



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**

CÂMPUS URUPEMA

**MANEJO DE PRÉ E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS DE CLIMA
TEMPERADO**

**USO DE SILÍCIO NO SOLO E OZÔNIO EM PÓS-COLHEITA PARA REDUZIR
PODRIDÕES EM MAÇÃ ‘IMPERIAL GALA’ NA SERRA CATARINENSE**

Alessandro Muniz Pereira

Urupema – Santa Catarina
2022



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**

CÂMPUS URUPEMA

**MANEJO DE PRÉ E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS DE CLIMA
TEMPERADO**

ALESANDRO MUNIZ PEREIRA

**USO DE SILÍCIO NO SOLO E OZÔNIO EM PÓS-COLHEITA PARA REDUZIR
PODRIDÕES EM MAÇÃ ‘IMPERIAL GALA’ NA SERRA CATARINENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Manejo Pré e Pós-colheita de Frutas de Clima Temperado.

Orientador: Dr. Rogerio de Oliveira Anese

Urupema, SC

2022

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA, CAMPUS URUPEMA - BIBLIOTECA

Pereira, Alesandro Muniz

Uso de silício no solo e ozônio em pós-colheita para reduzir podridões em maçã "imperial gala" na Serra Catarinense / orientador

Rogério de Oliveira Anese, Dr. -Urupema, 2022. 13 f.

Monografia (Especialização) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Urupema. Especialização em Manejo de Pré e Pós-Colheita de Frutas de Clima Temperado, 2022.

1. Qualidade. 2. Armazenamento. 3. Perdas.
I. Orient. Anese, Rogério de Oliveira.

CDD 23.ed. 634

Catálogo Elaborada por Paola Ávila Soares – CRB14/1730

Alesandro Muniz Pereira

**USO DE SILÍCIO NO SOLO E OZÔNIO EM PÓS-COLHEITA PARA REDUZIR
PODRIDÕES EM MAÇÃ ‘IMPERIAL GALA’ NA SERRA CATARINENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Manejo Pré e Pós-colheita de Frutas de Clima Temperado.

Aprovado em 19 de dezembro de 2022.

**Rogério de Oliveira Anese, Dr. (IFSC-Urupema)
(Presidente/Orientador)**

**Janice Regina Gmach Bortoli, Dra. (IFSC-Urupema)
Avaliador**

**Leonardo Zucuni Guasso, Dr. (IFSC-Urupema)
Avaliador**

Urupema, SC

2022

RESUMO

USO DE SILÍCIO NO SOLO E OZÔNIO EM PÓS-COLHEITA PARA REDUZIR PODRIDÕES EM MAÇÃ 'IMPERIAL GALA' NA SERRA CATARINENSE

AUTOR: Alessandro Muniz Pereira

ORIENTADOR: Rogerio de Oliveira Anese

O presente trabalho tem por objetivo avaliar aplicação pré-colheita de silício no solo e ozônio em pós-colheita no controle de podridões e qualidade pós armazenamento de maçãs 'Imperial Gala'. Os tratamentos foram duas fontes de silício (Silicato de sódio neutro e metassilicato de sódio) aplicado no solo (200 kg ha^{-1}) e água ozonizada na pós-colheita (75 mg L^{-1} de O_3 por 20 min). Após a colheita e tratamentos os frutos foram estocados em armazenamento refrigerado com temperatura média de $2 \text{ }^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $85\% (\pm 5)$, por um período de 6,5 meses e analisados quanto as características de qualidade e podridões logo após esse período e também uma segunda análise 14 dias após armazenados em temperatura média de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, simulando o período de prateleira. Os resultados demonstram na saída da câmara o metassilicato de sódio via solo e água ozonizada em pós-colheita reduziram a incidência e severidade de podridões, entretanto, não apresentaram diferença da testemunha após o período de prateleira. A firmeza da polpa e os sólidos solúveis não foram influenciados pelos tratamentos. A acidez foi maior no tratamento com silicato de sódio e aplicação de ozônio. Conclui-se que o uso associado de metassilicato de sódio via solo e água ozonizada em pós-colheita reduziram podridões após a saída dos frutos da câmara do armazenamento refrigerado.

Palavras-chaves: qualidade; armazenamento, perdas

ABSTRACT

Author: Alesandro Muniz Pereira

Advisor: Rogerio de Oliveira Anese

USE OF SILICON IN THE SOIL AND POST-HARVEST OZONE TO REDUCE DECAY IN 'IMPERIAL GALA' APPLE IN SERRA CATARINENSE

The present work aims to evaluate pre-harvest application of silicon in the soil and post-harvest ozone in the control of decay and post-storage quality of 'Imperial Gala' apples. The treatments were two sources of silicon (neutral sodium silicate and sodium metasilicate) applied to the soil (200 kg ha^{-1}) and post-harvest ozonated water (75 mg L^{-1} of O_3 for 20 min). After harvesting and treatment, the fruits were stored in refrigerated storage at an average temperature of $2 \text{ }^\circ\text{C}$, relative air humidity of 85% (± 5), for a period of 6.5 months and analyzed for quality characteristics and decay after this period and also a second analysis 14 days after storage at an average temperature of $20 \text{ }^\circ\text{C}$, simulating its shelf life. The results showed at the open chamber the sodium metasilicate via soil and ozonized water in post-harvest reduced the incidence and severity of decay, however, they did not present difference of the control after the shelf period. Flesh firmness and soluble solids were not influenced by treatments. The acidity was higher in the treatment with sodium silicate and ozone application. It is concluded that the associated use of sodium metasilicate via soil and ozonized water in post-harvest reduced decay after the open chamber of the cold storage.

Keywords: quality; storage; loss

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
CONCLUSÕES.....	12
REFERÊNCIAS	12

INTRODUÇÃO

A produção nacional de maçãs (*Malus domestica*) está estabelecida em apenas duas únicas variedades principais, Gala e Fuji, sendo que, 70% do consumo nacional são de maçãs da variedade Gala e 30% da variedade Fuji. O período de colheita está concentrado entre os meses de janeiro à março para Gala e março até meados de maio para Fuji. O consumo está dividido ao longo dos 12 meses do ano, sendo a maçã a segunda fruta mais consumida no País (POF/IBGE 2017-2018), havendo portanto, a necessidade de manter toda uma infraestrutura necessária para armazenamento.

Dentre os principais problemas encontrados durante o período de armazenamento, podemos citar, a incidência de podridões, causadas principalmente por *Cryptosporiopsis perennans* (olho de boi), *Colletotrichum gloesporioides* e *C. acutatum* (podridão amarga) e *Botryosphaeria dothidea* (podridão branca) e como foram analisados frutos da variedade Imperial Gala, a presença de Escurecimento de Polpa, Polpa Farinácea e Rachadura de Maçãs. Cabe também ter atenção em possíveis alterações no ponto de colheita, analisando os parâmetros firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez.

O ozônio é um importante agente microbiano, provocando a redução de microorganismos indesejáveis e tem sido proposto como alternativa para a preservação da qualidade pós-colheita de produtos de origem vegetal. Este gás apresenta elevada capacidade de decomposição, não gera resíduos tóxicos, se comparado aos principais sanitizantes utilizados na indústria alimentícia para fins de higienização, como os compostos clorados, haja visto, a observada resistência à ação do cloro por esporos, bactérias, oocistos de protozoários (Silva et al., 2011, Coelho et al., 2015). O gás ozônio ou oxigênio triatômico, forma alotrópica do oxigênio, é um potente agente oxidante e sua utilização na agricultura se torna atraente pelo fato de poder ser usado no próprio local de aplicação, na forma gasosa ou dissolvido em água, e o produto de sua degradação será o próprio oxigênio (Graham, 1997; Kim et al., 1999; Mendez et al., 2003; Guzel-Seydim et al., 2004).

Um produto que tem apresentado resultados importantes no uso agrícola é o silício, que depois do oxigênio, é o segundo elemento em maior abundância na crosta terrestre, estando presente na constituição dos principais minerais, em forma de sílica e minerais silicatados e que proporciona diversos benefícios a algumas culturas de importância econômica. Neste sentido, pesquisas sobre os benefícios da aplicação foliar de silício têm sido crescente em diversas espécies de interesse agrônomo (REIS et al., 2007). Dentre seus efeitos, tem-se um aumento

da espessura dos tecidos do limbo foliar e da deposição de cera epicuticular (BRAGA et al., 2009), proporcionando às plantas resistência para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas, agindo como um inibidor de estresses naturais amenizando, por exemplo, os impactos causados por temperaturas extremas e geadas (EPSTEIN, 2001; BRAGA et al., 2009). Segundo KOWAL et al. (2020) a aplicação foliar de silício em morangos proporciona o aumento da produção de frutos classificados como comerciais, além de resultar em aumento da firmeza de polpa.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar duas fontes de silício, aplicados no solo, na fase de plena floração e ozônio em pós-colheita no controle de podridões pós-colheita em maçãs 'Imperial Gala'.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o experimento utilizou-se frutos de maçã da cultivar Imperial Gala, colhidos na safra 2020/2021, produzidas na área definida de Bloco 8 da Empresa Agrícola Fraiburgo, na localidade de Cedro, no município de Urupema, SC.

Para aplicação do silício foram usadas duas fontes, o SS: silicato de sódio neutro (Alpha Química, Cachoeirinha, RS) e o MS: metassilicato de sódio (Casa dos Químicos, Flores da Cunha, RS). A dose de Si aplicado no solo foi de 200 kg ha⁻¹ aplicado dissolvido em água na região da projeção da copa, em uma aplicação no período de plena floração.

Para aplicação do ozônio nas maçãs em pós-colheita, foi utilizado o gerador de O₃ modelo O&L 1.5RM (Fabricação: Ozone & Life Ind. Com. Sistemas Ltda, São José dos Campos/SP), na dose de 75 mg l⁻¹ pelo tempo de 20 minutos de exposição. O ozônio foi gerado na água e os frutos foram mergulhados por 20 min na água ozonizada. Após isso os frutos foram armazenados sob refrigeração por 6,5 meses, com 1,5°C e 85 a 95% de UR.

As análises foram realizadas após o armazenamento e mais 14 dias de exposição dos frutos ao ambiente de laboratório (15°C ±5; 65% UR). Para avaliação da incidência foi analisado cada fruto e inicialmente levado em consideração a presença ou não de lesão relacionada a podridões; para a severidade foi avaliado o tamanho da lesão, se era de até 1,0 cm² ou superior. Para determinar seu valor da severidade foi considerada a nota 1 se não houvesse lesão, nota 2 para frutos com lesão de até 1,0 cm² e 3 para frutos com lesão acima de 1,0 cm² e feita a sua média ponderada. Os diâmetros das lesões foram medidos com uma régua.

Para avaliação do escurecimento de polpa foram pré-determinados os seguintes valores, 0 para frutos sem escurecimento, 1 para frutos com até 30% de polpa escurecida, 2 para frutos com 31 à 60% de polpa escurecida e 3 para frutas acima de 60% de polpa escurecida. Os parâmetros de maturação firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez foram avaliados conforme Argenta et al. (2022).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três blocos de 5 plantas cada, em bifatorial (Silício X Ozônio). Duas amostras de 45 frutos de bloco foram colhidas, sendo uma submetida ao tratamento de ozônio (água ozonizada) em pós-colheita e a outra somente água. Os dados foram analisados submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo que posteriormente as médias com diferença significativa submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão descritos os resultados referentes a análise das podridões. Quando analisado os frutos separados no instante de abertura da câmara sem a aplicação de ozônio não foi observado nenhuma diferença de resultados nos frutos das plantas testemunhas comparada com a aplicação do silício, independentemente de sua fonte, se silicato ou metassilicato.

Na saída dos frutos da câmara, houve redução na incidência de podridões com aplicação de metassilicato de sódio e o uso do ozônio em pós-colheita. A severidade também foi reduzida com o uso destes tratamentos. Após 14 dias de vida de prateleira não houve diferença entre tratamentos. A provável causa desta diferença positiva na redução de podridões se deveu a ação sanitizante do ozônio, combinada com uma maior resistência a ação de fungos, bactérias e insetos conferido pelo uso do Silício.

Tanto o ozônio quanto o silício têm ação sobre o controle de patógenos como bactérias, fungos e vírus, sendo o ozônio com uma ação sanitizante, eliminando os esporos e estruturas de reprodução e o Si conferindo uma maior resistência a parede celular das plantas, tornando-as mais resistentes a situações de estresse. O Si promove a diminuição da taxa de incidência de doenças e até mesmo o ataque de insetos, devido à sua deposição abaixo da cutícula, o que faz com que a espessura da epiderme aumente, atuando como uma barreira mecânica contra patógenos.

Tabela 1 – Podridão de maçã ‘Imperial Gala’ submetida a aplicação de silício no solo e aplicação de ozônio na pós-colheita após 6,5 meses de armazenamento refrigerado mais 14 dias de vida de prateleira. Urupema, SC.

Tratamento	Podridão									
	Abertura da câmara					14 dias a 20°C				
	Incidência (%)		Severidade (1-3)			Incidência (%)		Severidade (1-3)		
	Ozônio (mg l ⁻¹)		Ozônio (mg l ⁻¹)			Ozônio (mg l ⁻¹)		Ozônio (mg l ⁻¹)		
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Testemunha	3,81 Aa	3,96 Aa	1,05 Aa	1,07 Aa	4,56 ^{ns}	5,29	4,93	1,08 ^{ns}	1,10	1,09
SS	4,07 Aa	3,03 Aa	1,07 Aa	1,05 Aab	6,11	5,31	5,71	1,09	1,11	1,10
SM	4,27 Aa	0,00 Bb	1,07 Aa	1,00 Bb	4,85	1,59	3,22	1,09	1,02	1,06
Média					5,17	4,06		1,09	1,08	
CV (%)	38,9		2,76		63,4			4,88		

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). SS: Silicato de sódio; SM: Metassilicato de sódio. Severidade: 1- frutos sem lesão, 2- frutos com lesão de até 1,0 cm², 3- frutos com lesão acima de 1,0 cm²

Na tabela 2, analisando os resultados do escurecimento de polpa, podemos visualizar que não há diferença em termos de percentuais quando não aplicado ozônio, tanto nas plantas testemunha, quanto nas aplicadas silício, mais uma vez, independentemente da fonte deste; já com o uso de ozônio houve diferença entre as plantas controle sendo que somente a aplicação de ozônio aumentou o percentual de escurecimento de polpa, porém o uso combinado com Si promoveu uma redução bastante significativa neste distúrbio.

Tabela 2 – Escurecimento da polpa, polpa farinácea e rachadura de maçã ‘Imperial Gala’ submetida a aplicação de silício no solo e aplicação de ozônio na pós-colheita após 6,5 meses de armazenamento refrigerado mais 14 dias de vida de prateleira. Urupema, SC.

Tratamento	Escurecimento da polpa								
	Incidência (%)		Severidade (1-3)			Polpa farinácea (%)		Rachadura (%)	
	Ozônio (mg l ⁻¹)		Ozônio (mg l ⁻¹)			Ozônio (mg l ⁻¹)		Ozônio (mg l ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
Controle	12,8 Ba	22,5 Aa	0,22 Ba	0,36 Aa	6,05 Ba	19,4 Aa	4,56	7,96	6,26 a
SS	11,1 Aa	6,1 Ab	0,17 Aa	0,08 Ab	8,94 Aa	7,62 Ab	2,04	1,50	1,77 b
SM	8,6 Aa	5,7 Ab	0,14 Aa	0,08 Ab	8,68 Aa	7,33 Ab	3,59	1,59	2,59 b
Média							3,40 A	3,68 A	
CV (%)	37,8		38,9		16,5		57,8		

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

SS: Silicato de sódio; SM: Metassilicato de sódio

Resultado semelhante observamos em termos da severidade do nível de escurecimento da polpa, o uso de Si diminui o percentual de escurecimento nos frutos, principalmente com o uso combinado de ozônio.

Quanto a presença de polpa farinácea, novamente o uso de silício combinado com ozônio reduziu significativamente seu aparecimento, como também observamos nas plantas controle, uma redução somente com a aplicação de ozônio.

Quando comparado o percentual de frutos com rachadura (Tabela 2), tivemos diferença quando utilizado uma fonte de silício, mas o ozônio não demonstrou diferença em seu uso.

A firmeza da polpa e os sólidos solúveis (SS) não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 3). A acidez foi maior no tratamento com silicato de sódio e aplicação de ozônio. Os parâmetros de maturação são importantes para a qualidade dos frutos, sendo que o consumidor prefere maçãs com equilíbrio entre açúcares e acidez.

Tabela 3 – Firmeza da polpa, sólidos solúveis e acidez de maçã ‘Imperial Gala’ submetida a aplicação de silício no solo e aplicação de ozônio na pós-colheita após 6,5 meses de armazenamento refrigerado mais 14 dias de vida de prateleira. Urupema, SC.

Tratamento	Firmeza da polpa (N)		SS (%)		Acidez	
	Ozônio (mg l ⁻¹)		Ozônio (mg l ⁻¹)		Ozônio (mg l ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Controle	42,9 ^{ns}	43,1	11,5 ^{ns}	11,6	2,20 Aa	2,17 Ab
SS	44,4	45,2	11,5	11,8	2,20 Ba	2,53 Aa
SM	45,5	46,5	11,5	11,8	2,17 Aa	2,17 Ab
Média						
CV (%)	4.74				1.88	

Médias seguida de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste Tukey (p<0,05)

SS: Silicato de sódio; SM: Metassilicato de sódio

CONCLUSÕES

O uso do metassilicato de sódio aplicado no solo e o uso da água ozonizada em pós-colheita reduziram a incidência e severidade de podridões de maçã ‘Imperial Gala’ após a retirada dos frutos da câmara, sendo esta combinação a mais eficiente e, portanto, a mais recomendada.

REFERÊNCIAS

- ALVES, HANNA, et al. Aspectos Microbiológicos e físico-químicos de Morango exposto ao gás ozônio em diferentes concentrações durante o armazenamento. *Brazilian Journal of Food Technology*. Campinas-SP. v 22, 2019.
- ARGENTA, L.C.; ANESE, R.O.; THEWES, F.R.; WOOD, R.M.; NESI, C. N.; NEUWALD, D.A. Maintenance of ‘Luiza’ apple fruit quality as affected by postharvest practices, *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 44, n. 4: (e-905), 2022.
- BRAGA, F. T. B.; NUNES, C. F.; FAVERO; A. C.; PASQUAL; M. CARVALHO, J. G.; CASTRO, E. M. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília: v. 44, n. 2, p. 128-132, Fev. 2009.
- COELHO, C. C. S., SILVA, O. F., ALCANTARA, I., SILVA, J. P. L., & CABRAL, L. M. C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 369-375, 2015
- EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. *Silicon in agriculture*. The Netherlands: Elsevier Science, 2001.
- GRAHAM, D. M. Use of ozone for food processing. *Food Technology*, v.51, p.72-75, 1997.
- Guzel-Seydima, Z. B.; Greeneb, A. K.; Seydima, A. C. Use of ozone in the food industry. *Food Science and Technology*, v.37, p.453- 460, 2004.
- KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of Food Protection*, v.62, p.1071-1087, 1999.
- KOWAL, A.N.; WURZ, D.A.; FAGHERAZZI.; SANTOS, G.; LEITE, M.L. Efeito da aplicação foliar de silício nos aspectos produtivos e qualitativos de frutos de morangueiro. *Rev. Elet. Cient. da UERGS*, v. 6, n. 02, p. 144-149, 2020.

REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, T. G.; FIGUEIREDO, F. C.; POZZA, A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, R. O silício na nutrição e defesa de plantas. EPAMIG. Boletim Técnico. n. 82, 119 p. 2007.

SILVA, S. B., LUVIELMO, M. M., GEYER, M. C., & PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. Semina: Ciências Agrárias, 32(2), 659-682, 2011.