sup>ns</sup>
Imidacloprido (IMI)	117,89dA <sup>ns</sup>	98,03 aB <sup>ns</sup>	375,56 aA <sup>ns</sup>	359,56 aA <sup>ns</sup>	410,65abA *	173,69aB *	441,85aA *	274,20abB *
C.V. (%)	7,2		7,4		13,8		11,1	

<sup>1</sup>Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) comparando os indutores em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t ( $p \leq 0,05$ ) comparando os armazenamentos em cada indutor. \*e<sup>ns</sup>, Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson ( $r$ ,  $p < 0,0001$ ) entre compostos fenólicos totais (fenóis) e capacidade antioxidante (DPPH) em frutos de laranjeira 'Navelina' em relação aos indutores de resistência selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI) aplicados na pré-colheita e submetidos ao armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

	Testemunha	Selênio (Se)	Sílica (Si)	ASM	MeJa	TMT	IMI
	DPPH Polpa						
Fenóis Polpa	0,91844	0,75758	0,98504	0,95590	0,85551	0,78681	0,81085
	Fenóis Polpa						
DPPH Casca	0,91922	0,69533	0,92491	0,90886	0,72638	0,70688	0,86271
	DPPH Polpa						
	0,96059	0,97714	0,96091	0,90057	0,91894	0,89481	0,95486

Tabela 4 - Coloração ( $a^*$  e ângulo hue), pH, acidez titulável (% de ácido cítrico) e razão SS/AT dos frutos de laranjeira 'Navelina' sob efeito do armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ), safras de 2015 e 2016.. UFPel, Pelotas/RS.

Variáveis analisadas	Período de armazenamento		C.V. (%)
	0	30	
$a^*$	13,85 b <sup>1</sup>	21,12 a	29,29
Ângulo hue	78,35 a	73,31 b	5,18
pH	3,46 b	3,60 a	3,90
Ácidez titulável (% de ácido cítrico)	1,02 a	0,93 b	12,48
Razão SS/AT	11,40 a	10,86 b	10,43

<sup>1</sup>Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t ( $p \leq 0,05$ ) comparando o armazenamento. C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 5 - Perda de massa fresca (%) e índice de podridões (%) de frutos da laranja 'Navelina' tratados na pré-colheita com indutores de resistência, safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Indutores	Perda massa fresca (%)	Índice de podridões (%)
Testemunha	8,43 ab <sup>1</sup>	6,66a
Selênio (Se)	9,75 a	1,66b
Sílica (Si)	8,45 ab	0,83b
Acibenzolar-s-metil (ASM)	6,71 b	5,03ab
Metil Jasmonato (MeJa)	6,46 b	0,83b
Tiametoxam (TMT)	7,91 ab	5,03ab
Imidacloprido (IMI)	7,01 ab	0,83b
C.V. (%)	30,2	124,7

<sup>1</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). C.V.: coeficiente de variação.

## 12.5 Conclusões

A aplicação dos indutores de resistência na pré-colheita é eficiente na manutenção das características físico-químicas das laranjas de umbigo 'Navelina' na pós-colheita, proporcionando aumento dos compostos bioativos, tanto na casca quanto na polpa, quando comparados a testemunha. Os indutores Se, Si, MeJa e IMI reduzem os índices de podridões, enquanto, o ASM e MeJa previnem a perda massa fresca dos frutos.

## 12.6 Referências

ANDRADE, CCL; RESENDE, RS; RODRIGUES, FA; FERRAZ, HGM; MOREIRA, WR; OLIVEIRA, JR; MARIANO, RLR Silicon reduces bacterial speck development on tomato leaves. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, p. 436-442, 2013.

AOAC. Association of Official Analysis Chemists. **Official methods of analysis** (2005) 18<sup>th</sup> Edition Gaithersburg: Published by AOAC International, 18<sup>th</sup>, 326p.

ASMAR, SA; PASQUAL, M; ARAÚJO, AG; SILVA, RAL; RODRIGUES, FA; PIO, LAS Características morfofisiológicas de bananeiras 'Grande Naine' aclimatizadas em resposta a utilização de silício in vitro. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 73-82, 2013.

BAGIO, TZ; CANTERI, MG; BARRETO, TP; JÚNIOR LEITE, RP Activation of systemic acquired resistance in citrus to control huanglongbing disease. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 1757-1766, 2016.

BECVORT, AAA 2011. **Acumulación de selenio en tomate y su efecto en el crecimiento, productividad y antioxidante del fruto**. Maestría en Ciencias en Horticultura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 25.

BORATTI, FC; MAZARO, SM; DANNER, MA; NAVA, GA; DALACOSTA, NL Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 318-326, 2015.

BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, ME; BERSET, C Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRINCEÑO, Z; ALMAGRO, L; SABATER-JARA, AB; CALDERÓN, AA; PEDREÑO, MA; FERRER, MA Enhancement of phytosterols, taraxasterol and induction of extracellular pathogenesis-related proteins in cell cultures of *Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom elicited with cyclodextrins and methyl jasmonate. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 11, p. 1050-1058, 2012.

CAI, Y; CAO, S; YANG, Z; ZHENG, Y MeJA regulates enzymes involved in ascorbic acid and glutathione metabolism and improves chilling tolerance in loquat fruit. **Postharvest Biology Technology**, v. 59, p. 324-326, 2011.

CAO, S; CAI, Z; YANG, Z; ZHENG, Y MeJA induces chilling tolerance in loquat fruit by regulating proline and  $\gamma$ -aminobutyric acid contents. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1466-1470, 2012.

DAVID, V; YINONG, Y; CASIANA, VC; MONICA, HO Abscisic Acid-Induced Resistance against the Brown Spot Pathogen *Cochliobolus miyabeanus* in Rice Involves MAP Kinase-Mediated Repression of Ethylene Signaling. **Plant Physiology**, v. 152, p. 2036-2052, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de **Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAO. Faostat: **Production crops**. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: 10 nov 2016.

FRENCH-MONAR, RD; RODRIGUES, FA; KORDORFER, GH; DATNOFF, LE Silicon suppresses *Phytophthora* blight development on bell pepper. **Journal of Phytopathology**, v. 158, n. 7-8, p. 554-560, 2010.

GRAHAM, JH; MYERS, ME Integration of soil applied neonicotinoid insecticides and acibenzolar-S-methyl for systemic acquired resistance (SAR) control of citrus canker on young citrus trees. **Crop Protection**, v. 54, p. 239-243, 2013.

GRAHAM, JH; MYERS, ME Soil Application of SAR Inducers Imidacloprid, Thiamethoxam, and Acibenzolar-S-Methyl for Citrus Canker Control in Young Grapefruit Trees. **Plant Disease**, v.95, n. 6, p. 720-729, 2011.

HALL, D; KIM, KH; DE LUCA, V Molecular cloning and biochemical characterization of three Concord grape (*Vitis labrusca*) flavonol 7-O-glucosyltransferases. **Planta**, v. 234, n.1, p. 1201-1214, 2011

HASANUZZAMAN, M; NAHAR, K; FUJITA, M Chapter 16 – Silicon and Selenium: Two vital trace elements that confer abiotic stress tolerance to plants, p. 377-422, 2014. In: AHMAD, P; RASOOL, S **Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance**, Biological Techniques, v.1, 551p.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ – **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. v. 1, 1020 p.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

JACOBS, MB **The chemical analysis of foods and food products**. New York: Van Nostrand, 1958. 979 p

- KOLLER, O.L. (Org.) **Citricultura Catarinense**. Florianópolis: EPAGRI, 2013. 319p.
- KÖPPEN, W; GEIGER, R **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- LEME, JJ; MALAVOLTA, E Determinação fotométrica de ácido ascórbico. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 7, p. 115-129, 1950.
- LLORENS, E; SCALSCHI, L; FERNÁNDEZ-CRESPO, E; LAPEÑA, L; GARCÍA-AGUSTÍN, P Hexanoic acid provides long-lasting protection in 'Fortune' mandarin against *Alternaria alternata*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 91, p. 38-45, 2015.
- MARKHAM, K.R. 1982. **Techniques of Flavonoid Identification**. Academic Press; London, UK; 113pp.
- MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Brasil: MINOLTA Co. Ltda.,1994. 49p.
- MOSCOSO-RAMÍREZ, PA; PALOU, L Evaluation of postharvest treatments with chemical resistance inducers to control Green and blue molds on Orange fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 85, p. 132-135, 2013.
- MUENKAEW, R; CHAIPRASART, P; WARRINGTON, I Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl jasmonate. **Scientia Horticulturae**, v. 198, p. 70-77, 2016.
- NETO, ACR; MARASCHIN, M; DI PIERO, RM Antifungal activity of salicylic acid against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **International Journal of Food Microbiology**, v. 215, p. 64-70, 2015.
- OLIVEIRA, MDM; VARANDA, CMR; FÉLIX, MRF Induced resistance during the interaction pathogen x plant and the use of resistance inducers. **Phytochemistry Letters**, v. 15, p. 152-158, 2016.
- ORABI, SA; DAWOOD, MG; SALMAN, SR Comparative study between the physiological role of hydrogen peroxide and salicylic acid in alleviating the harmful effect of low temperature on tomato plants grown under sand-ponic culture. **Scientia Agriculturae**, n. 9, p. 49-59, 2015.
- PEREIRA, GS; MACHADO, FLC; COSTA, JMC Application of coating extends postharvest quality in the 'Valencia Delta' orange during ambient storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 520-527, 2014.
- PEREIRA, GS; MACHADO, FLC; COSTA, JMC Application of coating extends postharvest quality in the 'Valencia Delta' orange during ambient storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 520-527, 2014.
- QUAGLIA, M; EDERLI, L; PASQUALINI, S; ZAZZERINI, A Biological control agentes and chemicas induceres of resistance for postharvest control of *Penicillium expansum* Link. on apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, n. 3, p. 307-315, 2011.
- ROMANAZZI, G; SANZANI, SM; BI, Y; TIAN, S; MARTÍNEZ, PG; ALKAN, N Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 82-94, 2016.
- ROMANAZZI, G; SANZANI, SM; BI, Y; TIAN, S; MARTÍNEZ, PG; ALKAN, N Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 82-94, 2016.

ROSA, CILF; CLEMENTE, E; OLIVEIRA, DM; TODISCO, KM; COSTA, JMC Effects of 1-MCP on the post-harvest quality of the Orange cv. Pera stored under refrigeration. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 624-632, 2016.

SAYYARI, M; BABALAR, M; KALANTARI, S; MARTÍNES-ROMERO, D; GUILLÉN, F; SERRANO, M; VALERO, D Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. **Food Chemistry**, v. 124, p. 964-970, 2011.

SCHULTZ, B; BORA, KC; NOGUEIRA, AC; AUER, CG Uso do silicato de potássio no controle de oídio em mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 93, 2012.

SWAIN, T; HILLS, WE The phenolic constituents of *Punus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, p. 63-68, 1959.

TESFAY, SZ; BERTLING, I; BOWER, JP Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 2, p. 92-99, 2011.

WU, ZL; YIN, XB; LIN, ZQ; BAÑAUÉLOS, GS; YUAN, LX; LIU, Y; LI, M Inhibitory effect of selenium against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **Current Microbiology**, v. 69, n. 2, p. 192-201, 2014.

ZHAO, ML; WANG, JN; SHAN, W; FAN, JG; KUANG, JF; WU, KQ; LI, XP; CHEN, WX; HE, FY; CHEN, JY; LU, WJ Induction of jasmonate signaling regulators Ma MyC2s and their physical interactions with Mal CE1 in methyl jasmonate-induced chilling tolerance in banana fruit. **Plant Cell Environment**, v. 31, p. 1365-3040, 2012.

ZHU, F; YUN, Z; QIAOLI, M; GONG, Q; ZENG, Y; XU, J; CHENG, Y; DENG, X Effects of exogenous 24-epibrassinolide treatment on postharvest quality and resistance of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 8-15, 2015.

## **13 Artigo 2**

A ser submetido à Ciência e Agrotecnologia (1413-7054; 1981-1829)

### **INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA SISTÊMICA ADQUIRIDA EM TANGOREIRO 'ORTANIQUE'**

### **ADQUIRED SYSTEMIC RESISTANCE INDUCTION IN 'ORTANIQUE' TANGOR**

**Marines Batalha Moreno Kirinus<sup>1</sup>**

**Caroline Farias Barreto<sup>2</sup>**

**Pricila Santos da Silva<sup>2</sup>**

**Roberto Pedroso de Oliveira<sup>3</sup>**

**Marcelo Barbosa Malgarim<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Msc Eng. Agrônoma, doutoranda de Pós-Graduação em Agronomia/Universidade Federal de Pelotas, Av. Eliseu Maciel, s/n - 96050-500, Capão do Leão/RS, Brasil, Email:[marinesfaem@gmail.com](mailto:marinesfaem@gmail.com)

<sup>2</sup>Eng. Agrônoma, mestranda de Pós-Graduação em Agronomia/Universidade Federal de Pelotas, Av. Eliseu Maciel, s/n - 96050-500, Capão do Leão/RS, Brasil.

<sup>3</sup>Dr. Pesquisador Eng. Agrônomo, Embrapa Clima Temperado, Rodovia BR 392, Km 78,96010-971, 9º distrito de Pelotas/RS, Brasil.

<sup>4</sup>Dr. Professor Eng. Agrônomo, Universidade Federal de Pelotas, Av. Eliseu Maciel, s/n - 96050-500, Capão do Leão/RS, Brasil.

### 13.1 Resumo

Este estudo objetivou avaliar a qualidade do tangor 'Ortanique' na pós-colheita e no armazenamento refrigerado após aplicação de indutores de resistência na pré-colheita, nas safras de 2015 e 2016. O delineamento experimental a campo foi em blocos completos casualizados, em esquema unifatorial. O fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI)]. No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores e o fator B, pelo período de armazenamento [zero (frutos que não foram submetidos ao armazenamento) e 30 dias (câmara fria  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa de  $90\pm 5\%$ )], com simulação do tempo de comercialização (7 dias a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ). As análises realizadas foram coloração ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e hue), perda de massa fresca, índice de podridões, sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), razão SS/AT, ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Os indutores de resistência aplicados na pré-colheita são eficientes na manutenção das características físico-químicas dos tangores 'Ortanique' na pós-colheita. A aplicação dos indutores de resistência reduz o percentual de perda de massa fresca e podridões nos frutos após 30 dias de armazenamento refrigerado. Os indutores mantêm os compostos fenólicos e a capacidade antioxidante, tanto na polpa quanto na casca dos frutos, ao longo do período de armazenamento. Os indutores Si, MeJa e IMI proporcionam aumento dos fitoquímicos quando comparados a testemunha.

**Palavras Chaves:** *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata*; Elicitores; Armazenamento refrigerado; Podridão;

**Abstract** - This study aimed to evaluate the quality of 'Ortanique' tangor, in the post-harvest and refrigerated storage after a pre-harvest resistance inducers application, in the 2015 and 2016 harvests. The experimental design in the field was made in completely randomized blocks, in a single factorial scheme. The treatment factor was composed of the following resistance inducers [without inducer, selenium (Se), silica (Si), acibenzolar-s-methyl (ASM), methyl jasmonate (MeJa), thiametoxam (TMT) and imidacloprid (IMI)]. In the laboratory, the design used was the same as that established in the field, but in a two factorial scheme, where factor A was composed of the same inducers and factor B, for the storage period [zero (fruits that were not submitted to storage) and 30 days (Cold chamber  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ , relative

humidity of 85 to 95%]], with simulation of the commercialization time (7 days at  $20\pm 1^\circ\text{C}$ ). The following analysis were performed: coloration ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and hue), fresh mass loss, rot index, soluble solids (SS), pH, titratable acidity (AT), SS/AT ratio, ascorbic acid, phenolic compounds and antioxidant capacity. The pre-harvest application of resistance inducers is efficient in maintaining the physico-chemical characteristics of 'Ortanique' tanger fruits at post-harvest. The application of resistance inducers reduces the percentage of fresh mass loss and fruit rot after 30 days of refrigerated storage. Inducers maintain phenolic compounds and antioxidant capacity, both in pulp and fruit peel, over the storage period. The inducers Si, MeJa and IMI provide phytochemicals improvement, when compared to the control.

**Keywords:** *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata*; Elicitors; Refrigerated storage; Rot;

### 13.2 Introdução

A citricultura brasileira é voltada majoritariamente para a produção de laranjas com o objetivo de fornecer matéria-prima às indústrias de suco. O Estado de São Paulo responde por 76,3% da produção nacional de citros, seguido pelos Estados da Bahia, Sergipe, Rio Grande do Sul e Paraná. Dentre os 19 milhões de toneladas colhidos por safra, aproximadamente 1,5 milhões de toneladas, corresponde à produção de lima ácida 'Tahiti' e de tangerinas, como 'Ponkan' e tanger 'Murcott' (FAO, 2016).

Com a expansão da área plantada e com o adensamento dos pomares, ocorreu aumento dos prejuízos causados por diferentes patógenos, sendo esses os maiores causadores de redução na produtividade (Albrecht; Mc Collum and Bowman, 2012; Bock et al., 2011). Como nem sempre existem genótipos tolerantes disponíveis, o controle desses patógenos normalmente é realizado por meio do uso de defensivos químicos. No entanto, a demanda pela produção de alimentos mais saudáveis está ganhando cada vez mais importância, ocasionando a busca por métodos alternativos ao uso de defensivos agrícolas no controle de fitopatógenos. Nesse contexto, a utilização da resistência sistêmica adquirida é um mecanismo de defesa induzido por agentes bióticos ou abióticos, a qual confere proteção de longa duração contra vasto espectro de microrganismos, por provocar ampla variedade de respostas metabólicas e fisiológicas (Aghdam et al, 2016), relacionadas à defesa direta e indireta no metabolismo secundário (Robert-Seilaniantz; Grant and Jones, 2011).

Entre as substâncias que promovem a indução de resistência evidenciando suas capacidades de ativar as defesas de frutíferas, como no caso da citricultura, estão selênio,

sílica, acibenzolar-S-metil, metil jasmonato e os neocotinoides. O selênio regula a expressão de genes envolvidos na biossíntese de etileno, podendo retardar o amadurecimento e melhora o sistema de defesa antioxidante (Zhu et al., 2017), aumentando assim o potencial das plantas para combater as condições estressantes (Handa et al., 2016). A sílica é um nutriente benéfico, que atua no sistema metabólico das plantas, induzindo a resistência (Imtiaz, et al., 2016), aumentando os fragmentos da parede celular (Zhichao et al., 2016) e a atividade enzimática dos tecidos vegetais (Conceição et al., 2014). O acibenzolar-S-metil é capaz de ativar as proteínas da patogênese, ocasionando a defesa da planta, como relatado em macieiras (Quaglia et al., 2011) e citros (Neto; Maraschin and Di Piero, 2015). O metil jasmonato é importante nas vias de sinalização molecular, elevando a ativação e indução da expressão de genes de defesa (Albrecht and Bowman, 2012; Fan et al., 2011). Substâncias, como os neocotinoides, têm propriedade de induzir a resistência sistêmica em plantas cítricas (Graham and Myres, 2011).

Devido a grande funcionalidade dos indutores de resistência nas plantas, estudos mais específicos devem ser realizados na pré-colheita, aprimorando suas aplicações e resultados esperados, e conseqüentemente, proporcionando seguridade na produção. O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade dos frutos de tangoreiro 'Ortanique' na pós-colheita e no armazenamento refrigerado após aplicação de indutores de resistência na pré-colheita, nas safras de 2015 e 2016.

### **13.3 Material e Métodos**

O experimento para aplicação dos indutores de resistência foi conduzido a campo, nas safras de 2015 e 2016, em pomar comercial (31°40'47"S e 52°26'24"O, com 60 m de altitude), localizado em Monte Bonito, 9º distrito do município de Pelotas, Rio Grande do Sul (RS), Brasil. O solo do local é moderadamente profundo, com textura média no horizonte A e argilosa no B, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2006). O clima da região é do tipo "Cfa", ou seja, temperado ou subtropical úmido com verões quentes (Köppen and Geiger, 1928), com precipitação média anual de 1590 mm, temperatura média anual de

18,4°C, umidade relativa média anual de 78,8% e média de 350 horas de frio (HF) abaixo de 7,2°C durante o inverno (INMET, 2016).

O tangoreiro ‘Ortanique’ (*Citrus reticulata* x *Citrus sinensis*) apresenta características distintas do fruto, a cultivar é considerada um tangoreiro natural, resultante do cruzamento entre laranja e tangerina (CITRUS ID, 2016). As plantas (6 anos) foram instaladas sob o portaenxerto limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck) com espaçamento de 5 metros entre linhas e 4 metros entre plantas. O campo experimental foi manejado de acordo com as normas de produção integrada para citros (Azevedo; Silva and Carvalho, 2010).

O delineamento experimental a campo para a aplicação dos indutores de resistência foi em blocos completos casualizados, com cinco repetições, três plantas por parcela, avaliando-se a planta central, em esquema unifatorial. O fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se, 10mg.L<sup>-1</sup>), sílica (Si, 400mg.L<sup>-1</sup>), acibenzolar-s-metil (ASM, 100mg.L<sup>-1</sup>), metil jasmonato (MeJa, 10mg.L<sup>-1</sup>), tiametoxam (TMT, 2000mg.L<sup>-1</sup>) e imidacloprido (IMI, 714mg.L<sup>-1</sup>)].

A aplicação dos indutores de resistência ocorreu com intervalo de aplicação de 15 dias, totalizando três aplicações no pomar, com 45, 30 e 15 dias antes da colheita. Os produtos Si, ASM e MeJa foram aplicados através de aspersão, com pulverizador costal (Guarani<sup>®</sup>), com bico tipo leque e tamanho de gota fina (101-200µ), em toda a copa da planta, evitando o escorrimento. Para os indutores Se, TMT e IMI preparou-se uma calda de cada produto, que foram aplicadas no solo, ao redor da copa da planta. Em todos os tratamentos adicionou-se 0,1% de espalhante adesivo não iônico Silwet L-77<sup>®</sup>.

Os frutos foram coletados aleatoriamente na copa da planta nos quatro quadrantes, colocados em caixas plásticas limpas e desinfetadas, transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde passaram por pré-seleção para padronização, retirando-se os frutos danificados e posteriormente foram submetidos ao pré-resfriamento (15±2°C) por 24 horas .

No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores de resistência descritos anteriormente e o fator B, pelo período de armazenamento (zero e 30 dias). O tempo zero correspondeu aos frutos que não foram submetidos ao armazenamento e, os 30 dias de armazenamento, foram em câmara fria a 5±1°C, sob umidade relativa de 85 a 95%. Após a retirada de câmara, os frutos passaram por simulação do tempo de comercialização, 7 dias a

20±1°C. Para cada tratamento, utilizaram-se três repetições com 20 frutos cada e mesma quantidade foi destinada ao armazenamento refrigerado, totalizando 840 frutos.

As análises realizadas foram coloração ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e hue), perda de massa fresca, índice de podridões, sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), razão SS/AT, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante. A coloração da polpa foi mensurada com colorímetro Minolta CR-300, com sistema de leitura CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$ , e a tonalidade cromática, representada pelo ângulo hue ( $h^\circ$ ), através da fórmula arco tangente  $b^*/a^*$ . O resultado desta equação, expresso em radianos, foi convertido em graus (Minolta, 1994).

A perda de massa fresca dos frutos foi obtida pela diferença entre a massa inicial e final do período de armazenamento refrigerado dos frutos, sendo os valores expressos em percentagem (%). O índice de podridões foi estabelecido pela percentagem de frutos atacados por patógenos através de verificação visual dos frutos, onde frutos com lesão maior ou igual a 1 mm foram considerados como podres. Ambas as avaliações foram realizadas após 30 dias de armazenamento refrigerado.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi quantificado com refratômetro digital (ATAGO®) modelo PAL-1, e os resultados foram expressos em °Brix. O potencial hidrogeniônico (pH) foi mensurado através de pHmetro digital (Digimed®). Para acidez titulável (AT) foram utilizadas 10mL do suco da fruta adicionados em 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi feita com o auxílio de bureta digital (Brand®), contendo solução de hidróxido de sódio (0,1 N) até atingir pH 8,1, os valores foram expressos em percentual de ácido cítrico. A razão SS/AT do tangor foi expressa pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O teor de ácido ascórbico foi quantificado através do método oficial da AOAC (1997) pela titulação oxidativa com 2,6-DiclorofenolIndofenol (DCFI), com o ponto da titulação sendo detectado pelo aparecimento da coloração rosada no titulado, o resultado foi expresso em mg de ácido ascórbico por 100g<sup>-1</sup> da amostra (Jacobs, 1958; Leme and Malavolta, 1950).

Para analisar os fitoquímicos do tangor ‘Ortanique’ separou-se o exocarpo ou epicarpo (casca) do endocarpo (polpa) e foram avaliados separadamente. Os compostos fenólicos totais foram quantificados utilizando o reagente Folin-Ciocalteu conforme método descrito por Swain and Hillis (1959), expressos em mg de equivalente ao ácido clorogênico (EAC) por 100g<sup>-1</sup> do tangor. A capacidade antioxidante foi determinada através de espectrofotometria, segundo método adaptado de Brand-Williams, Cuvelier and Berset (1995), sendo os

resultados expressos em  $\mu\text{g}$  de capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC)  $\text{g}^{-1}$  do tangor.

As safras de 2015 e 2016 foram utilizadas como repetição. Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, quanto à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância, o efeito dos indutores de resistência foi analisado pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) e o período de armazenamento pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Para comparar os indutores com a testemunha utilizou-se o teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). A presença de correlações entre as variáveis dependentes do estudo foi analisada através do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) ( $p < 0,05$ ).

#### 13.4 Resultados e Discussões

Para as variáveis de coloração ( $L^*$  e  $a^*$ ), acidez titulável, sólidos solúveis e ácido ascórbico ocorreu interação entre os fatores de tratamento testados (Tabela 1). Ao avaliar a coloração através da luminosidade ( $L^*$ ) não houve diferença entre os indutores em ambos os tempos de armazenamento. No entanto, após 30 dias de armazenamento refrigerado, os indutores Se, ASM e TMT mantiveram os valores de  $L^*$  dos frutos.

Quanto à intensidade do  $a^*$ , também não ocorreu diferença entre os indutores, porém, os tratamentos com Si, ASM, MeJa, TMT e IMI proporcionaram aumento da intensidade do avermelhado ao longo do armazenamento. Para  $L^*$  e  $a^*$  a aplicação dos indutores não diferiu ao ser comparada com a testemunha (Tabela 1). A coloração é um parâmetro utilizado pelos consumidores de citros, que preferem frutas frescas e semimaduras (Pacheco et al., 2014). Nesse trabalho mantiveram-se índices aceitáveis de coloração.

Quanto a acidez dos frutos, os indutores diferiram entre si aos 30 dias, sendo que IMI, Se e TMT apresentaram maior percentual de ácido cítrico. Apenas o neocotinoide IMI (1,85% de ácido cítrico) diferiu da testemunha. O teor de sólidos solúveis dos frutos do tangoreiro ‘Ortanique’ não apresentou diferença significativa entre os indutores no tempo inicial (zero), porém houve aumento ao longo do armazenamento somente para IMI. Também, não foram verificadas diferenças em relação a testemunha. Frutos do tangoreiro ‘URSBRS Hada’ de duplo propósito cultivado em Butiá/RS apresentaram 12,2 e 12,1°Brix e acidez de 1,59 a 1,65% de ácido cítrico (Gonzatto et al., 2015), corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

O ASM apresentou o menor teor de ácido ascórbico entre os indutores analisados em ambos os períodos. Durante o período de armazenamento refrigerado, o ácido ascórbico reduziu com a presença do indutor Se. Resultados superiores foram demonstrados no IMI tanto a zero quanto aos 30 dias de armazenamento e no Se somente nos frutos que não foram submetidos ao armazenamento, quando comparados à testemunha. Estudos realizados com frutos do tangoreiro ‘Murcott’ após 60 dias de armazenamento a  $4\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  e 7 dias de vida útil a  $20^{\circ}\text{C}$ , apresentaram níveis de perda de massa entre 3 e 6%, mantendo as qualidades físico-químicas, tais como ácido ascórbico, sólidos solúveis e acidez titulável (Pinto et al., 2015), percentual esse, de perda de massa coerente com os dados encontrados neste trabalho (Tabela 4).

Para a conservação de laranjas de umbigo ‘Newhall’ também foram estudados revestimentos antimicrobianos como forma de reduzir o uso de defensivos agrícolas, tendo sido verificado que o extrato de cravo reduziu a deterioração de frutos armazenados em câmara fria a  $7^{\circ}\text{C}$ , principalmente para as características físico-químicas, como sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico (Zeng et al., 2012).

A coloração expressa por  $b^*$  e pelo ângulo hue, além do pH e da razão SS/AT apresentaram significância somente para o efeito principal do período de armazenamento (Tabela 3). Para a coloração  $b^*$ , todos os frutos evidenciaram a intensidade do amarelo, com valores positivos e da mesma forma para o hue, em que a coloração da epiderme dos frutos caracterizou-se como amarelo, porém, ambos apresentaram redução ao longo do armazenamento. O pH e a razão SS/AT dos frutos aumentaram com o armazenamento refrigerado. Resultados distintos foram encontrados em frutos de tangoreiro ‘Ortanique’ submetidos a aplicação de cera de carnaúba na pós-colheita, onde, nem o revestimento e o tempo de armazenamento influenciaram nos sólidos solúveis, acidez titulável, pH e razão SS/AT (Machado; Costa and Batista, 2012).

A redução no percentual de perda de massa e podridões foi significativa com a aplicação dos indutores, sendo estas avaliadas após 30 dias de armazenamento (Tabela 4). Os indutores que mantiveram a massa fresca dos frutos foram Se, Si, ASM, TMT e IMI, o indutor MeJa obteve maior perda de massa fresca dos frutos, se igualando a testemunha.

O percentual de podridões dos frutos demonstrou que os indutores aplicados reduziram as podridões ao longo do período de armazenamento de 30 dias, em relação a testemunha, no entanto não diferiram entre eles, possivelmente pelo pouco período do armazenamento dos frutos. Estudos realizados por Wang and Liu (2012) em frutos cítricos

com a aplicação do indutor ácido salicílico demonstraram vários eventos fisiológicos e moleculares, os quais conferiram resistência, reduzindo a incidência de podridões e bacterioses.

Para os compostos fenólicos totais na polpa dos frutos da ‘Ortanique’ o indutor ASM no tempo inicial apresentou o menor teor de fenóis, mas foi o único indutor que não demonstrou decréscimo ao longo do armazenamento. Diferiram da testemunha os indutores IMI aos zero e 30 dias, e Se, Si e MeJa somente aos 30 dias de armazenamento refrigerado (Tabela 2). Segundo Sibozza, Bertiling and Odindo (2014), o MeJa combinado com ASM mantiveram a integridade da membrana de frutos de limoeiro, tornando-se eficazes na tolerância ao frio do armazenamento, além de aumentar os compostos fenólicos.

Quando esses compostos foram avaliados na casca, observou-se que não houve diferença entre os indutores tanto no zero quanto aos 30 dias de armazenamento. No entanto, ao longo do armazenamento, todos os indutores mantiveram os teores de fenóis totais, com exceção do IMI. Os indutores Si e IMI foram superiores à testemunha em ambas as avaliações.

Para a capacidade antioxidante na polpa dos frutos não houve diferença entre os indutores testados tanto no início quanto no final do armazenamento, e todos os indutores mantiveram a capacidade antioxidante ao longo do período de armazenamento. No entanto, quando comparados com a testemunha no dia zero, todos os indutores, exceto ASM, apresentaram resultados superiores a testemunha. Já, aos 30 dias após o armazenamento, somente a Si, MeJa e IMI foram superiores a testemunha. Os inseticidas neonicotinoides sistêmicos, IMI e TMT, reduziram a incidência de doenças em frutos de toranjeira e laranjeiras jovens (Graham and Myers, 2013).

Ao avaliar a capacidade antioxidante da casca dos frutos da ‘Ortanique’ não se verificou diferença entre os indutores nos dois períodos avaliados. Ao longo do armazenamento, a capacidade antioxidante reduziu, com exceção do indutor MeJa, que manteve elevados teores, sendo o único que se diferenciou da testemunha em ambos os períodos de armazenamento. Em experimento de Moulehi et al. (2012), a capacidade antioxidante de tangerina (*Citrus reticulata*) e de laranja amarga (*Citrus aurantium*) variou durante o período de amadurecimento, sendo a capacidade antioxidante da laranja superior a tangerina. Em laranjas de umbigo [*Citrus sinensis* (L). Osbeck] tratadas com o indutor Oligochitosan *spray* na pré-colheita também foi provado ser alternativa potencial para substituir os métodos convencionais de controle, por impedir doenças na pós-colheita, em

razão de aumentar a concentração de enzimas relacionadas aos mecanismos de defesa (Deng; Zhou and Zeng, 2015).

Quando se correlacionou os compostos fenólicos totais dos frutos com sua capacidade antioxidante, os indutores selênio ( $r = 0,518$ ), sílica ( $r = 0,755$ ), MeJa ( $r = 0,883$ ) e TMT ( $r = 0,802$ ) caracterizaram associação positiva entre essas variáveis, demonstrando que a capacidade antioxidante dos frutos da 'Ortanique' deve-se aos compostos fenólicos, diferentemente da testemunha, que não apresentou correlação. No entanto, entre a capacidade antioxidante da casca e os fenóis do fruto, os indutores sílica ( $r = 0,631$ ) e MeJa ( $r = 0,917$ ) foram superiores à testemunha ( $r = 0,607$ ). Atividades preventivas e curativas de tratamentos pós-colheita vêm sendo relatadas na literatura, como a utilização do indutor de resistência silicato de sódio, no controle de *Penicillium digitatum* e *Penicillium italicum*, demonstrando resultado eficaz (Moscoso-Ramírez and Palou, 2013).

Ao correlacionar os compostos fenólicos do endocarpo com os da casca, os indutores ASM ( $r = 0,925$ ) e IMI ( $r = 0,707$ ) foram superiores a testemunha ( $r = 0,562$ ). Enquanto que, na associação entre a capacidade antioxidante e fenóis totais, ambos na casca, os indutores selênio ( $r = 0,883$ ) e sílica ( $r = 0,861$ ) foram superiores à correlação da testemunha ( $r = 0,801$ ).

Na capacidade antioxidante do endocarpo correlacionada com a da casca, apenas o indutor MeJa ( $r = 0,739$ ) foi superior à testemunha ( $r = 0,546$ ). O MeJa tem sido investigado no papel de defesa das plantas, no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) foi responsável por influenciar várias funções metabólicas, como a biogênese, degradação de proteínas e defesa celular (Oliveira et al., 2015).

Tabela 1 - Coloração (L\* e a\*), acidez titulável (% de ácido cítrico), sólidos solúveis (°Brix) e ácido ascórbico (mg 100g<sup>-1</sup>) de frutos do tangor 'Ortanique' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1°C), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Indutores	L*		a*		Acidez titulável (% de ácido cítrico)		Sólidos solúveis (°Brix)		Ácido ascórbico (mg 100g <sup>-1</sup> )	
	Período de armazenamento									
	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30
Testemunha	60,61	58,94	26,43	27,77	1,82	1,46	12,10	13,03	22,21	21,64
Selênio (Se)	61,64 aA <sup>1/</sup> ns	60,70 aA <sup>ns</sup>	26,95 aA <sup>ns</sup>	28,39 aA <sup>ns</sup>	1,84aA <sup>ns</sup>	1,72abA <sup>ns</sup>	13,11aA <sup>ns</sup>	13,95aA <sup>ns</sup>	25,68aA <sup>*</sup>	23,93abB <sup>ns</sup>
Sílica (Si)	62,06 aA <sup>ns</sup>	60,29 aB <sup>ns</sup>	26,13 aB <sup>ns</sup>	29,30 aA <sup>ns</sup>	1,77aA <sup>ns</sup>	1,54bA <sup>ns</sup>	12,50aA <sup>ns</sup>	13,30abA <sup>ns</sup>	22,95abA <sup>ns</sup>	21,48abA <sup>ns</sup>
Acibenzolar-s-metil (ASM)	61,06 aA <sup>ns</sup>	59,99 aA <sup>ns</sup>	26,70 aB <sup>ns</sup>	27,94 aA <sup>ns</sup>	1,68aA <sup>ns</sup>	1,30cB <sup>ns</sup>	11,20aA <sup>ns</sup>	12,35bA <sup>ns</sup>	21,31bA <sup>ns</sup>	20,73bA <sup>ns</sup>
Metil Jasmonato(MeJa)	61,90 aA <sup>ns</sup>	60,29 aB <sup>ns</sup>	25,54 aB <sup>ns</sup>	27,61 aA <sup>ns</sup>	1,81aA <sup>ns</sup>	1,51bcB <sup>ns</sup>	11,63aA <sup>ns</sup>	12,95abA <sup>ns</sup>	23,58abA <sup>ns</sup>	22,76abA <sup>ns</sup>
Tiametoxam (TMT)	60,92 aA <sup>ns</sup>	59,99 aA <sup>ns</sup>	25,74 aB <sup>ns</sup>	27,84 aA <sup>ns</sup>	1,79aA <sup>ns</sup>	1,67abA <sup>ns</sup>	12,71aA <sup>ns</sup>	13,33abA <sup>ns</sup>	23,20abA <sup>ns</sup>	21,91abA <sup>ns</sup>
Imidacloprido (IMI)	62,02 aA <sup>ns</sup>	59,64 aB <sup>ns</sup>	25,45 aB <sup>ns</sup>	27,87 aA <sup>ns</sup>	1,99aA <sup>ns</sup>	1,85aB <sup>*</sup>	12,56aB <sup>ns</sup>	13,46abA <sup>ns</sup>	25,32aA <sup>*</sup>	24,46aA <sup>*</sup>
C.V. (%)	1,2		3,2		10,7		3,8		6,8	

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) comparando os indutores em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05) comparando os armazenamentos em cada indutor. \*e ns, Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor) pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 2 – Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g<sup>-1</sup>) e capacidade antioxidante (DPPH, µg TEAC g<sup>-1</sup>) na polpa e casca de frutos do tangor ‘Ortanique’ em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e dos períodos de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1°C), safras 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Indutores	Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g <sup>-1</sup> ) na polpa		Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g <sup>-1</sup> ) na casca		DPPH (µg TEAC g <sup>-1</sup> ) na polpa		DPPH (µg TEAC g <sup>-1</sup> ) na casca	
	Período de armazenamento							
	0	30	0	30	0	30	0	30
Testemunha	75,89	60,76	451,69	428,57	85,66	76,46	629,35	530,19
Selênio (Se)	85,10 abA <sup>1/</sup> ns	73,44 aB*	457,68 aA <sup>ns</sup>	435,22 aA <sup>ns</sup>	109,75aA*	97,10aA <sup>ns</sup>	663,34aA <sup>ns</sup>	545,18aB <sup>ns</sup>
Sílica (Si)	86,19 abA <sup>ns</sup>	75,53 aB*	500,04 aA*	477,59 aA*	123,19aA*	109,82aA*	721,95aA <sup>ns</sup>	605,28aB <sup>ns</sup>
Acibenzolar-s-metil (ASM)	77,00bA <sup>ns</sup>	66,18 aA <sup>ns</sup>	468,05 aA <sup>ns</sup>	445,10 aA <sup>ns</sup>	100,35aA <sup>ns</sup>	92,01aA <sup>ns</sup>	701,84aA <sup>ns</sup>	583,18aB <sup>ns</sup>
Metil Jasmonato (MeJa)	86,99 abA <sup>ns</sup>	76,16 aB*	485,07 aA <sup>ns</sup>	462,29 aA <sup>ns</sup>	116,39aA*	102,01aA*	763,20aA*	644,54aA*
Tiametoxam (TMT)	82,82 abA <sup>ns</sup>	69,49 aB <sup>ns</sup>	479,18 aA <sup>ns</sup>	456,56 aA <sup>ns</sup>	111,44aA*	93,15aA <sup>ns</sup>	700,61aA <sup>ns</sup>	581,78aB <sup>ns</sup>
Imidacloprido (IMI)	90,92 aA <sup>*</sup>	76,08 aB*	507,04 aA*	484,42 aB*	124,87aA*	111,57aA*	734,03aA <sup>ns</sup>	615,04aB <sup>ns</sup>
C.V. (%)	7,9		6,0		11,7		10,4	

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) comparando os indutores em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05) comparando os armazenamentos em cada indutor. \*e ns, Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor) pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 3 - Coloração (b\* e Hue), pH e razão SS/AT de frutos do tangor ‘Ortanique’ sob efeito do armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1°C), safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Variáveis analisadas	Período de armazenamento		C.V. (%)
	0	30	
b*	63,46 a <sup>1/</sup>	58,77 b	1,8
Hue	67,65 a	64,35 b	1,6
pH	3,16 b	3,21 a	1,7
Razão SS/AT	6,79 b	8,41 a	12,0

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t ( $p \leq 0,05$ ) comparando os períodos de armazenamento. C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 4 - Perda de massa fresca (%) e índice de podridões (%) de frutos do tangor ‘Ortanique’ tratados na pré-colheita com indutores de resistência, safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Indutores	Perda de massa fresca (%)	Índice de podridões (%)
Testemunha	13,83a <sup>1/</sup>	5,00 a
Selênio (Se)	7,74bc	0,83 b
Sílica (Si)	7,78bc	0,83 b
Acibenzolar-s-metil (ASM)	7,35c	0,83 b
Metil Jasmonato (MeJa)	11,35ab	0,83 b
Tiametoxam (TMT)	8,23bc	0,83 b
Imidacloprido (IMI)	8,25bc	0,83 b
C.V. (%)	34,7	58,8

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) comparando os indutores. C.V.: coeficiente de variação.

### 13.5 Conclusões

Os indutores de resistência aplicados na pré-colheita são eficientes na manutenção das características físico-químicas dos tangores ‘Ortanique’ na pós-colheita. A aplicação dos indutores de resistência reduz o percentual de perda de massa fresca e podridões nos frutos após 30 dias de armazenamento refrigerado. Os indutores mantêm os compostos fenólicos e a capacidade antioxidante, tanto na polpa quanto na casca dos frutos, ao longo do período de armazenamento. A Si, MeJa e IMI proporcionam aumento dos fitoquímicos quando comparados a testemunha.

### 13.6 Referências

Aghdam, M. S. et al. Impacto f salicylic acido n postharvest physiology of fruits and vegetables, clapter 8, p. 244-260 In: Siddiqui, M.W. **Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality**, Bihar Agricultural University, Department of Food Science and Postharvest Technology, Sabour, Bhagalpur, Bihar, India, 2016, 305p.

Handa, N. et al. Chapter 7: Selenium: An antioxidative protectant in plants under stress. v. 1, p. 179-207. Ahmad, P. **Plant Metal Interaction Emerging Remediation Techniques**. Department of Botany, S.P. College, Srinagar, Jammu and Kashmir, India, 2016, 603p.

Albrecht, U.; Bowman, K.D. Transcriptional response of susceptible and tolerant citrus to infection with *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Plant Science**, 185/186:118-130, 2012.

Albrecht, U.; McCollum, G.; Bowman, K.D. Influence of rootstock variety on Huanglongbing disease development in field-grown sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) trees. **Scientia Horticulturae**, 138: 210-220, 2012.

Azevedo, C.L.L.; Silva, J.A.A.; Carvalho, J.E.B. **Segunda Versão de Normas Técnicas Específicas (NTE) da Produção Integrada de Citros no Brasil**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Documento 192, 2010, 19p.

Bock, C. H. et al. Infection and decontamination of citrus canker-inoculated leaf surfaces. **Crop Protection**, 30:259-264, 2011.

Brand-Willians, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, 28:25-30, 1995.

CITRUS ID. **Citrus**. 2016. Disponível em: <<http://idtools.org/id/citrus/citrusid/>>. Acesso em: 05 dez de 2016.

Conceição, C. S. et al. Combined effect of yeast and silicon on the control of bacterial fruit blotch in melon. **Scientia Horticulturae**, 174:164-170, 2014.

Deng, L.; Zhou, Y.; Zeng, K. Pre-harvest spray of oligochitosan induced the resistance of harvested navel oranges to anthracnose during ambiente temperature storage, **Crop Protection**, 70:70-76, 2015.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de **Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

Fan, J. et al. Comparative Itraq proteome and transcriptome analyses of sweet orange infected by *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Physiologia plantarum**, 143(3):235-245, 2011.

FAO. Faostat: **Production crops**. 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 10 nov 2016.

Gonzatto, M. P. et al. ‘URSBRS Hada’: Tangoreiro de maturação tardia de duplo propósito. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(2):524-527, 2015.

Graham, J. H; Myers, M.E. Soil Application of SAR Inducers Imidacloprid, Thiamethoxam, and Acibenzolar-S-Methyl for Citrus Canker Control in Young Grapefruit Trees. **Plant Disease**, 95(6):720-729, 2011.

Graham, J.H.; Myers, M.E. Integration of soil applied neocicotinoid insecticides and acibenzolar-S-methyl for systemic acquired resistance (SAR) control of citrus canker on young citrus trees. **Crop Protection**, 54:239-243, 2013.

Intiaz, M. et al. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: a review. **Journal of Environmental Management**, 183(3):521-529, 2016.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Instituto Adolfo Lutz – **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. v. 1, 1020 p.

Jacobs, M. B. **The chemical analysis of foods and food products**. New York: Van Nostrand, 1958. 979 p

Koller, O. L. (Org.) **Citricultura Catarinense**. Florianópolis: EPAGRI, 2013. 319p.

Köppen, W.; Geiger, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

Leme, J. J.; Malavolta, E. Determinação fotométrica de ácido ascórbico. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, 7:115-129, 1950.

Machado, F. L. C.; Costa, J. M. C.; Batista, E. N. Application of carnauba-based wax maintains postharvest quality of 'Ortanique' tangor. **Food Science and Technology**, 32(2):261-266, 2012.

Minolta. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Brasil: MINOLTA Co. Ltda.,1994. 49p

Moscoso-Ramírez, P.A.; Palou, L. Evaluation of postharvest treatments with chemical resistance inducers to control Green and blue molds on Orange fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 85:132-135, 2013.

Moulehi, I. et al. Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. **Industrial Crops and Products**, 39:74-80, 2012.

Neto, A.C.R.; Maraschin, M.; Di Piero, R.M. Antifungal activity of salicylic acid against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **International Journal of Food Microbiology**, 215:64-70, 2015.

Oliveira, M. B. et al. Exogenous application of methyl jasmonate induces a defense response and resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in dry bean plants. **Journal of Plant Physiology**, 182:13-22, 2015.

Pacheco, C. A. et al. Characterization of fruits of Tangor TM x LP 290 for fresh fruit market. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(4):805-812, 2014.

Pinto, J. A. V. et al. Mass loss induction on physical and chemical qualities of 'Murcott' Tangor during cold storage. **Bioscience Journal**, 31(5):1325-1332, 2015.

Quaglia, M. et al. Biological control agents and chemical inducers of resistance for postharvest control of *Penicillium expansum* Link. on apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 59(3):307-315, 2011.

Robert-Seilaniantz, A.; Grant, M.; Jones, J.D. Hormone crosstalk in plant disease and defense: More than just jasmonate-salicylate antagonism. **Annual Reviews of Phytopathology**, 49:317-343, 2011.

Siboza, X.I.; Bertling, I.; Odindo, A.O. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). **Journal of Plant Physiology**, 171(18):1722-1731, 2014.

Swain, T.; Hills, W. E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 19:63-68, 1959.

Wang, Y.; Liu J. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates occurrence of citrus canker in susceptible navel Orange (*Citrus sinensis* Osbeck). **Journal of Plant Physiology**, 169(12):1143-1149, 2012.

Zeng, R. et al. Postharvest quality and physiological responses of clove bud extract dip on 'Newhall' navel orange. **Scientia Horticulturae**, 138:253-258, 2012.

Zhichao, W. et al. Comparative responses to silicon and selenium in relation to cadmium uptake, compartmentation in roots, and xylem transport in flowering *Chinese cabbage* (*Brassica campestris*) L. ssp. *Chinensis* var. *utilis*) under cadmium stress. **Environmental and Experimental Botany**, 131:173-180, 2016.

Zhu, Z. et al. Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. **Food Chemistry**, 219:179-184, 2017.

### **14 Artigo 3**

A ser submetido à Revista Acta Agronômica (0120-2812;2323-0118)

#### **Influência de indutores de resistência no armazenamento refrigerado dos frutos do tangoreiro 'Ortanique'**

#### **Influence of resistance inducers on the refrigerated storage of 'Ortanique' tangor fruits**

Marines Batalha Moreno Kirinus<sup>1</sup>; Pricila Santos da Silva<sup>1</sup>; Caroline Farias Barreto<sup>1</sup>; Roberto Pedroso de Oliveira<sup>2</sup>; Marcelo Barbosa Malgarim<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil; <sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: marinesfaem@gmail.com

Este estudo objetivou avaliar a redução das podridões e as alterações na qualidade dos tangores 'Ortanique' durante o período de armazenamento refrigerado, tratados com indutores de resistência na pré-colheita. Os tratamentos realizados foram: testemunha, selênio, sílica, acibenzolar-s-metil, metil jasmonato, tiamethoxam e imidacloprido. As condições de armazenamento foram na temperatura de  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$  nos períodos: 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Seguido de simulação da vida de prateleira de 7 dias  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ . As avaliações realizadas foram coloração ( $L^*$  e ângulo Hue), acidez titulável, sólidos solúveis, teor de ácido ascórbico e índice de podridões. Os indutores selênio, acibenzolar-s-metil e metil jasmonato mantiveram a coloração dos frutos. Os frutos tratados com os indutores de resistência acibenzolar-s-metil, tiamethoxam e imidacloprido tiveram maiores teores de acidez e açúcares. Os diferentes indutores proporcionaram reduzir a porcentagem de podridões, demonstrando eficiência na indução de resistência adquirida.

**Palavras-chaves:** *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata*; Pós-colheita; Câmara fria; Elicitores; Qualidade;

The objective of this study was to evaluate the reduction of rot and changes in the quality of 'Ortanique' tangors during the refrigerated storage period, treated with pre-harvest resistance inducers. The treatments were: control, selenium, silica, acibenzolar-s-methyl, methyl jasmonate, thiamethoxam and imidacloprid. The storage conditions were at a temperature of  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  and relative humidity of  $90\pm 5\%$ , during the periods: 0, 15, 30, 45 and 60 days. Followed by shelf life simulation of 7 days at  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ . The evaluations were coloration ( $L^*$  and Hue angle), titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid content and rot index. The selenium, acibenzolar-s-methyl and methyl jasmonate inducers maintained the coloration of the fruits. The fruits treated with the acibenzolar-s-methyl, thiamethoxam and imidacloprid resistance inducers had higher levels of acidity and sugars. The different inducers allowed to reduce the incidence of rot, demonstrating efficiency in the induction of acquired resistance system.

**Keywords:** *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata*; Post-harvest; cold storage; Elicitors; quality

### 14.1 Introdução

A produção de citros no Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial, alcançando 30% da produção com aproximadamente 15 mil toneladas. No entanto, sua produtividade é baixa se comparada a outros países produtores (FAO, 2016). Isso se deve a diferentes fatores, como doenças sistêmicas que atacam os pomares, entre elas *greening* (*Candidatus* spp.), morte súbita (MSC), cancro cítrico (*Xanthomonas citri*) e

mancha preta (*Guignardia citricarpa*), e também, existem as doenças que ocorrem após a colheita, como os bolores (*Penicillium* spp.) (Theodoro & Koller, 2013).

Uma das alternativas para a redução dessas doenças na cultura consiste na utilização de genótipos tolerantes ou resistentes, advindos dos programas de melhoramento genético. No entanto, com a indisponibilidade de cultivares com tais parâmetros, este método torna-se inviável. Outra alternativa prevê o emprego de tecnologias, como a indução da resistência sistêmica adquirida (RSA) que é um mecanismo de defesa natural das plantas o qual, após ser induzido, pode conferir longa duração na proteção contra amplo espectro de microrganismos (Van Loon et al., 2006). Plantas sensíveis podem adquirir maior capacidade de defesa contra ataques subsequentes de patógenos, a partir de infecção primária, limitada a um patógeno ou a partir do tratamento com indutores químicos de resistência (Pinto, 2011). Com a utilização desses métodos deseja-se a redução de doenças nos pomares, e principalmente na pós-colheita, minimizando-se os problemas com o ambiente causados pela utilização repetitiva e abusiva de agrotóxicos.

Algumas substâncias são promotoras da indução de RSA através de um sinal molecular como selênio, sílica, acibenzolar-S-metil, metil-jasmonato e neocotinoides. O selênio é um microelemento que após ser absorvido pela planta pode permanecer na forma inorgânica, volátil ou em formas reduzidas acopladas, é uma molécula com elevada capacidade antioxidante e de indução do sistema de defesa da planta (Becvort, 2011). A sílica também desempenha função de defesa, combinando atributos físicos e químicos, tais como a lignificação da parede celular, indução de várias proteínas de defesa (French-Monar, 2010; Schultz, 2012), conforme verificado no abacate (Tesfay et al., 2011), algodoeiro (oliveira et al., 2012), café (Asmar et al., 2013) e tomate (Andrade et al., 2013). O acibenzolar-S-metil é um análogo funcional do ácido salicílico, capaz de

ativar defesas da planta, tais como proteínas relacionadas à patogênese, sendo utilizado em maçãs (Quaglia et al., 2011) e citros (Graham & Myers, 2011). O metil-jasmonato interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos, demonstrando resultados promissores na indução de resistência, através da biossíntese de metabólitos secundários (Zhou & Memelink, 2016) e apresentou resultados promissores na nêspera (Cao et al., 2012; Cai et al., 2011), romã (Sayyari et al., 2011) e banana (Zhao et al., 2012). Recentemente, substâncias como neocotinoides, imidacloprido e tiamethoxam, têm sido utilizadas com sucesso na indução de resistência em citros (Graham & Myers, 2011).

A ocorrência de doenças nos pomares é um dos principais fatores responsáveis por elevadas perdas na produção em todas as regiões do país, principalmente na pós-colheita (Moretto et al., 2014). Além disso, há preocupação em relação ao consumo de frutas seguras, devido ao uso impróprio de produtos químicos na pré e pós-colheita (Colnot & Dekant, 2017). Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a redução de podridões e a qualidade pós-colheita do tangoreiro 'Ortanique' durante o armazenamento refrigerado, após a aplicação de indutores de resistência em pré-colheita.

## **14.2 Material e Métodos**

O experimento para aplicação dos indutores de resistência foi conduzido a campo, na safra de 2016, em pomar comercial (31°40'47"S, 52°26'24"O e altitude de 60 metros) localizado em Monte Bonito, 9º distrito do município de Pelotas, Rio Grande do Sul (RS), Brasil. O local possui solo moderadamente profundo, com textura média no horizonte A e argilosa no B, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2006). O clima da região é do tipo "Cfa", ou seja, temperado úmido com verões quentes (Köppen e Geiger, 1928), com precipitação média anual de 1.582 mm, temperatura

média anual de 18,4°C, umidade relativa média anual de 78,8% e média de 350 horas de frio (HF) abaixo de 7,2°C durante o inverno (INMET, 2016).

O delineamento experimental a campo para a aplicação dos indutores de resistência foi em blocos completamente casualizados, com cinco repetições, em esquema unifatorial. O fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se, 10mg.L<sup>-1</sup>), sílica (Si, 400mg.L<sup>-1</sup>), acibenzolar-s-metil (ASM, 100mg.L<sup>-1</sup>), metil jasmonato (MeJa, 10mg.L<sup>-1</sup>), tiamethoxam (TMT, 2000mg.L<sup>-1</sup>) e imidacloprido (IMI, 714mg.L<sup>-1</sup>)].

A aplicação dos indutores de resistência ocorreu com intervalo de aplicação de 15 dias, totalizando três aplicações no pomar, com 45, 30 e 15 dias antes da colheita. Os produtos Si, ASM e MeJa foram aplicados através de aspersão, com pulverizador costal (Guarani<sup>®</sup>), com bico tipo leque e tamanho de gota fina (101-200µ), em toda a copa da planta, evitando o escorrimento. Para os indutores Se, TMT e IMI preparou-se uma calda de cada produto, que foram aplicadas no solo, ao redor da copa da planta. Em todos os tratamentos adicionou-se 0,1% de espalhante adesivo não iônico Silwet L-77<sup>®</sup>.

Os frutos foram coletados aleatoriamente na copa da planta nos quatro quadrantes, colocados em caixas plásticas limpas e desinfetadas, transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde passaram por pré-seleção para padronização, retirando-se os frutos danificados e posteriormente foram submetidos ao pré-resfriamento (15±2°C) por 24 horas.

No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial, com quatro repetições e 20 frutos por repetição. O fator A foi composto pelos mesmos indutores de resistência descritos anteriormente e o fator B, pelo período de armazenamento (zero, 15, 30, 45 e 60 dias). O armazenamento foi

realizado em câmara fria com temperatura de  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$ , posteriormente foi simulado a vida de prateleira (7 dias com temperatura de  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ).

As análises realizadas foram índice de podridões, perda de massa fresca, coloração ( $L^*$  e hue), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e ácido ascórbico. O índice de podridões foi estabelecido pelo percentual (%) de frutos atacados por patógenos através de verificação visual dos frutos, onde frutos com lesão maior ou igual a 1 mm foram considerados como podres. A perda de massa fresca dos frutos foi obtida através de balança semianalítica pela diferença entre a massa inicial e final do período de armazenamento refrigerado dos frutos, sendo os valores expressos em percentagem (%). A coloração da polpa foi mensurada com colorímetro Minolta CR-300, utilizando-se o sistema de leitura, aprovado pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE), obtendo-se  $L^*$ , a luminosidade dos frutos e o matiz ou tonalidade cromática representada pelo ângulo hue (Minolta, 1994). A acidez titulável (AT) foi realizada através de titulação utilizando 10 mL de polpa triturada dos frutos, adicionada a 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi feita com o auxílio de bureta digital, (Brand®), contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, até atingir o ponto de viragem (pH 8,1). A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100g de amostra (Instituto Adolfo Lutz, 2008). O teor de sólidos solúveis foi quantificado com refratômetro digital (ATAGO, modelo PAL-1) e o resultado foi expresso em °Brix (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O teor de ácido ascórbico foi quantificado através do método oficial da AOAC (2005) pela titulação oxidativa com 2,6-Diclorofenol Indofenol (DCFI), com o ponto da titulação sendo detectado pelo aparecimento da coloração rosada no titulado e o resultado foi expresso em mg de ácido ascórbico por 100g da amostra (Jacobs, 1958; Leme & Malavolta, 1950).

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância, os efeitos dos indutores foram analisados pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) e períodos de armazenamento por modelos de regressão ( $p \leq 0,05$ ).

### 14.3 Resultados e Discussões

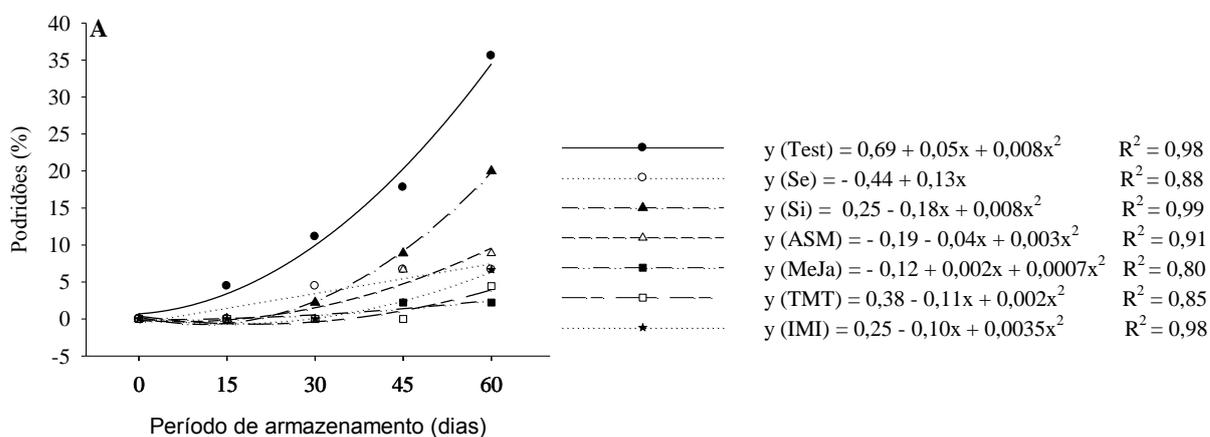
O índice de podridões dos frutos armazenados demonstrado na Figura 1, para todos os períodos estudados, os indutores diferiram significativamente da testemunha, principalmente aos 15 +7 dias onde somente a testemunha apresentou podridões (4,4%). Já aos 30 +7 dias de armazenamento os tangores tratados com os indutores de resistência apresentaram redução do percentual de podridões o Se (4,4%) e a Si (2,2%), e por não apresentarem podridões o ASM, MeJa, TMT e IMI (0%), comparados com testemunha (11,1%).

Nos 45 +7 dias a testemunha (17,7%) apresentou a maior incidência de podridões que os tangores tratados com Se (6,6%), Si (8,8%), ASM (6,6%), MeJa (2,2%), TMT (0%) e IMI (2,2%). Ao compararmos com os períodos de armazenamento observou-se um aumento da incidência de podridões ao longo do período do armazenamento nos tangores ‘Ortanique’ não inoculados. Aos 60 +7 dias a testemunha apresentou 35,5% de podridões, superior aos indutores testados, sendo eles o Se com 6,6%, a Si com 19,9%, o ASM com 8,8%, o MeJa com 2,2%, o TMT com 4,4% e o IMI com 6,6%, demonstrando assim a importância da utilização dos mesmos para reduzir as perdas na pós-colheita. Já em tangoreiro ‘Murcott’ com a utilização da levedura *Sacharomyces cerevisiae* para o controle do bolor verde inoculado (*Penicillium digitatum*) resultou em 47% dos frutos sadios, o que aumentou para 67% quando

combinados com o fungicida imazalil a  $0,5 \text{ mL.L}^{-1}$  (Moretto et al., 2014). Ao avaliarmos o índice de podridões dos frutos, ocorreu interação entre os indutores e os períodos de armazenamento. O indutor Si não diferiu da testemunha, com valores médios de 7,22 e 15,0 de percentagem de frutos atacados, respectivamente.

A perda de massa dos frutos submetidos aos indutores de resistência obteve uma redução dos seus índices (Figura 1), demonstrando a importância de serem tratados, quando comparados a testemunha. Durante o período de armazenamento dos frutos os indutores Se, ASM e MeJa obtiveram uma menor perda de massa ao final da acondicionamento em câmara fria ( $\leq 15\%$ ). A perda de massa ao longo do armazenamento é resultado da diminuição do teor de água, que pode ser intensificada devido às alterações fisiológicas nos processos de transpiração e respiração (Prusky, 2011).

Os frutos tratados com o indutor IMI obtiveram a maior perda de massa fresca, juntamente com a testemunha, atingindo valores próximos de 20% ao final do período de armazenamento estudado. Estudos realizados por Bassan et al. (2016) em lima ácida ‘Tahiti’ demonstraram que os frutos ao serem manipulados e comercializados aumentaram a perda de massa fresca. Com isso, devem-se obter alternativas para minimizar estas perdas, como no caso, do acondicionamento pós-colheita de etileno como uma ferramenta de reduzir as perdas de massa de laranjas (Lafuente et al., 2014).



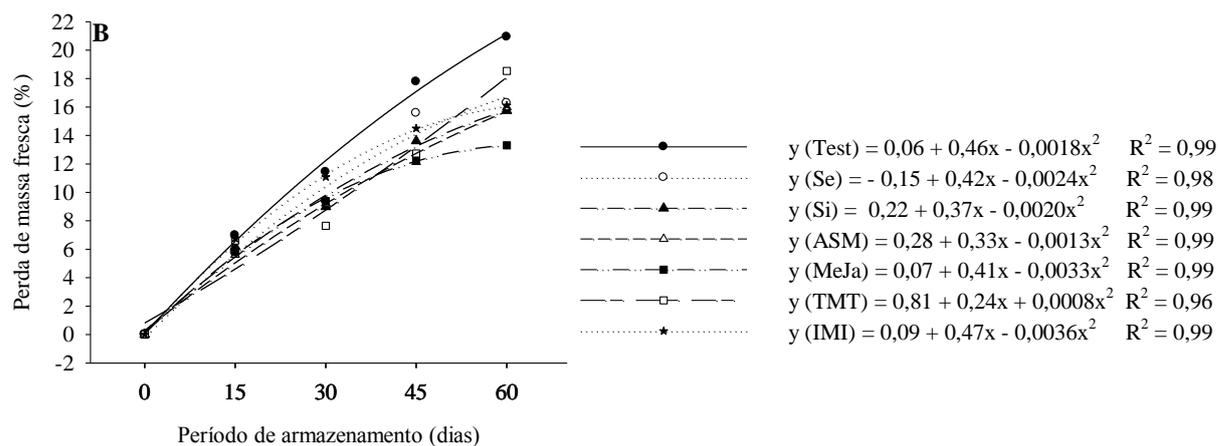


Figura 1 - Percentual de podridões (A) e perda de massa fresca (B) de tangores ‘Ortanique’ submetidos na pré-colheita aos indutores selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil-jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI), armazenados sob refrigeração ( $5\pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$ ) e posterior simulação de vida de prateleira por 7 dias ( $22\pm 2^\circ\text{C}$ ). Pelotas/RS, 2016.

Os valores de  $L^*$ , que indicam a luminosidade (Figura 2), os indutores que apresentaram, no último período de armazenamento, a coloração mais clara foram o MeJa (61,1), seguido pelos indutores Si (58,2), ASM (58,2), TMT (58,6) e IMI (59,0). O MeJa apresentou alto valor de  $L^*$ , pois desempenha um papel de acumulação de determinadas proteínas relacionadas com patogênese, e aumentam a tolerância ao frio em limão (*Citrus limon*) mantendo os padrões de qualidade dos frutos armazenados (Siboza et al., 2014). Com o passar do tempo de armazenamento refrigerado dos frutos (Figura 1), após serem submetidos a simulação de vida de prateleira observou-se um crescente escurecimento (valor de  $L^*$  e Hue) na testemunha, ASM e TMT, fator este prejudicial para a comercialização, por depreciar o produto.

Ao realizar a comparação entre os períodos, através da fórmula da regressão dos indutores (Figura 2), quando os frutos foram retirados do armazenamento refrigerado constatou-se acréscimos, para o indutor Se, em média de 45,77, MeJa de 0,27 e TMT de 0,50 para coloração em  $L^*$  quando foram comparadas ao tempo inicial. Já testemunha, Si, ASM e IMI obtiveram decréscimos da luminosidade dos frutos com valores médios

respectivamente de -3,05, -1,49, -0,91 e -0,52, decréscimos estes ocasionados pelo amadurecimento e queda da qualidade ao longo do armazenamento dos frutos.

Ao longo do período de armazenamento os frutos perdem a pigmentação verde da casca para o aparecimento da cor amarela típica do amadurecimento, em regiões de clima temperado a cor verde, em citros, é perdida naturalmente pela redução da temperatura no pomar (Brotons et al., 2013).

Os valores de ângulo Hue ( $h^\circ$ ) não apresentaram diferença significativa entre os indutores até 45 + 7 dias de armazenamento. Observou-se que o tratamento ASM manteve melhor as características de qualidade ao longo do período de armazenamento, mantendo o ângulo hue para 45+7 dias de 62,5 e para 60+7 dias de 63,9. O indutor Si apresentou melhores resultados até 45 + 7 dias (63,6), no entanto aos 60 +7 dias foi o indutor MeJa (63,9), os indutores que não se diferenciaram da testemunha (62,0), foram o selênio (61,5) e sílica (62,50). Estas variações ao longo do período de armazenamento para cada indutor ocorrem devido a atuação destas substâncias no metabolismo dos frutos, alterando e interferindo nas rotas metabólicas (Passos & Reis, 2013).

Ao realizar a comparação entre os períodos utilizando a fórmula de regressão (Figura 2), quando os frutos foram retirados do armazenamento refrigerado obtiveram acréscimos para o indutor Si com valor médio de 1,85 para ângulo Hue quando foram comparadas ao tempo inicial, sendo estes benéficos para a manutenção da tonalidade dos frutos. Já os demais tratamentos apresentaram decréscimos com valores médios de -4,54 para testemunha, -6,60 para Se, -2,35 para ASM, -2,85 para MeJa, -2,32 para TMT e -1,82 para IMI . Ao estudar o tangoreiro ‘Ortanique’ com a aplicação de cera de carnaúba os autores Machado et al. (2012) identificaram um incremento nos valores da tonalidade cromática (ângulo hue) dos frutos com o tempo de armazenamento.

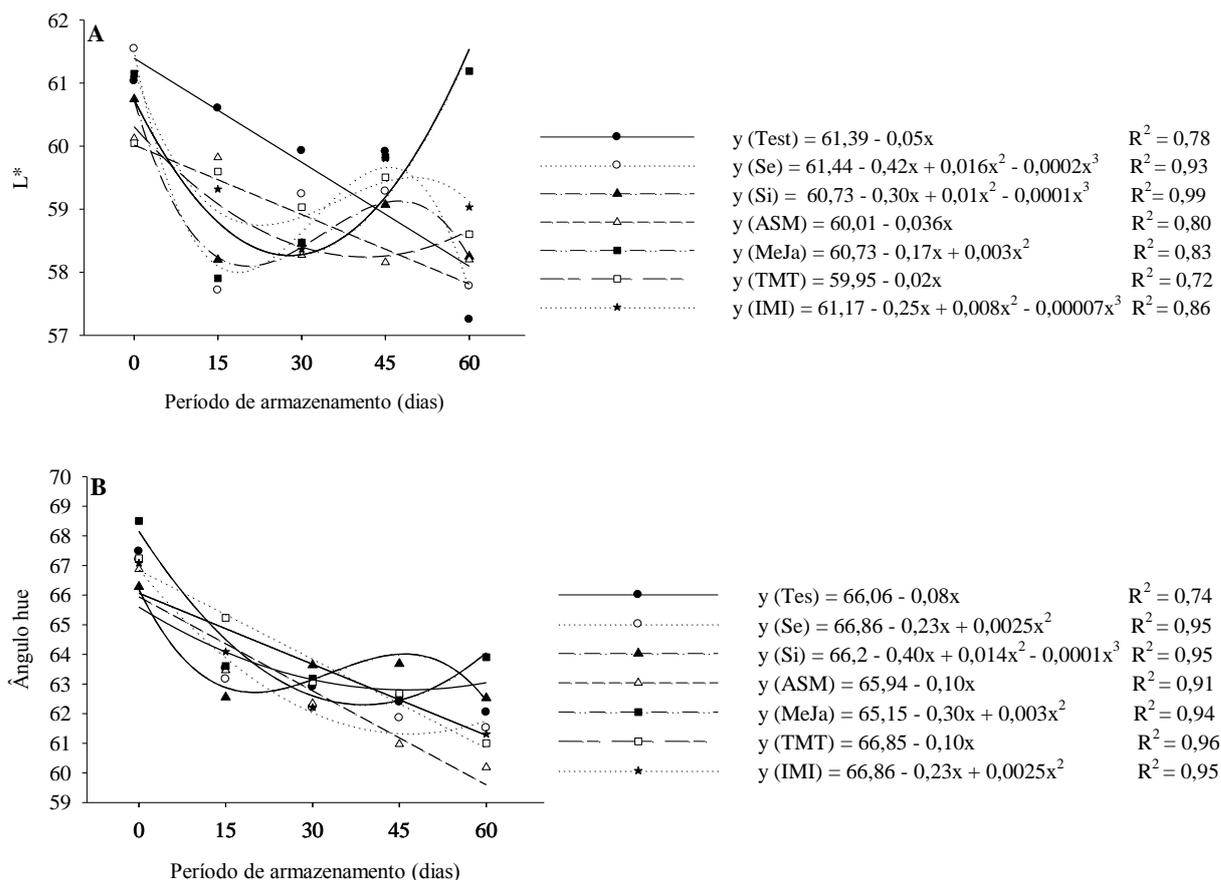


Figura 2 - Coloração L\* (A) e ângulo hue (B) de tangores 'Ortanique' submetidos na pré-colheita aos indutores selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil-jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI), armazenados sob refrigeração ( $5\pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$ ) e posterior simulação de vida de prateleira por 7 dias ( $22\pm 2^\circ\text{C}$ ). Pelotas/RS, 2016.

Ao analisar os dados de acidez titulável dos frutos (Figura 3), observou-se que, nos indutores de resistência utilizados até os 30 +7 dias, não houve diferença significativa. Ao longo do período de armazenamento dos frutos observa-se acréscimo da acidez dos frutos a partir de 30 +7 dias para a testemunha (1,91% para 2,06%), e também variações da acidez titulável entre os indutores. Aos 45 + 7 dias de armazenamento diferiram da testemunha (1,91%) os indutores Se (1,54%), Si (1,44%) e IMI (1,51%), com valores inferiores de acidez, já aos 60 + 7 dias apenas os indutores Se (1,54%) e Si (1,51%) diferiram da mesma. Os valores de ácido cítrico foram superiores aos encontrados pelos autores Cruz et al. (2009), ao utilizarem tangerinas 'Ponkan'

apresentaram valores médios de 0,96 % de ácido cítrico por 100g da amostra, no entanto Rosa et al. (2012), ao estudar poda e raleio com tangerinas 'Montenegrina', encontrou valores médios de 1,49 %.

Ao utilizar a fórmula da regressão com os períodos avaliados observa-se que, os frutos retirados do armazenamento refrigerado, apresentaram acréscimos nos valores médios de acidez, salientando-se os tratamentos com Se de 11,67, TMT de 1,71 e testemunha de 4,12, bem como os indutores Si de 1,78 e MeJa de 10,71, apresentando frutos mais ácidos. E de decréscimo para os indutores ASM de -1,46 e IMI de -7,29, frutos menos ácidos. Os componentes secundários dos frutos podem contribuir com o aumento da acidez e da adstringência, mas, no geral, o teor de ácidos orgânicos diminui com a maturação dos frutos, em decorrência do seu uso na conversão de açúcares como substrato no processo respiratório (Chitarra; Chitarra, 2005).

Com relação aos teores de sólidos solúveis dos frutos de tangoreiro observados na Figura 3, não ocorreu diferença significativa aos 0, 15 e 60 +7 dias de armazenamento, no entanto ao longo do período de armazenamento ocorreram variações significativas. Com 30 +7 dias a Si (12,6 °Brix), e nos 45 +7 dias os indutores Se (12,6 °Brix), Si (12,8 °Brix), MeJa (12,7 °Brix) e TMT (13,3 °Brix) diferiram significativamente da testemunha (15,5 °Brix), com teor de açúcares menores. Os valores apresentados são similares aos encontrados no estudo de Simón-Grao et al. (2014), ao caracterizar onze cultivares de tangerinas comerciais na Espanha, entre elas o tangoreiro 'Ortanique'.

O indutor TMT e a testemunha apresentaram um comportamento semelhante de acréscimo ao longo dos períodos testados de armazenamento, através do comportamento linear (Figura 3). Este aumento significativo dos açúcares advém do

metabolismo dos frutos, possivelmente por causa da perda do vapor d'água e do processo respiratório (Chitarra; Chitarra, 2005).

Ao realizar a comparação entre os períodos através da fórmula de regressão, quando os frutos foram retirados do armazenamento refrigerado, os sólidos solúveis apresentaram acréscimos em média para a testemunha com 5,45, Se de 16,55, Si de 1,66, ASM de 3,23 e IMI de 2,19, os indutores MeJa e TMT, os quais também apresentaram acréscimos positivos dos açúcares ao longo do armazenamento, na ordem de 3,36 e 2,55, respectivamente.

Quanto ao teor de ácido ascórbico na Figura 3, para os períodos 0 e 15 +7, os indutores não apresentaram diferença significativa da testemunha (26,6 e 25,8 mg 100ml<sup>-1</sup>), embora apresentem menores teores de vitamina C, como o indutor Se (22,4 e 21,0 mg 100ml<sup>-1</sup>). No período de 30 +7, o Se apresentou menor quantidade de ácido ascórbico (22,2 mg 100ml<sup>-1</sup>), já com 45 +7 foram os indutores Si (19,3 mg 100ml<sup>-1</sup>), o ASM (22,5 mg 100ml<sup>-1</sup>), o MeJa (24,0 mg 100ml<sup>-1</sup>) e a TMT (23,5 mg 100ml<sup>-1</sup>). No último período de avaliação, os indutores MeJa (22,5 mg 100ml<sup>-1</sup>) e TMT (22,30 mg 100ml<sup>-1</sup>) apresentaram valores superiores de ácido ascórbico, diferindo da testemunha (19,4 mg 100ml<sup>-1</sup>), seguidos dos indutores Se (21,5 mg 100ml<sup>-1</sup>), IMI (21,0 mg 100ml<sup>-1</sup>) e ASM (20,20 mg 100ml<sup>-1</sup>) demonstraram teores superiores, porém não diferindo significativamente da testemunha.

Ao realizar a comparação entre os períodos e as fórmulas da regressão, quando os frutos foram retirados do armazenamento refrigerado, obtiveram-se acréscimos com valor em média de 61,30 para Se e 21,82 para Si, quando comparadas índices de ácido ascórbico, ao tempo inicial. A testemunha obteve decréscimo em média de -13,64, já os indutores ASM com -5,55, MeJa com -4,14, TMT com -2,45 e IMI com -27,70. Em frutos de laranjeira 'Pera Bianchi' armazenados sob refrigeração foi possível observar

aumento nos teores de ácido ascórbico de 48,89 (mg 100ml<sup>-1</sup>) aos 15 dias para 56,76 (mg 100ml<sup>-1</sup>) aos 45 dias de armazenamento (Rosa et al., 2016).

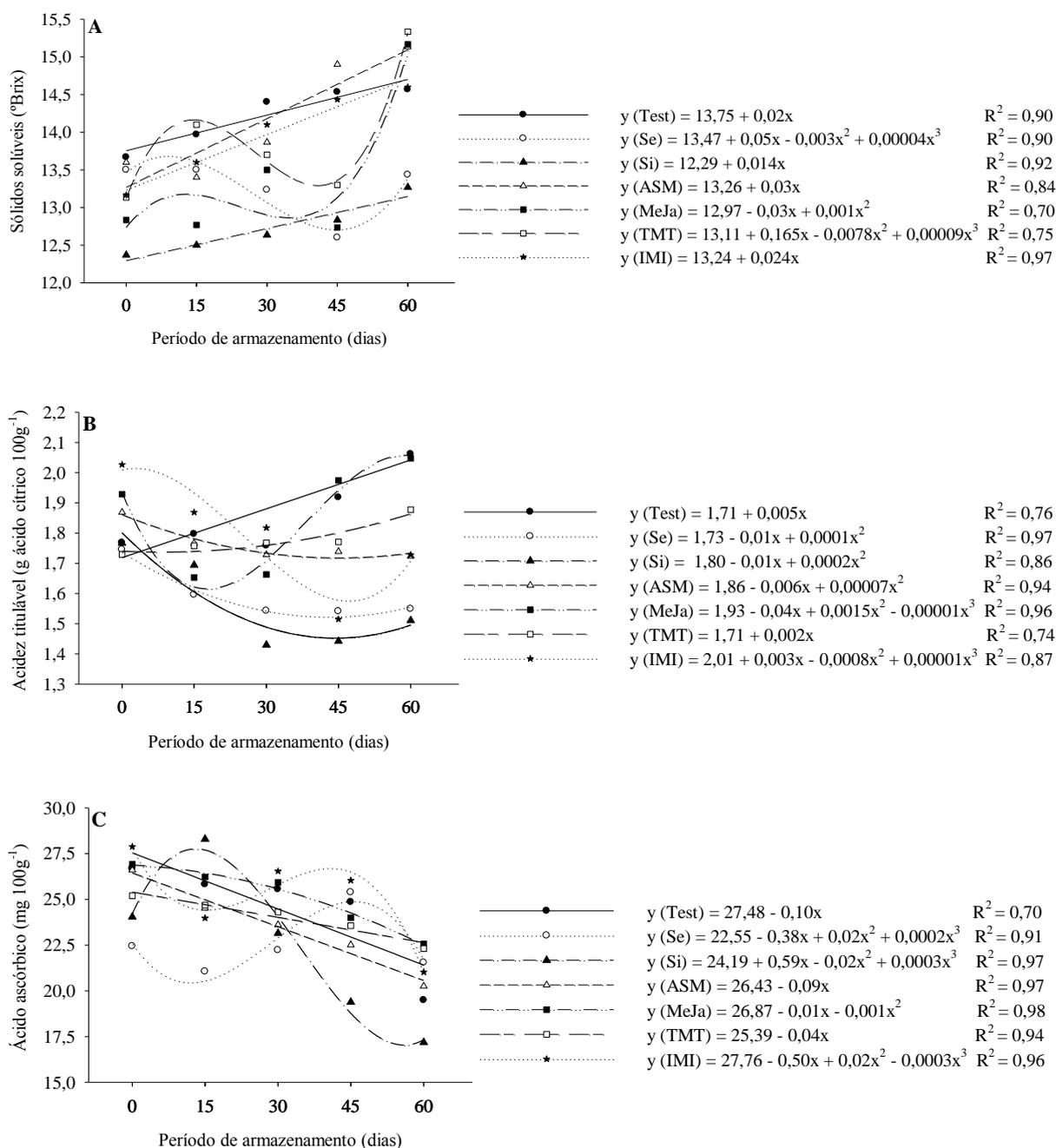


Figura 3 - Sólidos solúveis (°Brix) (A), acidez titulável (g ácido cítrico 100g<sup>-1</sup>) (B) e ácido ascórbico (mg 100g<sup>-1</sup>) (C) de tangores ‘Ortanique’ submetidos na pré-colheita aos indutores selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil-jasmonato (MeJa), tiamethoxam (TMT) e imidacloprido (IMI), armazenados sob refrigeração (5±1°C e umidade relativa de 90±5%) e posterior simulação de vida de prateleira por 7 dias (22±2°C). Pelotas/RS, 2016.

#### 14.4 Conclusões

A utilização dos indutores mantém a qualidade dos frutos do tangoreiro ‘Ortanique’ armazenados sob refrigeração, reduzindo a incidência de doenças. Os indutores que mantiveram a qualidade e reduziram as podridões são metil-jasmonato, tiamethoxam e imidacloprido.

#### 14.5 Referências

- Andrade, C.C.L.; Resende, R.S.; Rodrigues, F.A.; Ferraz, H.G.M.; Moreira, W.R.; Oliveira, J. R.; Mariano, R. L. R. 2013. Silicon reduces bacterial speck development on tomato leaves. **Tropical Plant Pathology** (Viçosa) 38:436-442.
- AOAC. Association of Official Analysis Chemists. **Official methods of analysis** (2005) 18<sup>th</sup> Edition Gaithersburg: Published by AOAC International, 18<sup>th</sup>, 326p.
- Asmar, A.S.; Pasqual, M.; Araujo, A.G.; Silva, R.A.L.; Rodrigues, F.A.; Pio, L.A.S. 2013. Características morfofisiológicas de bananeiras ‘Grande Naine’ aclimatizadas em resposta a utilização de silício in vitro. **Ciências Agrárias** (Londrina) 34(1):73-82.
- Azevedo; C.L.L.; Silva, J.A.A.; Carvalho, J.E.B. 2010. **Segunda Versão de Normas Técnicas Específicas (NTE) da Produção Integrada de Citros no Brasil**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Documento 192, 19p.
- Bassan, M.M.; Mourão Filho, F.A.A.; Alves, R.F.; Bezerra, D.F.; Couto, H.T.Z.; Jacomino, A.P. 2016. Postharvest packing process of ‘Tahiti’ acid lime affects their quality and conservation. **Ciência Rural** (Santa Maria) 46 (10), 184-190.
- Becvort, A.A.A. 2011 **Acumulación de selenio en tomate y su efecto en el crecimiento, productividad y antioxidante del fruto**. Maestría en Ciencias en Horticultura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 25.
- Brotons, J.M.; Manera, J.; Conesa, A. Porras, I. 2013. A fuzzy approach to the loss of green colour in lemon (*Citrus lemon* L. Burm. F.) rind during ripening. **Computers and Electronics in Agriculture** (Atenas) 98:222-232.
- Cai, Y.; Cao, S.; Yang, Z.; Zheng, Y. 2011. MeJA regulates enzymes involved in ascorbic acid and glutathione metabolism and improves chilling tolerance in loquat fruit. **Postharvest Biology Technology** (Leuven) 59:324-326.
- Cao, S.; Cai, Z.; Yang, Z.; Zheng, Y. (2012). MeJA induces chilling tolerance in loquat fruit by regulating proline and  $\gamma$ -aminobutyric acid contents. **Food Chemistry** (Washington) 133:1466-1470.

Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. (2005). **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 785p.

Colnot, T.; Dekant, W. 2017. Approaches for grouping of pesticides into cumulative assessment groups for risk assessment of pesticide residues in food. **Regulatory Toxicology and pharmacology** (Michigan) 83:89-99.

Cruz, M.C.M.; Ramos, J.D.; Lima, L.C.O.; Moreira, R.A.; Ramos, O.S. 2009. Quality of 'Ponkan' mandarin fruits submitted to chemical thinning. **Revista Brasileira de Fruticultura** (Jaboticabal) 31(1):127-134.

Cruz, M.C.M.; Ramos, J.D.; Lima, L.C.O.; Moreira, R.A.; Ramos, O.S. 2009. Quality of 'Ponkan' mandarin fruits submitted to chemical thinning. **Revista Brasileira de Fruticultura** (Jaboticabal) 31(1):127-134.

Embrapa (2006) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAO. **Faostat:** Production crops. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: 10 de julho 2016.

French-Monar, R.D.; Rodrigues, F.A.; Kordorfer, G.H. Datnoff, L.E. (2010) Silicon suppresses Phytophthora blight development on bell pepper. **Journal of Phytopathology** (Baguio) 158(7-8):554-560.

Graham, J.H.; Myers, M.E. 2011. Soil Application of SAR Inducers Imidacloprid, Thiamethoxam, and Acibenzolar-S-Methyl for Citrus Canker Control in Young Grapefruit Trees. **Plant Disease** (New York) 95(6):720-729.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 dez. 2016. Instituto Adolfo Lutz (2008) – **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. v. 1, 1020 p.

Jacobs, M.B. (1958) **The chemical analysis of foods and food products**. New York: Van Nostrand, 979 p.

Köppen, W.; Geiger, R. (1928) **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm.

Lafuente, M.T.; Alférez, F.; Romero, P. 2014 Postharvest ethylene conditioning as a tool to reduce quality loss of stored mature sweet oranges. **Postharvest Biology and Technology**, (Leuven) 94:104-111.

Leme Junior J.; Malavolta, E. (1950) Determinação fotométrica de ácido ascórbico. **Anais da ESALQ** 7:115-129.

Machado, F.L.C.; Costa, J.M.C.; Batista, E.M. (2012) Application of carnaúba-based wax maintains postharvest quality of 'Ortanique' tangor. **Food Science and Technology** (Melbourne) 32(2):261-266.

Minolta (1994) **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Brasil: MINOLTA Co. Ltda. 49p.

Moretto, C.; Cervantes, A.L.L.; Filho, A.B.; Kupper, K.C. (2014) Integrated controle f Green mold to reduce chemical treatment in post-harvest citrus fruits. **Scientia Horticulturae** (Amsterdam) 165:433-438.

Oliveira, J.C.; Albuquerque, G.M.R.; Mariano, R.L.R.; Gondim, D.M.F.; Oliveira, J.T.A.; Souza, E.B. (2012) Reduction of the severity of angular leaf spot of cotton mediated by silicon. **Journal Plant Pathology** (Foster) 94:297-304.

Passos, F.R.; Reis, M.R. (2013) Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos de Origem Vegetal: Revisão. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente** (Curitiba) 23:49-58.

Pinto, M.D.S.T.; Ribeiro, J.M.; Oliveira, E.A.G. (2011) O estudo de genes e proteínas de defesa em plantas. **Revista Brasileira de Biociências** (Porto Alegre) 9(2):241-248.

Prusky, D. 2011. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. **Food Security**, (Oxford), 3 (4), 463-474.

Quaglia, M.; Ederli, L.; Pasqualini, S.; Zizzerini, A. (2011) Biological control agentes and chemicas induceres of resistance for postharvest control of *Penicillium expansum* Link. on apple fruit. **Postharvest Biology and Technology** (Leuven) 59(3):307-315.

Rosa, C.I.L.F.; Clemente, E.; Oliveira, D.M.; Todisco, K.M.; Costa, J.M.C. (2016) Effects of 1-MCP on the post-harvest quality of the Orange cv. Pera stored under refrigeration. **Revista Ciência Agronômica** (Fortaleza) 47(4):624-632.

Rosa, R.D.; Nova, G.A.; Piva, A.L.; Mezzalira, E.J.; Paulus, D. (2012) Poda e raleio manual de tangerineira (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina no Sudoeste do Paraná. **Revista Ceres** (Viçosa) 59(2):254-261.

Sayyari, M.; Babalar, M.; Kalantari, S.; Martínez-Romero, D.; Guillén, F.; Serrano, M.; Valero, D. (2011) Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. **Food Chemistry** (Baltimore) 124:964-970.

Schultz, B.; Bora, K.C.; Nogueira, A.C.; Auer, C.G. (2012) Uso do silicato de potássio no controle de oídio em mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira** (Colombo) 32(69):93-99.

Siboza, X,I; Bertling, I.; Odindo, A.O. (2014) Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). **Journal of Plant Physiology** (Campinas) 171(18):1722-1731.

Simón-Grao, S.; Gimeno, V.; Simón, I.; Lidón, V.; Nieves, M.; Balal, R.M.; Carbonell-Barrachina, A.A.; Manera, F.J.; Hernández, F.C.A.; García-Sánchez, F. (2014) Fruit quality characterization of eleven commercial mandarin cultivars in Spain. **Scientia horticulturae** (Amsterdam) 165:274-280.

Tesfay, S.Z.; Bertling, I.; Bower, J.P. (2011) Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. **Postharvest Biology and Technology** (Leuven) 60(2):92-99.

Theodoro, G.F.; Koller, O.L. (2013) Descrição e manejo integrado das doenças (6):175-235. In: Koller OL (2013) **Citricultura Catarinense**, Epagri 319p.

Van-Loon LC; Rep M, Pieterse CMJ (2006) Significance of inducible defense-related proteins in infected plants. **Annual Review of Phytopathology** (Townsville) 44:135-162.

Zhao, M.L.; Wang, J.N.; Shan, W.; Fan, J.G.; Kuang, J.F.; Wu, K.Q.; Li, X.P.; Chen, W.X.; He, F.Y.; Chen, J.Y.; Lu, W.J. (2012) Induction of jasmonate signaling regulators Ma MyC2s and their physical interactions with Mal CE1 in methyl jasmonate-induced chilling tolerance in banana fruit. **Plant, Cell & Environment** (Lens) 31:1365-3040.

Zhou, M.; Memelink, J. (2016) Jasmonate responsive transcription factors regulating plant secondary metabolism. **Biotechnology Advances** (Toronto) 34(4):441-449.

## 15 Artigo 4

A ser submetido à Plant Pathology (0032-0862; 1981-2014)

**Aplicação de indutores de resistência na pré-colheita de citros  
para o controle de *Penicillium digitatum***

**Pre-harvest application of resistance inducers in citrus to control  
*Penicillium digitatum***

M B M Kirinus<sup>1\*</sup>

P S Silva<sup>1</sup>

C F Barreto<sup>1</sup>

L J Dallagnol<sup>1</sup>

R P Oliveira<sup>2</sup>

M B Malgarim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Av. Eliseu Maciel, s/n – 96050-500, Capão do Leão/RS, Brasil; <sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rodovia BR 392, Km 78 – 96010-971, Pelotas/RS, Brasil; \*Email: [marinesfaem@gmail.com](mailto:marinesfaem@gmail.com)

### 15.1 Resumo

O objetivo do trabalho foi estudar a influência de diferentes indutores de resistência aplicados na pré-colheita em laranja 'Navelina' e tangor 'Ortanique' e sua capacidade de induzir resistência a *P. digitatum*, nas safras de 2015 e 2016. O delineamento experimental a campo foi em blocos completos casualizados e o fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se), sílica (Si), acibenzolar-s-metil (ASM), metil jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI)]. No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores e o fator B, pelas cultivares (laranja 'Navelina' e o tangor 'Ortanique'). A incidência da doença foi avaliada nos frutos sem e com ferimento. Para os frutos com ferimento, avaliou-se o período latente, a taxa da expansão da lesão, severidade, taxa de expansão da área esporulante, severidade de esporos, área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) e área abaixo da curva de progresso dos esporos (AACPE). Os indutores de resistência reduzem a incidência de *P. digitatum* em ambas as cultivares. Os Si e Se aplicados na pré-colheita da laranja 'Navelina' e do tangor 'Ortanique' diminuem a severidade da lesão causada por *P. digitatum*.

**Palavras chaves:** *Citrus sinensis*; *Citrus reticulata*; Elicitores; Mofo verde;

#### Abstract

The objective of this work was to study the influence of different resistance inducers applied at pre-harvest in 'Navelina' orange and 'Ortanique' tangor and their capacity to induce resistance against *P. digitatum*, during the 2015's and 2016's harvests. The field experimental design was in completely randomized blocks and the treatment factor was composed of the following resistance inducers [without inducer (control), selenium (Se), silica (Si), acibenzolar-s-methyl (ASM), methyl jasmonate (MeJa), thiametoxam (TMT) and imidacloprid (IMI)]. In the laboratory, the used design was the same established in the field, but in a two-factor scheme, where the factor A was composed by the same inductors and the factor B, by the cultivars ('Navelina' orange and the 'Ortanique' tangor). The disease incidence was evaluated in the fruits with and without injury. For lesioned fruits, the latent period, the lesion expansion rate, severity, sporulation area expansion rate, spore severity, area below the disease progression curve (AACPD) and area below the Spore progression (AACPE).

The resistance inducers reduces the incidence of *P. digitatum* in both cultivars. The Si and Se If applied in pre-harvest of 'Navelina' orange and 'Ortanique' tangor decrease the severity of the injury caused by *P. digitatum*.

**Keywords:** *Citrus sinensis*; *Citrus reticulata*; Elicitor; Green mold;

## 15.2 Introdução

A citricultura desponta como cultura alternativa no Sul do Rio Grande do Sul (RS), em função do incremento de renda por área cultivada, do potencial produtivo e da adaptabilidade das plantas às condições edafoclimáticas na região. Nesse contexto, como opções de plantio encontram-se a laranja doce (umbigo) 'Navelina' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) por suas boas características de qualidade e de maturação precoce sendo destinada ao consumo, e o tangor híbrido 'Ortanique' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Citrus reticulata* Blanco) considerado um tangor natural, obtido do cruzamento entre laranja e tangerina (Koller, 2013; Sobrinho et al., 2013).

No entanto, o ataque de diferentes patógenos é um dos principais causadores de quedas na produtividade, sendo necessários tratamentos preventivos e de controle adequados. Práticas inadequadas de condução da cultura no pomar e durante a colheita, transporte e/ou embalagem são as principais causas de danos pós-colheita, associados aos patógenos fúngicos (Albrecht et al., 2012). O principal patógeno de pós-colheita de frutas cítricas é o *Penicillium digitatum* Sacc. agente causal do bolor verde. A sua infecção ocorre principalmente por meio de fermento nos frutos, facilitado por climas quentes, advindos do pomar para as *packing houses* (Koller, 2013; Palou, 2014). Como forma de controle desse patógeno, o tratamento químico à base de produtos do grupo dos benzimidazóis, são os mais utilizados, tanto em pré quanto em pós-colheita. Entretanto, o uso demasiado proporcionou a seleção de estirpes de *Penicillium* resistentes a fungicidas (Sánchez-Torre; Tuset, 2011; Fischer et al., 2013). Dessa forma, novos fungicidas vêm sendo estudados, mas ainda não possuem registro para uso em pós-colheita no Brasil.

Além disso, a crescente preocupação com segurança alimentar e ambiental por parte da sociedade, instigaram o setor agrícola a buscar métodos alternativos que possam ser utilizados no controle das doenças, minimizando o uso dos fungicidas químicos (Ballester et al., 2013). A indução de mecanismos de defesa das plantas, como

meio eficaz no controle de podridões pós-colheita em frutas cítricas vem sendo investigados (Fallanaj et al., 2016). Trata-se de mecanismo de defesa natural, induzido por agentes bióticos ou abióticos que acarretam ampla variedade de respostas metabólicas e fisiológicas de proteção contra microrganismos (Aghdan et al, 2016).

Algumas substâncias estão sendo investigadas como promissoras na indução de resistência sistêmica adquirida, como selênio, a sílica, acibenzolar-s-metil, metil jasmonato e os neocotinoides. O selênio apresenta elevada capacidade antioxidante (Zhu et al. 2017) e grande potencial na indução do sistema de defesa (Handa et al., 2016). A sílica atua no sistema metabólico das plantas, induzindo a resistência, combinando barreiras físicas e químicas (Imtiaz et al., 2016; Zhichao et al., 2016). O acibenzolar-S-metil ativa as proteínas relacionadas com a patogênese amplificando as defesas da planta, em maçãs (Quaglia et al., 2011) e citros (Neto et al., 2015). O metil jasmonato ativa os genes de defesa e induz a expressão desses genes, pela sinalização molecular (Fan et al., 2011; Albrecht; Bowman, 2012). Os neocotinoides induzem a resistência sistêmica das plantas e têm sido utilizados com sucesso em pomeleiro na Flórida (Graham; Myres 2011).

A indução de resistência sistêmica surge como alternativa promissora para o controle de doenças, dessa forma este trabalho objetivou estudar a influência de diferentes indutores de resistência aplicados na pré-colheita em laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ e sua capacidade de induzir resistência a *Penicillium digitatum*, nas safras de 2015 e 2016.

### 15.3 Material e Métodos

A aplicação dos indutores foi feita em dois pomares comerciais, nas safras 2015 e 2016, no município de Pelotas, no Rio Grande do Sul, Brasil. O pomar de laranja de umbigo ‘Navelina’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) está localizado em Santa Silvana, 6º distrito de Pelotas (31°25'58"S, 52°16'58"O e 193 m de altitude) e o pomar de tangoreiro ‘Ortanique’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck x *Citrus reticulada* Blanco) localiza-se em Monte Bonito, 9º distrito de Pelotas (31°40'47"S, 52°26'24"O e 60 metros de altitude). O solo destes locais é moderadamente profundo, com textura média no horizonte A e argilosa no B, classificados como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2006). O clima da região é do tipo "Cfa", ou seja, temperado ou subtropical úmido com verões

quentes (Köppen e Geiger, 1928), com precipitação média anual de 1590 mm, temperatura média anual de 18,4°C, umidade relativa média anual de 78,8% e média de 300 a 400 horas de frio (HF) abaixo de 7,2°C durante o inverno (INMET, 2016).

O delineamento experimental nos pomares para a aplicação dos indutores de resistência foi em blocos completos casualizados, com cinco repetições, três plantas por parcela, avaliando-se a planta central, em esquema unifatorial. O fator de tratamento foi composto pelos indutores de resistência [sem indutor (testemunha), selênio (Se, 10mg.L<sup>-1</sup>), sílica (Si, 400mg.L<sup>-1</sup>), acibenzolar-s-metil (ASM, 100mg.L<sup>-1</sup>), metil jasmonato (MeJa, 10mg.L<sup>-1</sup>), tiametoxam (TMT, 2000mg.L<sup>-1</sup>) e imidacloprido (IMI, 714mg.L<sup>-1</sup>)].

A aplicação dos indutores de resistência ocorreu com intervalo de aplicação de 15 dias, totalizando três aplicações no pomar, com 45, 30 e 15 dias antes da colheita. Os produtos Si, ASM e MeJa foram aplicados através de aspersão, com pulverizador costal (Guarani<sup>®</sup>), com bico tipo leque e tamanho de gota fina (101-200µ), em toda a copa da planta, evitando o escorrimento. Para os indutores Se, TMT e IMI preparou-se uma calda de cada produto, que foram aplicadas no solo, ao redor da copa da planta. Em todos os tratamentos adicionou-se 0,1% de espalhante adesivo não iônico Silwet L-77<sup>®</sup>.

Os frutos foram coletados aleatoriamente na copa da planta nos quatros quadrantes, colocados em caixas plásticas limpas e desinfetadas, transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde passaram por pré-seleção para padronização, retirando-se os frutos danificados e posteriormente foram submetidos ao pré-resfriamento (15±2°C) por 24 horas. Posteriormente, os frutos foram higienizados com hipoclorito de sódio a 200 mg L<sup>-1</sup>, pH 6,0 por 10 minutos em temperatura ambiente, após foram lavados com água destilada e secos com ventilação forçada.

O isolado fúngico utilizado no estudo foi isolado de frutos sintomáticos coletados em pomar comercial da região de Pelotas/RS. Para a preservação e cultivo do fungo, se utilizou o meio de cultivo a base de batata-dextrose-agar (BDA) (Fluka, Sigma, USA), mantido em câmara de crescimento a 25 ± 1°C com fotoperíodo de 12 horas. Para confirmar a identidade do isolado, regiões ITS foram sequenciadas utilizando par de *primers* ITS1\_KYO2 e ITS4, resultando em um único fragmento bem definido com tamanho (621bp). A comparação da sequência obtida contra a base de

dados apresentou 99% de identidade, com cobertura de 96% dos 621bp da sequência consenso gerada contra a região ITS1-4 do gene 18S rRNA para espécie do gênero *Penillium digitatum*.

No laboratório, o delineamento utilizado foi o mesmo estabelecido a campo, porém em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores e o fator B composto pelas cultivares (laranja 'Navelina' e o tangor 'Ortanique'). Foram utilizadas 30 repetições, sendo que cada repetição foi representada por um fruto. Em todos os frutos, sem e com fermento, inoculou-se 10  $\mu\text{L}$  da suspensão de esporos ( $1 \times 10^6$  conídios  $\text{mL}^{-1}$ ) de *P. digitatum*, o fermento dos frutos foi realizado com o auxílio de uma agulha, obtendo o diâmetro de 0,5 mm e profundidade de 2 a 3 mm. Os frutos foram acondicionados em bandejas cobertas com embalagens de polietileno transparentes com espessura 0,30mm, com água destilada ao fundo formando uma câmara úmida e mantida sob temperatura de  $24 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $90 \pm 5\%$ .

A incidência da doença foi avaliada nos frutos sem e com fermento, sendo a avaliação realizada 288 horas após a inoculação e os resultados foram expressos em percentual. Para os frutos com fermento, avaliou-se o período latente, a taxa da expansão da lesão, severidade, taxa de expansão da área esporulante, severidade de esporos, área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) e área abaixo da curva de progresso dos esporos (AACPE).



Figura1: O comprimento e a largura da disseminação fungica a partir do ponto da inoculação de *Penicillium digitatum*. Foto: Kirinus, M.B.M.UFPel/2016.

O período latente foi compreendido como sendo o intervalo decorrido entre a inoculação até o aparecimento das primeiras estruturas reprodutivas do patógeno, como

o crescimento micelial e esporulação do *P. digitatum*. As avaliações foram realizadas às 72, 96 e 120 horas após a inoculação e os resultados foram expressos em percentual. O percentual de frutos sadios (ñA) foi estabelecido pela percentagem total dos frutos subtraindo-se dos frutos com sintomas.

A taxa de expansão da lesão, que indica a velocidade de colonização dos tecidos da planta pelo patógeno, foi calculada a partir das mensurações diárias de uma lesão em um fruto durante 144 horas após o período de incubação, utilizando paquímetro eletrônico digital (Stainless, Hardened, China).

A severidade da doença foi determinada pelo cálculo da percentagem do comprimento do fruto lesionado ( $\leq 1\text{mm}$ ) em relação ao sadio, no último dia de avaliação. Com esses dados, calculou-se a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) pela fórmula proposta por Shaner e Finney (1977), e os valores foram expressos em milímetro quadrado ( $\text{m}^2$ ), que representa o tamanho acumulado das lesões que foram mensuradas diariamente.

As safras de 2015 e 2016 foram utilizadas como repetição. Os dados dos experimentos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, quanto à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância, o efeito dos indutores de resistência foram analisados pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) e das cultivares pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ).

#### **15.4 Resultados Discussões**

Para todas as variáveis avaliadas correu interação entre os fatores de tratamento testados (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Nos frutos tratados na pré-colheita com indutores de resistência, ao serem submetidos à presença de *P. digitatum* sem receber ferimento (Tabela 1), todos os indutores foram eficientes quando comparados com a testemunha para ambas cultivares, sendo que MeJa e os neocotinoídeos apresentaram grande redução da incidência de *P. digitatum*. Na comparação entre as cultivares, Navelina caracterizou o maior percentual de incidência de *P. digitatum* para todos os indutores, exceto para IMI. Este comportamento entre as cultivares possivelmente ocorreu em função da variação genética do tecido, do tipo de parede celular e da fase de desenvolvimento (Deuner et al., 2015).

Os neocotinoídeos em laranjas ‘Vernia’ reduziram a incidência do cancro cítrico (*Xanthomonas citri*), podendo ser potencializada em rotação com o indutor acibenzolar-s-metil (ASM) no pomar (Graham; Myers, 2013). A utilização dos jasmonatos vem sendo estudada por Oliveira et al. (2015) como o indutor de resistência no feijoeiro contra o patógeno do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Para os frutos que sofreram fermento foi possível constatar maior incidência de *P. digitatum*, atingindo 100% para a testemunha em ambas cultivares. Nas laranjas ‘Navelina’ todos os indutores aplicados reduziram a incidência de *P. digitatum*, com exceção do indutor ASM, o qual não se diferenciou da testemunha. Da mesma forma, nos frutos do tangor ‘Ortanique’ tratados com indutores de resistência observou-se redução da incidência de *P. digitatum* para todos os indutores em relação a testemunha. Ao comparar ‘Navelina’ e ‘Ortanique’, a menor incidência ocorreu para ‘Navelina’ na presença dos indutores Si, MeJa e IMI (Tabela 1).

O *Penicillium* é bastante agressivo principalmente quando infeccionado por pontos de ferimento, lesões ou pequenas fissuras na epiderme, em citros onde apresentam condições favoráveis para o desenvolvimento e estimulam a germinação dos esporos (Fischer et al., 2013).

A Si reduziu a incidência de 37,5% na ‘Navelina’ e de 29,1% para ‘Ortanique’, isto se deve ao desempenho do indutor em diversas funções no vegetal, dentre elas a de conferir tolerância ao estresse oxidativo por reforço do sistema de defesa antioxidante (Hasanuzzaman et al., 2014).

Tabela 1 - Incidência (%) de *Penicillium digitatum* em laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ sem e com fermento, tratados na pré-colheita com diferentes indutores de resistência, nas safras de 2015 e 2016. Pelotas/RS.

Indutores	Incidência (%) de <i>P. digitatum</i>			
	Fruto sem fermento		Fruto com fermento	
	‘Navelina’	‘Ortanique’	‘Navelina’	‘Ortanique’
Testemunha	39,28 aA	22,22 aB	100,00 aA	100,00 aA
Selênio (Se)	7,14 dA	5,55 bB	87,50 cA	83,43 dB
Sílica (Si)	14,28 bA	5,55 bB	62,50 dB	70,85 eA
Acibenzolar-s-metil (ASM)	10,71 cA	5,55 bB	100,00 aA	83,43 dB
Metil Jasmonato (MeJa)	3,57 eA	2,77 cB	87,50 cB	91,74 cA
Tiametoxam (TMT)	10,71 cA	2,77 cB	95,83 bA	91,74 cB
Imidacloprido (IMI)	0,00 fB	5,55 bA	95,83 bB	95,85 bA

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) comparando os indutores em cada cultivar. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) comparando as cultivares em cada indutor.

Ao analisar o período latente para a ‘Navelina’ a testemunha apresentou 66,6% com 72 horas e 33,4% com 96h, totalizando 100% dos frutos infectados (Tabela 2). Os indutores ASM, MeJa e TMT atingiram seu período até 96h, porém não com 100% dos frutos contaminados e apresentaram uma taxa de frutos sem sinais de reprodução fúngica de 4,1, 12,5 e 4,1%, respectivamente. Nesse período (96h), considerando esses indutores, a ‘Navelina’ diferiu da ‘Ortanique’ com os maiores períodos latentes.

Com 120 horas após a inoculação ainda apresentavam indutores com o período latente, como Se, Si e IMI, período este que se estendeu até apresentarem os sinais da doença, nas laranjas com fermento. No entanto, estes indutores apresentaram percentual alto de frutos sadios, sem sintomas, de 12,5, 37,5 e 4,1%, respectivamente. Para o tangor ‘Ortanique’ o período latente de todos indutores se prolongou até 120 horas após a inoculação, com exceção da testemunha, cujo período latente durou apenas 96 horas. Nessa avaliação (120h), somente para MeJa, TMT e IMI ocorreu diferença entre ‘Navelina’ e ‘Ortanique’. Os indutores mantiveram elevados percentuais de frutos sadios para ‘Ortanique’, principalmente, para Si, Se e ASM (Tabela 2), confirmando a importância destes microelementos como protetores em condições de estresse (Hasanuzzaman et al., 2014).

Tabela 2 – Período latente em percentual do crescimento de *Penicillium digitatum* em frutos de laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ tratados na pré-colheita com indutores de resistência, inoculados através de fermento, nas safras 2015 e 2016. Pelotas/RS.

Indutores	Período latente (percentual de crescimento de <i>P. digitatum</i> )							
	Laranja ‘Navelina’				Tangor ‘Ortanique’			
	72 h	96 h	120 h	%ñA	72 h	96 h	120 h	%ñA
Testemunha	66,6 aA	33,4 eB	0,0 dA	0,0	62,5 aB	37,5 dA	0,0 dA	0,0
Selênio (Se)	16,6 fB	58,4 bA	12,4 aA	12,5	41,6 dA	29,3 eB	12,4bA	16,6
Sílica (Si)	16,7 fB	41,7 dB	4,1 cA	37,5	20,8 gA	45,8 bA	4,1 cA	29,2
Acibenzolar-s-metil (ASM)	37,5 dB	58,4 bA	0,0 dA	4,15	50,0 bA	29,1 eB	4,1 cA	16,6
Metil Jasmonato (MeJa)	41,6 cB	45,9 cA	0,0 dB	12,5	45,8 cA	41,6 cB	4,1 cA	8,33
Tiametoxam (TMT)	33,3 eB	62,6 aA	0,0 dB	4,15	37,5 eA	50,0 aB	4,1 cA	8,33
Imidacloprido (IMI)	45,8 bA	41,7 dA	8,3 bB	4,15	29,1 fB	41,7 cA	25 aA	4,15

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) comparando os indutores em cada cultivar para cada período avaliado. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) comparando as cultivares em cada indutor, para cada período avaliado. \*ñA: percentagem de frutos sem os sintomas de *Penicillium digitatum*

Quanto a taxa de expansão da doença para ‘Navelina’ e ‘Ortanique’ não se observou diferença entre os indutores utilizados. No entanto, ocorreu redução nesta taxa para ‘Ortanique’ com os indutores Se, ASM, TMT e IMI (Tabela 3). Na pós-colheita de maçãs tratadas com o indutor bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), reduziu-se a expansão micelial e da lesão, promovendo a resistência adquirida (Lai et al., 2015).

Em relação a severidade da lesão para as duas cultivares houve redução quando comparadas com a testemunha. Na ‘Navelina’, os indutores Se, Si e MeJa apresentaram redução da severidade, porém não diferiram entre si, e o Si foi o único indutor que caracterizou diferença em relação a testemunha. Já para ‘Ortanique’ os indutores Si e ASM reduziram a severidade da lesão perante a testemunha. As duas cultivares não apresentaram diferença entre si, em todos os indutores (Tabela 3).

A aplicação do indutor e regulador de crescimento vegetal (1-metilciclopropeno) na pós-colheita de maçãs reduziu a severidade do bolor azul causado pelo *P. expansum* (Jiangkuo et al., 2017). A variabilidade entre cultivares interfere no desenvolvimento do patógeno, como foi observado pelos autores Martin et al. (2014) ao aplicarem o indutor cloreto de dodecil dimetil amônio na pós-colheita de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, no entanto a incidência e a severidade foram reduzidas com a aplicação do indutor (Martin et al., 2014).

A área esporulante do *P. digitatum* na ‘Navelina’ reduziu na presença do Se em relação a testemunha. Enquanto que para a ‘Ortanique’ não ocorreu diferença entre os indutores de resistência e a testemunha. As cultivares apresentaram diferenças entre Si e no ASM, em que ‘Ortanique’ teve a menor área esporulante (Tabela 3). Alguns indutores de resistência reduzem a área esporulante, com diminuição da germinação dos esporos, o alongamento do tubo germinativo de *P. digitatum* em laranjas de umbigo (Shoukui et al., 2016).

A cultivar Navelina com a utilização dos indutores Se e Si reduziu a severidade de esporos perante a testemunha. No entanto, para ‘Ortanique’ esse comportamento ocorreu na presença do Se, Si e ASM. Somente foi observada diferença entre ‘Navelina’ e ‘Ortanique’ com a testemunha. A sílica estimula o sistema de defesa antioxidante, reduzindo os patógenos, entre outras razões pela sinalização do ácido jasmônico (Abdel-Haliem et al., 2017). O selênio também estimula a capacidade antioxidante, sendo eficaz no efeito inibitório contra *P. expansum*, reduzindo a germinação dos esporos, propagação micelial e a severidade (Wu et al., 2014).

A redução da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi favorecida com a aplicação dos indutores de resistência, (Tabela 4), para ‘Navelina’ destacaram-se os indutores Se e Si, diferindo da testemunha, já para ‘Ortanique’ nenhum indutor obteve diferença significativa. Quanto a relação AACPD a cultivar ‘Navelina’ apresentou maiores valores para testemunha e ASM que a ‘Ortanique’.

A redução da área abaixo da curva de progresso dos esporos (AACPE) para a cultivar ‘Navelina’ foi propiciada pela utilização dos indutores Se, Si, TMT e IMI. Para ‘Ortanique’ ocorreu a redução com a aplicação de Se e Si. Não foram verificadas diferenças entre as cultivares em todos os indutores (Tabela 4). As aplicações destes indutores favoreceram a resistência do hospedeiro, como por exemplo, o indutor Si e Se, impedindo o aparecimento de isolados resistentes (Romanazzi et al., 2016).

Tabela 3 – A taxa de expansão (r) e a severidade da lesão, área esporulante e severidade de esporos de *Penicillium digitatum* inoculados com fermento em laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’, tratadas com indutores de resistência na pré-colheita, nas safras de 2015 e 2016. UFPel, Pelotas/RS.

Indutores	r Lesão		Severidade da lesão		Área esporulante		Severidade de esporos	
	‘Navelina’	‘Ortanique’	‘Navelina’	‘Ortanique’	‘Navelina’	‘Ortanique’	‘Navelina’	‘Ortanique’
Testemunha	0,79 aA	0,64 aA	89,90 a A	89,91 aA	0,81aA	0,65aB	82,58aB	87,88aA
Selênio (Se)	0,79 aA	0,50 aB	71,88 abA	69,97 abA	0,52bA	0,48aA	50,60bA	62,09bA
Sílica (Si)	0,58 aA	0,50 aA	54,79 bA	64,61 bA	0,54abA	0,47aA	51,19bA	58,95bA
Acibenzolar-s-metil (ASM)	0,74 aA	0,44 aB	82,17 aA	63,44 bB	0,66abA	0,49aB	68,03abA	59,41bA
Metil Jasmonato (MeJa)	0,66 aA	0,55 aA	73,79 abA	76,11 abA	0,65abA	0,57aA	62,19abA	69,42abA
Tiametoxam (TMT)	0,84 aA	0,62 aB	85,68 aA	79,11 abA	0,65abA	0,59aA	63,34abA	74,05abA
Imidacloprido (IMI)	0,77 aA	0,58 aB	84,49 aA	78,52 abA	0,65abA	0,55aA	61,85abA	69,15abA
C.V. (%)	44,5	46,0	33,5	39,5	48,3	43,3	44,7	40,6

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) comparando os indutores em cada cultivar. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) comparando as cultivares em cada indutor. C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 4 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e área abaixo da curva de progresso dos esporos (AACPE) ocasionada por *Penicillium digitatum* em laranja ‘Navelina’ e tangor ‘Ortanique’ com fermento, tratados na pré-colheita com diferentes indutores de resistência, nas safras de 2015 e 2016. Pelotas/RS.

Indutores	AACPD (m <sup>2</sup> )		AACPE (m <sup>2</sup> )	
	‘Navelina’	‘Ortanique’	‘Navelina’	‘Ortanique’
Testemunha	5203,9 aA	4505,7 aB	3995,5 aA	3856,7 aA
Selênio (Se)	3542,2 bcA	3330,5 aA	2029,6 bA	2432,9 bA
Sílica (Si)	2821,1 cA	3047,6 aA	2102,1 bA	2340,5 bA
Acibenzolar-s-metil (ASM)	4725,4 abA	3295,0 aB	3221,5 abA	2685,5 abA
Metil Jasmonato (MeJa)	4099,4 abcA	3801,4 aA	2846,2 abA	2923,9 abA
Tiametoxam (TMT)	4560,9 abA	3859,4 aA	2526,0 bA	3004,6 abA
Imidacloprido (IMI)	4538,9 abA	3784,5 aA	2531,6 bA	2964,1 abA
C.V. (%)	37,8	46,5	50,9	49,5

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) comparando os indutores em cada cultivar. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) comparando as cultivares em cada indutor. C.V.: coeficiente de variação.

## 15.5 Conclusões

Os indutores de resistência são eficientes na redução da incidência de *Penicillium digitatum*, em ambas as cultivares. Os Si e Se aplicados na pré-colheita da laranja ‘Navelina’ e do tangor ‘Ortanique’ reduzem a severidade da doença.

## 15.6 Referências

- Abdel-Haliem MEF, Hegazy HS, Hassan NS, Naguib DM, 2017. Effect of sílica íons and nano sílica on Rice plants under salinity stress. **Ecological Engineering**, 99, 282-289.
- Aghdam MS, Asghari M, Babalar M, Sarcheshmeh MAA, 2016. Impacto f salicylic acido n postharvest physiology of fruits and vegetables, 8, 244-260, In: Siddiqui, M.W. **Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality**. Bihar Agricultural University, Department of Food Science and Postharvest Technology, Sabour, Bhagalpur, Bihar, India, 297p.
- Albrecht U, Bowman KD, 2012. Transcriptional response of susceptible and tolerant citrus to infection with Candidatus Liberibacter asiaticus. **Plant Science**, 186, 118-130.
- Ballester AR, Lafuente MT, Vos RCH, Bovy AG, Gonzáles-Candelas L, 2013. Citrus phenylpropanoids and defence against pathogens. Part I: Metabolic profiling in elicited fruits. **Food Chemistry**, 136,178-185.
- Palou L, Previous Chapter 2: *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, 45-102. Banos-Bautista S. **Postharvest Decay**, Control Strategies, 2014, 383p.
- Deuner, C.; Borges, C. T.; Almeida, A. S.; Meneghello, G.E. Tunes, L. V. M. Jasmonic acid a promoter of resistance in plants. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 275-281, Lisboa, 2015.
- Fallanaj F, Ippolito A, Ligorio A, Garganese F, Zavanella C, Sanzani SM, 2016. Electrolyzed sodium bicarbonate inhibits *Penicillium digitatum* and induces defence responses against Green mould in citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 115, 18-29.
- Fan J, Chen C, Yu Q, Brlansky R, Zheng-Guo L, Gmitter FG, 2011. Comparative Itraq proteome and transcriptome analyses of sweet orange infected by Candidatus Liberibacter asiaticus. **Physiologia plantarum**, 143 (3), 235-245.
- Fischer IH, Palharini MCA, Spósito MB, Amorim L, 2013. Postharvest diseases in ‘Pêra’ orange cultivated in organic and conventional systems and resistance of *Penicillium digitatum* to fungicides. **Summa Phytopathologica**, 39 (1), 28-34.
- Fischer IH, Palharini MCA, Spósito MB, Amorim L, 2013. Postharvest diseases in ‘Pera’ Orange cultivates in organic and conventional systems and ressitance of *Penicillium digitatum* to fungicides. **Summa Phytopathologica**, 39 (1), 28-39.
- Graham JH, Myers ME, 2011. Soil Application of SAR Inducers Imidacloprid, Thiamethoxam, and Acibenzolar-S-Methyl for Citrus Canker Control in Young Grapefruit Trees. **Plant Disease**, 95 (6), 720-729.

- Graham JH, Myers ME, 2013. Integration of soil applied neocicotinoid insecticides and acibenzolar-S-methyl for systemic acquired resistance (SAR) control of citrus canker on young citrus trees. **Crop Protection**, 54, 239-243.
- Handa N, Bhardwaj R, Kaur H, et al. 2016. Selenium: An antioxidative protectant in plants under stress. 7, 179-207. In: Ahmad P. **Plant Metal Interaction Emerging Remediation Techniques**, Department of Botany, S.P. College, Srinagar, Jammu and Kashmir, India, 603p..
- Hasanuzzaman M, Nahar K, Fujita M, 2014. Silicon and Selenium: Two vital trace elements that confer abiotic stress tolerance to plants, 16, 377-422, 2014. In: Ahmad, P.; Rasool, S. **Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance**, Biological Techniques, 551p.
- Imtiaz M, Rizwan MS, Mushtaq MA, et al., 2016. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: a review. **Journal of Environmental Management**, 183 (3), 521-529.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 dez. 2016.
- Jiangkuo L, Lei H, Canção H, Lai T, Xu X, Shi X, 2017. 1-methylcyclopropene (1-MCP) suppressed postharvest blue mold of apple fruit by inhibiting the growth of *Penicillium expansum*. **Postharvest Biology and Technology**, 125, 59-64.
- Koller OL, 2013. **Citricultura Catarinense**. (Org) Florianópolis: EPAGRI, 2013. 319p.
- Köppen W, Geiger R, 1928. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm.
- Lai T, Bai X, Wang Y, Zhou J, Shi N, Zhou T, 2015. Inhibitory effect of exogenous sodium bicarbonate on development and pathogenicity of postharvest disease *Penicillium expansum*. **Scientia Horticulturae**, 187, 108-114.
- Martin MS, Steffens CA, Amarante CVT, Tanaka H, 2014. Postharvest application of didecyldimethylammonium chloride reducing rots caused by *Penicillium* spp. In apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36 (3), 731-734.
- Neto ACR, Maraschin M, Di Piero RM, 2015. Antifungal activity of salicylic acid against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **International Journal of Food Microbiology**, 215, 64-70.
- Oliveira MB, Júnior Lobo M, Grossi-de-Sá MF, Petrofeza S, 2015. Exogenous application of methyl jasmonate induces a defense response and resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in dry bean plants. **Journal of Plant Physiology**, 182, 13-22.
- Quaglia M, Ederli L, Pasqualini S, Zizzerini A, 2011. Biological control agents and chemicals inducers of resistance for postharvest control of *Penicillium expansum* Link. on apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 5 (3), 307-315.
- Romanazzi G, Sanzani SM, Bi Y, Tian S, Martínez PG, Alkan N, 2016. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, 122, 82-94.
- Sánchez-Torres P, Tuset JJ, 2011. Molecular insights into fungicide resistance in sensitive and resistant *Penicillium digitatum* strains infecting citrus. **Postharvest Biology and Technology**, 59, 159-165.
- Shaner G, Finney RE, 1977. Effect of Nitrogen- Fertilization on Expression of Slow-Mildewing Resistance in Knox Wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, 67 (8), 1051-1056.

Shoukui E, Ren X, Lu Y, Zhang Y, Wang Y, Sun L, 2016. Microemulsification of clove essential oil improves its in vitro and in vivo control of *Penicillium digitatum*. **Food Control**, 65, 106-111.

Sobrinho APC, Magalhães AFJ, Souza AS, Passos OS, Soares-Filho WS, 2013. **Cultura dos Citros**, Embrapa, Brasília, 1, 399p.

Wu ZL, Yin XB, Lin ZQ, et al., 2014. Inhibitory effect of selenium against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **Current Microbiology**, 69 (2), 192-201.

Zhichao W, Fuhua W, Shuai L, et al., 2016. Comparative responses to silicon and selenium in relation to cadmium uptake, compartmentation in roots, and xylem transport in flowering *Chinese cabbage* (*Brassica campestris*) L. ssp. *Chinensis* var. *utilis*) under cadmium stress. **Environmental and Experimental Botany**, 131, 173-180.

Zhu Z, Chen Y, Shi G, Zhang X, 2017. Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. **Food Chemistry**, 219, 179-184.

## Considerações Finais

A utilização dos indutores de resistência é uma alternativa muito promissora, por proporcionar alimentos saudáveis e isentos de agrotóxicos, por induzirem a planta a produzir suas defesas contra o ataque de diversos patógenos, como por exemplo, o *P. digitatum*. Surpreendentemente o presente trabalho obteve resultados bastante positivos na indução da resistência sistêmica adquirida em citros, mais especificamente para as cultivares de laranja de umbigo Navelina e para o tangor híbrido Ortanique, estudos neste contexto ainda são pioneiros no Sul do Brasil, e exaltam a indispensabilidade de complementarem-se com outras cultivares e/ou outros patógenos. Bem como, com avaliações enzimáticas e moleculares detalhadas acerca da atuação destes indutores na rota metabólica de cada cultivar.

Ressalte-se que tais estudos geram perspectivas demasiado positivas para os produtores na região, pois com a aplicação de indutores reduziriam e/ou complementariam aplicações de agrotóxicos, com o intuito de amplificação da eficiência no controle dos patógenos como, mais especificamente no caso deste estudo, a podridão verde causada pelo fungo *Penicillium digitatum*, o qual é uma patógeno atuante em todo o ciclo de produção frutícola, desempenhando especial papel na quebra de produção na pós-colheita.

Os indutores analisados propiciam um desenvolvimento do sistema sustentável de produção de frutas, pois com a aplicação destes produtos, dentre eles hormônios vegetais como os jasmonatos e os micronutrientes como a sílica e o selênio, que atuam na indução de resistência sistêmica adquirida, proporcionam grande incremento na nutrição das plantas, influenciando de maneira positiva todos os sistemas fisiológicos envolvidos na proteção das plantas.

Assim, denota-se a importância da perpetuação do presente projeto, de modo a intensificarem-se as pesquisas a respeito das alternativas sustentáveis de controle de patógenos, como a utilização de indutores do sistema de resistência adquirida.

## Referências

- Abdel-Haliem, M.E.F.; Hegazy, H.S.; Hassan, N.S.; Naguib, D.M. Effect of sílica íons and nano sílica on Rice plants under salinity stress. **Ecological Engineering**, v. 99, p. 282-289, 2017.
- Abedini, S.; Kaku, M.; Kawata, T.; Koseki, H.; Kojima, S.; Sumi, H.; Motokawa, M.; Fujita, T.; Ohtani, J.; Ohwada, N.; Tanne, K.. Effects of cryopreservation with a newly developed magnetic field programmed freezer on periodontal ligament cells and pulp tissues, **Journal Cryobiology**. v. 62, p. 181–187, 2011.
- Aghdam, M.S.; Asghari, M.; Babalar, M.; Sarcheshmeh, M.A.A. Impacto f salicylic ácido n postharvest physiology of fruits and vegetables, 8, 244-260, In: Siddiqui, M.W. **Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality**. Bihar Agricultural University, Department of Food Science and Postharvest Technology, Sabour, Bhagalpur, Bihar, India, 2016, 297p.
- Albrecht, U.; Bowman, K.D. Transcriptional response of susceptible and tolerant citrus to infection with *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Plant Science**, v. 185/186, p. 118-130, 2012.
- Albrecht, U.; McCollum, G.; Bowman, K.D. Influence of rootstock variety on Huanglongbing disease development in field-grown sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) trees. **Scientia Horticulturae**, v. 138, p. 210-220, 2012.
- Amarante, C.V.T.; Steffens, C.A.; Espindola, B.P. Preservação da qualidade pós-colheita de Araçá-vermelho através do tratamento com 1-metilciclopropeno e do acondicionamento em embalagens plásticas, sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 969-976, 2009.
- Amira, E.A.; Guido, F.; Behija, S.E.; Manel, I.; Nesrine, Z.; ALI, F.; Mohamed, H.; Noureddine, H.A.; Lotfi, A. Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1744-1754. 2011.
- Amissah, J.G.N.; Hotchikiss, J.H.; Watkins, C.B. Diphenylamine and pre-slicing storage effects on the responses of apple slices to elevated CO<sub>2</sub> atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39; p. 178–184, 2006.
- Andrade, C.C.L.; Resende, R.S.; Rodrigues, F.A.; Ferraz, H.G.M.; Moreira, W.R.; Oliveira, J.R.; Mariano, R.L.R. Silicon reduces bacterial speck development on tomato leaves. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, p. 436-442, 2013.
- AOAC. Association of Official Analysis Chemists. **Official methods of analysis** (2005) 18<sup>th</sup> Edition Gaithersburg: Published by AOAC International, 18<sup>th</sup>, 326p.
- Asmar, S.A.; Pasqual, M.; Araújo, A.G.; Silva, R.A.L.; Rodrigues, F.A.; Pio, L.A.S. Características morfofisiológicas de bananeiras ‘Grande Naine’ aclimatizadas em resposta a utilização de silício in vitro. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 73-82, 2013.
- Auricchio, M.T.; Bacchi, E.M. Folhas de *Eugenia uniflora* L. (pitanga): propriedades farmacobotânicas, químicas e farmacológicas, **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, p. 55–61, 2003.
- Ayala-Zavala, J.F.; Veja-Vega, V.; Rosas-Dominguez, C.; Palafox-Carlos, H.; Villa-Rodriguez, J.A.; Siddiqui, M. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p. 1866–1874. 2011.

- Azevedo, C.L.L.; Silva, J.A.A.; Carvalho, J.E.B. **Segunda Versão de Normas Técnicas Específicas (NTE) da Produção Integrada de Citros no Brasil**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Documento 192, 19p. 2010.
- Bagio, T.Z.; Canteri, M.G.; Barreto, T.P.; Júnior Leite, R.P. Activation of systemic acquired resistance in citrus to control huanglongbing disease. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 1757-1766, 2016.
- Ballester, A.R.; Lafuente, M.T.; Vos, R.C.H.; Bovy, A.G.; Gonzáles-Candelas, L. Citrus phenylpropanoids and defence against pathogens. Part I: Metabolic profiling in elicited fruits. **Food Chemistry**, v. 136, p. 178-185, 2013.
- Bassan, M.M.; Mourão Filho, F.A.A.; Alves, R.F.; Bezerra, D.F.; Couto, H.T.Z.; Jacomino, A.P. Postharvest packing process of 'Tahiti' acid lime affects their quality and conservation. **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p. 184-190, 2016.
- Beaudry, R.M.; Cameron, A.C.; Shirazi, A.; Dostal-Lange, D.E. Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: Effect of temperature on package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. **Journal of the American Society of Horticultural Sciences**, v.117, n.3, p.436-441, 1992.
- Becvort, A.A.A. 2011 **Acumulación de selenio en tomate y su efecto en el crecimiento, productividad y antioxidante del fruto**. Maestría en Ciencias en Horticultura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 25.
- Bieglmeyer, R.; Aandrade, J. M. M.; Aboy, A. L.; Apel, M. A.; Dresch, R. R.; Bassols, R. M.; Raseira, M. C.; Henriques, A. T. Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant activity of red (*Psidium cattleianum*) and yellow (*Psidium cattleianum* var. *lucidum*) strawberry guava fruit. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 991-996. 2011.
- Bleinroth, E.W.; Zuchini, A.G.; Pompeu, R.M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedades de abacates e sua conservação pelo frio. **Coletânea do Ital**, v.7, n.1, p.29-81, 1976.
- Bock, C.H.; Parker, P.E.; Cook, A.Z.; Graham, J.H.; Gottwald, T.R. Infection and decontamination of citrus canker-inoculated leaf surfaces. **Crop Protection**, v. 30, p. 259-264, 2011.
- Boratti, F.C.; Mazaro, S.M.; Danner, M.A.; Nava, G.A.; Dalacosta, N.L. Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 318-326, 2015.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm Wiss Technology**. v. 28: p. 25-30. 1995.
- Brinceño, Z.; Almagro, L.; Sabater-Jara, A.B.; Calderón, A.A.; Pedreño, M.A.; Ferrer, M.A. Enhancement of phytosterols, taraxasterol and induction of extracellular pathogenesis-related proteins in cell cultures of *Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom elicited with cyclodextrins and methyl jasmonate. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 11, p. 1050-1058, 2012.
- Brotos, J.M.; Manera, J.; Conesa, A. Porras, I. A fuzzy approach to the loss of green colour in lemon (*Citrus lemon* L. Burm. F.) rind during ripening. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 98, p. 222-232, 2013.
- Bueno, J.M.; Saez-Plaza, P.; Ramos-Escudero, F.; Jimenez, A.M.; Fett, R.; Asuero, A.G. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 42, p. 126-151. 2012.

- Cai, Y.; Cao, S.; Yang, Z.; Zheng, Y. 2011. MeJA regulates enzymes involved in ascorbic acid and glutathione metabolism and improves chilling tolerance in loquat fruit. **Postharvest Biology Technology**, v. 59, p. 324-326, 2011
- Caleb, O.J.; Opara, U.L.; Witthuhn, C.R. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. **Food Bioprocess Technology**. v. 5, p. 15–30. 2012.
- Cao, S.; Cai, Z.; Yang, Z.; Zheng, Y. (2012). MeJA induces chilling tolerance in loquat fruit by regulating proline and  $\gamma$ -aminobutyric acid contents. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1466-1470, 2012.
- Cartea, M.E.; Francisco, M.; Soengas, P.; Velasco, P. Phenolic compounds in Brassica vegetables, **Molecules**. v. 16, p. 251–280, 2011.
- Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. (2005). **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 785p.
- CITRUS ID.Citrus. . Disponível em: <<http://idtools.org/id/citrus/citrusid/>>. Acesso em: 05 dezembro de 2016.
- Colnot, T.; Dekant, W. 2017. Approaches for grouping of pesticides into cumulative assessment groups for risk assessment of pesticide residues in food. **Regulatory Toxicology and pharmacology**, v. 83, p. 89-99, 2017.
- Conceição, C.S.; Felix, K.C.S.; Mariano, R.L.R.; Medeiros, E.V.; Souza, E.B. Combined effect of yeast and silicon on the control of bacterial fruit blotch in melon. **Scientia Horticulturae**, v. 174, p. 164-170, 2014.
- Consolini, A.E.; Sarubbio, M.G. Pharmacological effects of *Eugenia uniflora* (Myrtaceae) aqueous crude extract on rat's heart, **Journal of Ethnopharmacology**, v. 81, p. 57–63. 2002.
- Cruz, M.C.M.; Ramos, J.D.; Lima, L.C.O.; Moreira, R.A.; Ramos, O.S. 2009. Quality of 'Ponkan' mandarin fruits submitted to chemical thinning. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 127-134, 2009.
- David, V.; Yinong, Y.; Casiana, V.C.; Monica, H.O. Abscisic Acid-Induced Resistance against the Brown Spot Pathogen *Cochliobolus miyabeanus* in Rice Involves MAP Kinase-Mediated Repression of Ethylene Signaling. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 152, p. 2036-2052, 2010.
- Demirtas, N.; Tuzkaya, U. R. Strategic planning of layout of the distribution center: an approach for fruits and vegetables hall. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 58, p. 159-168, 2012.
- Deng, L.; Zhou, Y.; Zeng, K. Pre-harvest spray of oligochitosan induced the resistance of harvested navel oranges to anthracnose during ambiente temperature storage, **Crop Protection**, v.70, p. 70-76, 2015.
- Deuner, C.; Borges, C. T.; Almeida, A. S.; Meneghello, G.E. Tunes, L. V. M. Jasmonic acid a promoter of resistance in plants. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 275-281, 2015.
- Dransfield, J.; UHL, N. W.; Asmussen, C. B.; Baker, W. J.; Harley, M.; Lewis, C. **Genera Palmarum: the evolution and classification of palms**. Londres: Kew Publishing, 2008. 732 p.
- Drogoudi, P. D.; Pantelidis, G. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. **Scientia Horticulturae**. v. 129; n. 4; p. 752-760; 2011.

Embrapa (2006) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

Embrapa. Assessoria de Comunicação Social. **Pequenas Frutas, Oportunidade para Pesquisa e Mercado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. (Notícia, 411). Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/comunicacao/noticias/2014/20140411-02.php>>. Acesso em: 20, jun. 2014.

Erkan, M.; Kader, A.A. Pomegranate (*Punica granatum* L.). (Ed.) In: Yahia, E. M. **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**. Woodhead Publishing, pp. 287–311. 2011.

Fallanaj, F.; Ippolito, A.; Ligorio, A.; Garganese, F.; Zavanella, C.; Sanzani, S.M. Electrolyzed sodium bicarbonate inhibits *Penicillium digitatum* and induces defence responses against Green mould in citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 115, p. 18-29, 2016.

Fan, J.; Chen, C.; Yu, Q.; Bransky, R.; Zheng-Guo, L.; Gmitter, F.G. Comparative Itraq proteome and transcriptome analyses of sweet orange infected by *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Physiologia plantarum**, v. 143, n.3, p. 235-245, 2011.

FAO. Faostat: **Production crops**. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: 10 nov 2016.

Faria, J.P.; Almeida, F.; Silva, L.C.R.; Vieira, R.F.; Agostini-Costa, T. S. Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 827-829. 2008.

Faria, J.P.; Siqueira, E.M.A.; Vieira, R.F.; Agostini-Costa, T.S. Fruits of *Butia capitata* (Mart.) Becc as good sources of  $\beta$ -carotene and provitamina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 612-617. 2011.

Fischer, I.H.; Palharini, M.C.A.; Spósito, M.B.; Amorim, L. Postharvest diseases in ‘Pera’ Orange cultivates in organic and conventional systems and resistance of *Penicillium digitatum* to fungicides. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 1, p. 28-39, 2013.

Fornier, C. Controle em pós-colheita de *Penicillium digitatum* em laranja-pera com microrganismos e tratamento térmico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 23-31, 2013.

French-Monar, R.D.; Rodrigues, F.A.; Kordorfer, G.H. Datnoff, L.E. (2010) Silicon suppresses *Phytophthora* blight development on bell pepper. **Journal of Phytopathology**, v. 158, n. 7-8, p. 554-560, 2010

Ghafir, S.A.M.; Ibrahim, I.Z.; Abusrewel, G.S.; Suaad, Z.A. Response of local variety ‘Shlefy’ pomegranate fruits to packaging and cold storage. **Acta Horticulturae**. v. 877, p. 427–432. 2010.

González-Aguilar, G.A.; Ayala-Zavala, J.F.; De La Rosa, I.A.; Álvarez-Parrilla, E. Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. **Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**. v. 5; p. 65-72. 2010.

Gonzatto, M.P.; Schwarz, S.F.; Oliveira, R.P.; Bender, R.J.; Souza, P.V.D. ‘URSBRS Hada’: Tangoreiro de maturação tardia de duplo propósito. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 524-527, 2015.

- Graham, J. H.; Myers, M.E. Soil Application of SAR Inducers Imidacloprid, Thiamethoxam, and Acibenzolar-S-Methyl for Citrus Canker Control in Young Grapefruit Trees. **Plant Disease**, v.95, n. 6, p. 720-729, 2011.
- Graham, J.H.; Myers, M.E. Integration of soil applied neocotinoid insecticides and acibenzolar-S-methyl for systemic acquired resistance (SAR) control of citrus canker on young citrus trees. **Crop Protection**, v. 54, p. 239-243, 2013.
- Gunez, G.; Kirkin, C. Design of modified and controlled atmospheres. In: AHMED, J.; RAHMAN, M. S. (Eds.). **Handbook of food process design**. Hoboken, N.J.: Wiley-Blackwell. v. 2, pp. 1340–1368. 2012.
- Hall, D.; Kim, K. H. De Luca, V. Molecular cloning and biochemical characterization of three Concord grape (*Vitis labrusca*) flavonol 7-O-glucosyltransferases. **Planta**, Berlin, v. 234, n.1, p. 1201-1214, 2011
- Han, J. H. Intelligent packaging. In: **Innovations in Food Packaging**. Food Science and Technology, 2005. Cap. 9. p. 138-153.
- Handa, N.; Bhardwaj, R.; Kaur, H.; Poonam, D.K.; Rattan, A.; Kaur, S.; Thukral, A.K.; Kaur, S.; Arora, S.; Kapoor, N. Previous Chapter 7: Selenium: An antioxidative protectant in plants under stress. p. 179-207. In: Ahmad, P. **Plant Metal Interaction Emerging Remediation Techniques**, Department of Botany, S.P. College, Srinagar, Jammu and Kashmir, India, 2016. 603p.
- Hartyáni, P.; Dalmidi, I.; Knorr, D. Electronic nose investigation of Alicyclobacillus acidoterrestris inoculated Apple and orange juice treated by high hydrostatic pressure. **Food Control**. v. 32. P. 262-269. 2013.
- Hasanuzzaman, M.; Nahar, K.; Fujita, M. Silicon and Selenium: Two vital trace elements that confer abiotic stress tolerance to plants, 16, 377-422. In: Ahmad, P.; Rasool, S. **Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance**, Biological Techniques, 2014, 551p.
- Hung, D. V.; Tong, S.; Tanaka, F.; Yasunaga, E.; Hamanaka, D.; Hiruma, N.; Uchino, T. Controlling the weight loss of fresh produce during postharvest storage under a nano-size mist environment. **Journal of Food Engineering**. v. 106; n. 4; p. 325-330; 2011.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz – **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. v. 1, 1020 p.
- Im, I.; Park, K. R.; Kim, S. M.; Kim, C.; Park, J. H.; Nam, D.; Jang, H. J.; Shim, B. S.; Ahn, K. S.; Mosaddik, A.; Sethi, G.; Cho, S. K.; Ahn, K. S. The butanol fraction of guava (*Psidium cattleianum* Sabine) leaf extract suppresses MMP-2 and MMP-9 expression and activity through the suppression of the ERK1/2 MAPK signaling pathway. **Nutrition and Cancer**. v. 64, p. 255–266; 2012.
- Imtiaz, M.; Rizwan, M.S.; Mushtaq, M.A.; Ashraf, M.; Shahzad, S.M.; Yousaf, B.; Saeed, D.A.; Rizwan, M.; Azher, M.N.; Mehmood, S.; Tu, S. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: a review. **Journal of Environmental Management**, v. 183, n. 3, p. 521-529, 2016.
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 dez. 2016.
- Jacobs, M. B. **The chemical analysis of foods and food products**. New York: Van Nostrand, 1958. 979 p

- Jiangkuo, L.; Lei, H.; Canção, H.; Lai, T.; Xu, X.; Shi, X. 1-methylcyclopropene (1-MCP) suppressed postharvest blue mold of apple fruit by inhibiting the growth of *Penicillium expansum*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 125, p. 59-64, 2017.
- Jun, N.J.; Mosaddik, A.; Moon, J.Y.; Jang, K.C.; Dong-Sunlee, D.S.; Ahn, K.S.; Cho, S.K. Cytotoxic activity of  $\beta$ -caryophyllene oxide isolated from jeju guava (*Psidium cattleianum* Sabine) leaf. **Records of Natural Products** 5, p. 242–246. 2011.
- Kobayashi, A.; Kirschvink, A. A ferromagnetic model for the action of electric and magnetic fields in cryopreservation. **Journal Cryobiology**, v. 68, p. 163-165. 2014.
- Koller OL, 2013. **Citricultura Catarinense**. (Org) Florianópolis: EPAGRI, 2013. 319p.
- Köppen, W.; Geiger, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- Kumar, D. Salicylic acid signaling in disease resistance. **Plant Science**, v. 228, p. 127-134, 2014.
- Lafuente, M.T.; Alférez, F.; Romero, P. Postharvest ethylene conditioning as a tool to reduce quality loss of stored mature sweet oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 94, p. 104-111, 2014.
- Lai, T.; Bai, X.; Wang, Y.; Zhou, J.; Shi, N.; Zhou, T. Inhibitory effect of exogenous sodium bicarbonate on development and pathogenicity of postharvest disease *Penicillium expansum*. **Scientia Horticulturae**, v. 187, p. 108-114, 2015.
- Leme Junior, J.; Malavolta, E. Determinação fotométrica de ácido ascórbico. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 7, p. 115-129, 1950.
- Llorens, E.; Scalschi, L.; Fernández-Crespo, E. Lapeña, L.; García-Agustín, P. Hexanoic acid provides long-lasting protection in ‘Fortune’ mandarin against *Alternaria alternata*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 91, p. 38-45, 2015.
- Lopes Filho, G.; Rosso, V.V.; Meireles, M.A.A.; Rosa, P.T.V.; Oliveira, A.L.; Mercadante, A. Z.; Cabral, F. A. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of carotenoids from Pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). **Journal Supercrit. Fluids**, v. 46, p. 33–39. 2008.
- Lopes, R.M.; Silva, J.P.; Vieira, R.F.; Silva, D.B.; Gomes, I.S.; Agostini-Costa, T.S. Composição de ácidos graxos em polpa de frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 635-640. 2012.
- Luzia, D.M.M.; Bertanha, B.J.; Jorge, N. Sementes de pitanga (*Eugenia uniflora* L.): potencial antioxidante e perfil de ácidos graxos. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 69, n. 2, p. 175–180. 2010.
- Machado, F.L.C.; Costa, J.M.C.; Batista, E.M. Application of carnaúba-based wax maintains postharvest quality of ‘Ortanique’ tanger. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 261-266, 2012.
- Mangaraj, S.; Goswami, T. K. Modified atmosphere packaging—an ideal food preservation technique. **Journal of Food Science and Technology**. v. 46, p. 399–410. 2009.
- Mangaraj, S.; Goswami, T. K.; Giri, S. K.; Tripathi, M. K. Permeable MA packaging of litchi (cv. Shahi) for preserving quality and extension of shelf-life. **Postharvest Biology and Technology**. v. 71, p. 1–12. 2012.

- Mangaraj, S.; Goswami, T.K. Measurement and modelling of respiration rates of guava (cv. Baruipur) for modified atmosphere packaging. **International Journal of Food Properties**, v. 14, p. 609–628. 2011<sup>a</sup>.
- Mangaraj, S.; Goswami, T.K. Modelling of respiration rates of litchi fruit under aerobic condition. **Food and Bioprocess Technology**. v. 4, p. 272–281. 2011<sup>b</sup>.
- Mangaraj, S.; Varshney, A.C.; Singh, K. K.; Reddy, B. S. Development and evaluation of a prospective grader for spherical fruits. **The American Management Association**, v. 41, p. 55–62. 2010.
- Marakham, K.R. 1982. **Techniques of Flavonoid Identification**. Academic Press; London, UK; 113pp.
- Martin MS, Steffens CA, Amarante CVT, Tanaka H, 2014. Postharvest application of didecyldimethylammonium chloride reducing rots caused by *Penicillium* spp. In apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36 (3), 731-734.
- McCook-Russell, K.P.; Muraleedharan, G.N.; Facey, P.C.; Bowen-Forbes, C.S. Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican *Psidium cattleianum* (strawberry guava) and *Psidium guajava* (common guava) fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 1069-1073. 2012.
- Medina, A.L.; Haas, L.I.R.; Chaves, F.C.; Salvador, M.; Zambiasi, R.C.; Silva, W.P.; Nora, L.; Rombaldi, V.C. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v. 128, p. 916–922. 2011.
- Minolta (1994) **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Brasil: MINOLTA Co. Ltda. 49p.
- Mio, L.L.M.; Garrido, L.R.; Ueno, B.; Fajardo, T.V.M. Doenças da cultura do pessegueiro e Métodos de Controle. c. 15, p. 355- 432. . In: Raseira, M.C.B.; Pereira, J.F.; Carvalho, F.L.C. **Pessegueiro**. Embrapa, 2014. 776p.
- Montanez, J. C.; Rodriguez, F. A. S.; Mahajan, P. V.; Farias, J. M. Modelling the effect of gas composition on the gas exchange rate in perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**. v. 96, p. 348–355. 2010.
- Moretto. C.; Cervantes, A.L.L.; Filho, A.B.; Kupper, K.C. Integrated control of Green mold to reduce chemical treatment in post-harvest citrus fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 165, p. 433-438, 2014.
- Moscoso-Ramírez, P.A.; Palou, L. Evaluation of postharvest treatments with chemical resistance inducers to control Green and blue molds on Orange fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 85, p. 132-135, 2013.
- Moulehi, I.; Bourgou, S.; Ourghemmi, I.; Tounsi, M.S. Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 39, p. 74-80, 2012.
- Moura, R. C.; Lopes, P. S. N.; Junior, D. S. B.; Gomes, J. G.; Pereira, M. B. Biometria de frutos e sementes de *Butiacapitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 415-419. 2010.
- Neto, A.C.R.; Maraschin, M.; Di Piero, R.M. Antifungal activity of salicylic acid against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **International Journal of Food Microbiology**, v. 215, p. 64-70, 2015.

- Noblick, L.R.; Lorenzi, H. New *Syagrus* species from Brazil. **Journal Palms**, v. 54, n. 1, p. 18-42, 2010.
- Nunes, A.M.; Fachinello, J.C.; Radmann, E.B.; Bianchi, V.J.; Schwartz, E. Caracteres morfológicos e físico-químicos de butiazeiros (*Butia capitata*) na região de Pelotas, Brasil. **Interciência**, v. 35, p. 500-505. 2010.
- Obon, J.M.; Diaz-Garcia, M.C.; Castellar, M.R. Red fruit juice quality and authenticity control by HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 6, p. 760–771. 2010.
- Oliveira, A.L.; Destadau, E.; Fougere, L.; Lafosse, M. Isolation by pressurized fluid extraction (PFE) and identification using CPC and HPLC/ESI/MS of phenolic compounds from Brazilian cherry seeds (*Eugenia uniflora* L.). **Food Chemistry**, v. 145, p. 522–529. 2014.
- Oliveira, J.C.; Albuquerque, G.M.R.; Mariano, R.L.R.; Gondim, D.M.F.; Oliveira, J.T.A.; Souza, E.B. (2012) Reduction of the severity of angular leaf spot of cotton mediated by silicon. **Journal Plant Pathology**, v. 94, p. 297-304, 2012.
- Oliveira, M.B.; Júnior, M.L.; Grossi-de-Sá, M.F.; Petrofeza, S. Exogenous application of methyl jasmonate induces a defense response and resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in dry bean plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 182, p. 13-22, 2015.
- Oliveira, M.D.M.; Varanda, C.M.R.; Félix, M.R.F. Induced resistance during the interaction pathogen x plant and the use of resistance inducers. **Phytochemistry Letters**, v. 15, p. 152-158, 2016.
- Orabi, S.A.; Dawood, M.G.; Salaman, S.R. Comparative study between the physiological role of hydrogen peroxide and salicylic acid in alleviating the harmful effect of low temperature on tomato plants grown under sand-ponic culture. *Scientia Agriculturae, República Checa*, n. 9, p. 49-59, 2015.
- Pacheco, C.A.; Schinor, E.H.; Azevedo, F.A.; Bastianel, M.; Cristofani-Yaly, M. Characterization of fruits of TangorTMxLP 290 for fresh fruit market. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 805-812, 2014.
- Paliyath, G.; Murr, D.P. Common Fruits, Vegetables, Flowers, and Their Quality Characteristics. In: Paliyath, G.; Murr, D. P.; Handa, A. K.; Lurie, S. **Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables**, p. 7-18, 2008.
- Palou L, Previous Chapter 2: *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*. p. 45-102. In: Banos-Bautista S. **Postharvest Decay, Control Strategies**. 2014, 383p.
- Pan, L.; Zhang, W.; Zhu, N.; Mao, S.; Tu, K. Early detection and classification of pathogenic fungal disease in post-harvest strawberry fruit by electronic nose and gas chromatography–mass spectrometry. **Food Research International**, v. 62, p. 162-168. 2014.
- Passos, F.R.; Reis, M.R. Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos de Origem Vegetal: Revisão. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 23, p. 49-58, 2013.
- Pennazza, G.; Fanali, C.; Santonico, N.; Dugo, L.; Cucchiari, L.; Dacha, M.; D’amico, M.; Costa, R.; Dugo, P.; Mondello, L. Electronic nose and GC-MS analysis of volatile compounds in *Tuber magnatum* Pico: Evaluation of different storage conditions. **Food Chemistry**, v. 136, p. 668-374. 2013.
- Pereira, G.S.; Machado, F.L.C.; Costa, J.M.C. Application of coating extends postharvest quality in the ‘Valencia Delta’ orange during ambient storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 520-527, 2014.

- Peris, M.; Escuder-Gilabert, L. A 21st century technique for food control: Electronic noses. **Analytica Chimica Acta**, v. 638, p. 1-15, 2009.
- Pinto, J.A.V.; Thewes, F.R.; Schorr, M.R.W.; Ceconi, D.L.; Brackmann, A.; Hamann, J.J.; Fronza, D. Mass loss induction on physical and chemical qualities of 'Murcott' Tangor during cold storage. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, p. 1325-1332, 2015.
- Pinto, M.D.S.T.; Ribeiro, J.M.; Oliveira, E.A.G. O estudo de genes e proteínas de defesa em plantas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 2, p. 241-248, 2011.
- Prusky, D. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. **Food Security**, v. 3, n. 4, p. 463-474, 2011.
- Quaglia, M.; Ederli, L.; Pasqualini, S.; Zizzerini, A. (2011) Biological control agentes and chemicas induceres of resistance for postharvest control of *Penicillium expansum* Link. on apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, n. 3, p. 307-315, 2011.
- Raseira, M.C.B.; Antunes, L.E.C.; Trevisan, R.; Gonçalves, E.D. **Espécies frutíferas nativas do Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Documentos 129). 2004.
- Rattmann, Y.D.; De Souza, L.M.; Malquevicz-Paiva, S.M.; Dartora, N.; Sasaki, G.L.; Gorin, P.A.; Iacomini, M. Analysis of flavonoids from *Eugenia uniflora* leaves and its protective effect against murine sepsis, **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. 2012, 9 pp.
- Restuccia, D.; Spizzirri, G. Parisi, O. I.; Cirillo, G.; Curcio, M.; Iemma, F.; Puoci, F. Vinci, G.; Picci, N. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, v. 21, n.11, p.1425-1435. 2010.
- Robert-Seilaniantz, A.; Grant, M.; Jones, J.D. Hormone crosstalk in plant disease and defense: More than just jasmonate-salicylate antagonism. **Annual Reviews of Phytopathology**, v. 49, p. 317-343, 2011.
- Romanazzi, G.; Sanzani, S.M.; Bi, Y.; Tian, S.; Martínez, P.G.; Alkan, N. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 82-94, 2016.
- Rosa, C.I.L.F.; Clemente, E.; Oliveira, D.M.; Todisco, K.M.; Costa, J.M.C. Effects of 1-MCP on the post-harvest quality of the Orange cv. Pera stored under refrigeration. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 624-632, 2016.
- Rosa, R.D.; Nova, G.A.; Piva, A.L.; Mezzalira, E.J.; Paulus, D. Poda e raleio manual de tangerineira (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina no Sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 254-261, 2012.
- Rufino, M.S.M.; Alves, R.E.; De Brito, E.S.; Perez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F.; Mancini-Filho, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002. 2010.
- Sánchez-Torres, P.; Tuset, J.J. Molecular insights into fungicide resistance in sensitive and resistant *Penicillium digitatum* strains infecting citrus. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, p. 159-165, 2011.
- Sayyari, M.; Babalar, M.; Kalantari, S.; Martínez-Romero, D.; Guillén, F.; Serrano, M.; Valero, D. (2011) Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. **Food Chemistry** v. 124, p. 964-970, 2011

- Schultz, B.; Bora, K.C.; Nogueira, A.C.; Auer, C.G. (2012) Uso do silicato de potássio no controle de oídio em mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 93, 2012
- Sergent, T.; Piront, N.; Meurice, J.; Toussaint, O.; Scheinder, Y.J. Antiinflammatory effects of dietary phenolic compounds in an in vitro model of inflamed human intestinal epithelium. **Chemico-Biological Interactions**, v. 188, p. 659–667. 2010.
- Sganzerla, M. **Caracterização físico-química e capacidade antioxidante do butiá**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Shaner, G.; Finney, R.E. Effect of Nitrogen- Fertilization on Expression of Slow-Mildewing Resistance in Knox Wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.
- Shoukui E, Ren X, Lu Y, Zhang Y, Wang Y, Sun L, 2016. Microemulsification of clove essential oil improves its in vitro and in vivo control of *Penicillium digitatum*. **Food Control**, 65, 106-111.
- Siboza, X.I.; Bertling, I.; Odindo, A.O. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 18, p. 1722-1731, 2014.
- Simón-Grao, S.; Gimeno, V.; Simón, I.; Lidón, V.; Nieves, M.; Balal, R.M.; Carbonell-Barrachina, A.A.; Manera, F.J.; Hernández, F.C.A.; García-Sánchez, F. Fruit quality characterization of eleven commercial mandarin cultivars in Spain. **Scientia horticulturae**, v. 165, p. 274-280, 2014.
- Snyder, S.M.; Reber, J.D.; Freeman, B.L.; Orgad, K.; Eggett, D.L.; Parker, T.L. Controlling for sugar and ascorbic acid, a mixture of flavonoids matching navel oranges significantly increases human postprandial serum antioxidant capacity. **Nutrition Research**, v. 31, p. 519–526. 2011.
- Sobrinho, A.P.C.; Magalhães, A.F.J.; Souza, A.S.; Passos, O.S. Soares-Filho, W.S. **Cultura dos Citros**, Embrapa, Brasília, 1, 2013, 399p.
- Sousa, V.R.; Pereira, P.A.P.; Queiroz, F.; Borges, S.V.; Carneiro, J.D.D.S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381–386. 2012.
- Suzuki, T.; Takeuchi, Y.; Masuda, K.; Watanabe, M.; Ryo, S.; Fukuda, Y.; Tsuruta, T.; Yamamoto, K.; Koga, N.; Hiruma, N.; Ichioka, J.; Takai, K. Experimental Investigation of Effectiveness of Magnetic Field on Food Freezing Process. **Transactions of the Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, NASA Astrophysics. v. 26. n. 4, p. 371-386, 2011.
- Swain, T.; Hills, W. E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, p. 63-68, 1959.
- Tesfay, S.Z.; Bertling, I.; Bower, J.P. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 2, p. 92-99, 2011.
- Theodoro, G.F.; Koller, O.L. (2013) Descrição e manejo integrado das doenças v. 6, p. 175-235. In: Koller OL (2013) **Citricultura Catarinense**, Epagri 2013, 319p.
- Uchôa, C.N.; Pozza, E.A.; Bassanezi, R.B.; Spósito, M.B.; Yamamoto, P.T.; Barbosa, J.C.; Oliveira, A.A.S. Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para diagnose de

doenças, pragas e distúrbios abióticos dos citros. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 155-157, 2010.

Van-Loon LC; Rep M, Pieterse CMJ (2006) Significance of inducible defense-related proteins in infected plants. **Annual Review of Phytopathology**, v. 44, p. 135-162, 2006.

Wang, Y.; Liu J. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates occurrence of citrus canker in susceptible navel Orange (*Citrus sinensis* Osbeck). **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 12, p. 1143-1149, 2012.

Wu, Z.L.; Yin, X.B.; Lin, Z.Q.; BAÑUELOS, G.S.; YUAN, L.X.; LIU, Y.; LI, M. Inhibitory effect of selenium against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **Current Microbiology**, v. 69, n. 2, p. 192-201, 2014.

Xiong, Y.; Xiao, X.; Yang, X.; Yan, D.; Zhang, C.; Zou, H.; Lin, H.; Peng, L.; Xiao, X.; Yan, Y. Quality control of *Lonicera japonica* stored for different months by electronic nose. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical**. v. 91. p. 68-72. 2014.

Zeng, R.; Zhang, A.; Chen, J.; Fu, Y. Postharvest quality and physiological responses of clove bud extract dip on 'Newhall' navel orange. **Scientia Horticulturae**, v. 138, p. 253-258, 2012.

Zhao, M.L.; Wang, J.N.; Shan, W.; Fan, J.G.; Kuang, J.F.; Wu, K.Q.; Li, X.P.; Chen, W.X.; He, F.Y.; Chen, J.Y.; Lu, W.J. (2012) Induction of jasmonate signaling regulators Ma MyC2s and their physical interactions with Mal CE1 in methyl jasmonate-induced chilling tolerance in banana fruit. **Plant, Cell & Environment**, v. 31, p. 1365-3040, 2012.

Zhichao, W.; Fuhua, W.; Shuai, L.; Yingqiong, D.; Furong, L.; Ruiying, D.; Dian, W.; Jie, Z. Comparative responses to silicon and selenium in relation to cadmium uptake, compartmentation in roots, and xylem transport in flowering *Chinese cabbage* (*Brassica campestris*) L. ssp. *Chinensis* var. *utilis*) under cadmium stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 131, p. 173-180, 2016.

Zhou, M.; Memelink, J. (2016) Jasmonate responsive transcription factors regulating plant secondary metabolism. **Biotechnology Advances** (Toronto) 34(4):441-449.

Zhu, F.; Yun, Z.; Qiaoli, M.; Gong, Q., Zeng, Y.; Xu, J.; Cheng, Y.; Deng, X. Effects of exogenous 24-epibrassinolide treatment on postharvest quality and resistance of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 8-15, 2015.

Zhu, Z.; Chen, Y.; Shi, G.; Zhang, X. Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. **Food Chemistry**, v. 219, p. 179-184, 2017.