

Qualidade de Pêssegos “Esmeralda”
após Adubação Potássica

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
343**

Qualidade de Pêssegos “Esmeralda” após Adubação Potássica

*Rufino Fernando Flores Cantillano
Caroline Farias Barreto
Renan Navroski
Marcia Vizzotto
Gilberto Nava
Luis Eduardo Correa Antunes
Nubia Marilyn Lettnin Ferri*

**Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2021**

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente
Luis Antônio Suíta de Castro

Vice-Presidente
Walkyria Bueno Scivittaro

Secretário-Executivo
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Fernando Jackson

Foto da capa
Gilberto Nava e Maria do Carmo B. Raseira

1ª edição
Obra digitalizada (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

Q1 Qualidade de pêssegos 'esmeralda' após adubação
potássica / Rufino Fernando Flores Cantillano... [et
al.]. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021.
17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /
Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 343)

1. Pêssego. 2. Adubação. 3. Potássio.
4. Composto bioativo. I. Flores Cantillano, Rufino
Fernando. II. Série.

CDD 634.25

Sumário

Introdução.....	7
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão.....	9
Conclusões.....	15
Referências.....	15

Qualidade de Pêssegos “Esmeralda” após Adubação Potássica

Rufino Fernando Flores Cantillano¹

Caroline Farias Barreto²

Renan Navroski³

Marcia Vizzotto⁴

Gilberto Nava⁵

Luis Eduardo Correa Antunes⁵

Nubia Marilin Lettnin Ferri⁶

Resumo - Muitos fatores podem afetar a qualidade dos pêssegos, entre eles a adubação potássica. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de potássio (K) nas características físico-químicas e compostos bioativos em pêssegos. O experimento foi realizado entre as safras de 2014 e 2017 em pomar comercial no município de Morro Redondo, Rio Grande do Sul, Brasil, utilizando pêssegos “Esmeralda”. As doses de K aplicadas foram: 0, 40, 80, 120 e 160 kg K₂O ha⁻¹. Os parâmetros avaliados foram: coloração da polpa, firmeza da epiderme e da polpa, sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT, compostos fenólicos totais, carotenoides totais e atividade antioxidante total. O aumento das doses de K reduziu o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante nos pêssegos nas safras 2014 e 2015. Os atributos acidez titulável e firmeza da polpa não foram afetados pela adubação potássica nas quatro safras avaliadas. Entretanto, os sólidos solúveis, relação SS/AT, croma, °Hue, firmeza da epiderme e compostos bioativos foram influenciados pelas doses de K, de forma diferenciada nos distintos anos do estudo. Conclui-se que, se o solo já possui teor médio do nutriente, não é recomendada a adubação potássica, pois isso não melhora os parâmetros de qualidade dos frutos da “Esmeralda”, uma vez que esses parâmetros dependem mais das variações climáticas.

Termos para indexação: características físico-químicas, compostos bioativos, nutriente potássio.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

² Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, bolsista de pós-doutorado Júnior/CNPq, Pelotas, RS.

³ Engenheiro-agrônomo, mestre e doutorando em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

⁴ Engenheira-agrônoma, PhD. em Horticultura, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁶ Química, especialista em Ciência dos Alimentos, analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Quality of Peaches “Esmeralda” Under Potassium Fertilization

Abstract - Many factors can affect the quality of peaches, including the fertilization made with potassium (K). This work aimed to evaluate the effect of different doses of potassium fertilization on the physico-chemical characteristics and bioactive compounds in peaches. The experiment was carried out between 2014 and 2017 harvests in a commercial orchard in the municipality of Morro Redondo, Rio Grande do Sul state, Brazil, using “Esmeralda” peaches. The applied K rates were 0, 40, 80, 120 and 160 kg K₂O ha⁻¹. The evaluated parameters were pulp color, epidermis and pulp firmness, soluble solids (SS), pH, titratable acidity (TA), SS/TA ratio, total phenolic compounds, total carotenoids and antioxidant activity. The increase in K rates reduced the content of phenolic compounds and the antioxidant activity in peaches in the 2014 and 2015 harvests. The attributes such as titratable acidity and firmness of the pulp were not affected by the K fertilization in the four evaluated harvests. However, soluble solids, SS/TA ratio, chroma, ° Hue, firmness of the epidermis and bioactive compounds were influenced by K doses in different years. It is concluded that, if the soil already has an average content of this nutrient, the potassium fertilization is not recommended because it does not improve the quality parameters of the fruits. These parameters depend more on climatic variations.

Index terms: physico-chemical characteristics, bioactive compounds, potassium nutrient

Introdução

A produção de pêssegos no Brasil é de 219 mil toneladas em uma área aproximada de 17 mil hectares. O estado do Rio Grande do Sul (RS) é responsável por 66,66% da produção nacional, mas a produtividade média do estado é baixa (11,14 t ha⁻¹) quando comparada com a média nacional (12,47 t ha⁻¹) (IBGE, 2018). Com o objetivo de elevar os índices produtivos e satisfazer a procura do mercado, a produção deverá ajustar as quantidades de nutrientes de acordo com as cultivares, espaçamento de plantio, sistema de produção e tipo de solo.

Para frutíferas de caroço, os principais elementos minerais que as plantas necessitam são o nitrogênio (N) e o potássio (K). O K participa direta ou indiretamente de inúmeros processos bioquímicos das plantas, estando envolvido com o metabolismo de carboidratos, fotossíntese e respiração (Song et al., 2015). Sua principal função na planta é ser um ativador enzimático, atuando em mais de 120 enzimas, nos mais diversos processos vitais da planta (Pes; Arenhardt, 2015). Além disso, é responsável pela abertura e fechamento dos estômatos, transporte do floema, osmorregulação, extensão celular, equilíbrio de ânions e cátions, regulação da absorção de água e da turgidez dos tecidos (Moraes, 2006; Pes; Arenhardt, 2015). A deficiência de K causa necrose e morte das gemas laterais nas folhas. Os sintomas foliares de deficiência de K são manchas necróticas, folhas curvadas e secas, podendo ocasionar pouco crescimento. As plantas tornam-se suscetíveis a doenças e pragas, ocasionando perda de rendimento (peso), qualidade e o tempo de conservação dos frutos é menor (Taiz; Zeiger, 2013). Nos pomares, a adubação potássica está relacionada com a qualidade dos frutos (Nava et al., 2008; Lester et al., 2010), sendo que em frutíferas de caroço é o elemento mais abundante nos frutos (Rombolá et al., 2012). Nas plantas, o K em quantidades adequadas permite que ele se adapte ao estresse causado pelos fatores bióticos e abióticos (seca, salinidade, doenças ou pragas, geadas) (Bonadeo et al., 2017).

Em relação aos frutos, a adubação potássica, quando fornecida em quantidades adequadas, proporciona frutos de maior tamanho (Dbara et al., 2016; Jawandha et al., 2017), assim como influencia o teor de sólidos solúveis (Jawandha et al., 2017) e a firmeza de polpa (Trevisan et al., 2006; Nava et al., 2008). O excesso de K pode reduzir a firmeza dos pêssegos (Trevisan et al., 2006), provocando alterações no metabolismo do cálcio, causando distúrbios fisiológicos, amolecimento e escurecimento interno em pós-colheita (Fischer, 2000) e alterando o período de conservação dos frutos de caroço (Rombolá et al., 2012). A deficiência do K origina frutos com menor acidez, aumentando a respiração e as alterações fisiológicas de pós-colheita (Fischer, 2000).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação potássica aplicada no solo sobre as características físico-químicas e compostos bioativos dos pêssegos cultivados no sul do Rio Grande do Sul durante quatro safras consecutivas.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em um pomar comercial de pessegueiros da cultivar Esmeralda enxertada sobre o porta-enxerto Capdeboscq, localizado no município de Morro Redondo – RS, latitude 31°31'49.3"S e longitude 52°35'39.8"W. O experimento foi conduzido durante as safras de 2014, 2015, 2016 e 2017. A cultivar de pêssego Esmeralda é considerada para uso da indústria ou de dupla finalidade (indústria e mercado fresco), tendo a polpa de cor amarelo-alaranjada, firme, não fundente, aderente ao caroço (Raseira et al., 2014). O pomar utilizado foi implantado no ano de 2008, com sistema de condução das plantas em “Y” e o espaçamento entre linhas de 6,0 m e entre plantas de 1,5 m, correspondendo a uma densidade de 1.111 plantas ha⁻¹.

O solo é da classe Argissolo Bruno acinzentado (Santos et al., 2006) e, durante a implantação em 2008, foi realizada aplicação de calcário dolomítico para elevar o pH em água até 6,0; também foi fertilizado com fósforo e K, de acordo com a recomendação preconizada pela CQFS-RS/SC (2004) para a cultura do pessegueiro. O calcário e os fertilizantes foram incorporados na área total do pomar até aproximadamente 30 cm de profundidade, por meio de uma sequência de operações de subsolagem, lavração e gradagem. As análises químico-físicas do solo, realizadas antes da instalação do experimento (2014), apresentaram os seguintes

resultados: pH em água de 5,8; 23 mg dm⁻³ de P; 64 mg dm⁻³ de K; 30 mmolc dm⁻³ de Ca; 9,5 mmolc dm⁻³ de Mg; 2,1% de matéria orgânica e 18% de argila.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro plantas por unidade experimental, sendo consideradas somente as duas plantas centrais como úteis para fins de avaliação. As doses de K utilizadas foram 0, 40, 80, 120 e 160 kg K₂O ha⁻¹, utilizando-se cloreto de potássio (60% de K₂O), aplicado anualmente sobre a superfície do solo, sem incorporação, e próximo da plena floração dos pessegueiros. Todas as plantas receberam doses iguais de nitrogênio (N) e fósforo (P), conforme recomendações da CQFS-RS/SC (2016).

Os dados de temperatura média e precipitação mensal dos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017 foram coletados da estação meteorológica da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas, RS, Brasil (Figura 1). A precipitação total foi de 1.940,4 mm no ano de 2014, de 2.244 mm no ano de 2015, 2.203 mm no ano de 2016 e 1.793,5 mm no ano de 2017.

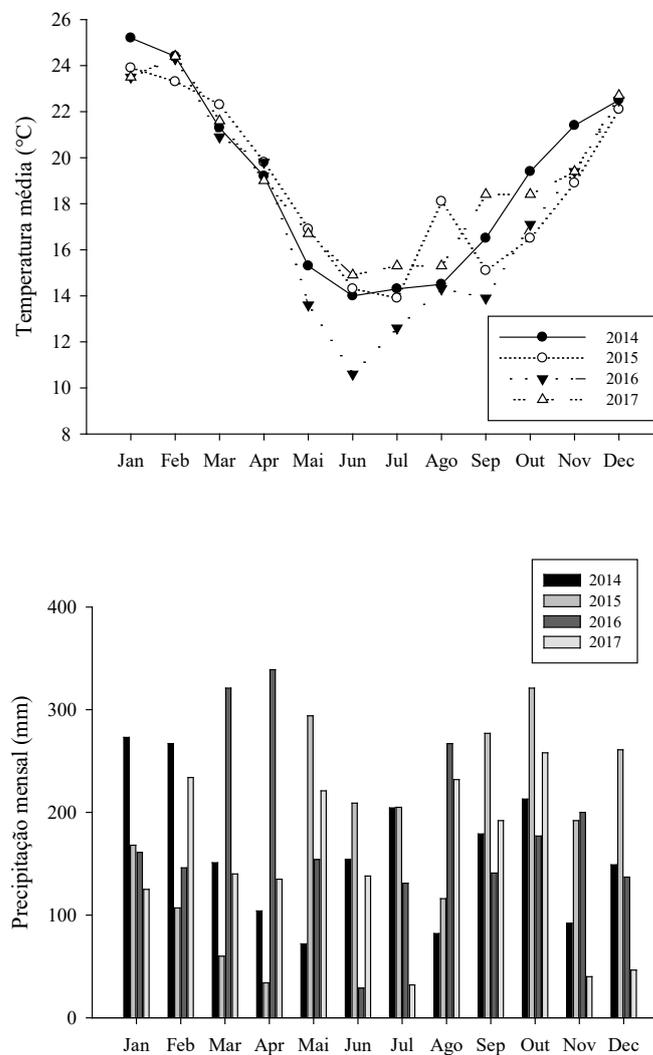


Figura 1. Temperatura média e precipitação mensal dos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017 na Estação Meteorológica da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2021.

Para as avaliações físico-químicas dos frutos foi colhida uma amostra de 30 frutos das duas plantas centrais de cada repetição, então encaminhada ao Laboratório de Fisiologia Pós-colheita / Núcleo de Alimentos, da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS. As avaliações realizadas foram: coloração da polpa, realizada

com o auxílio do colorímetro da marca Minolta, modelo CR-400, com duas leituras na região equatorial dos frutos de “L” (luminosidade), “a*”, “b*”, matiz ou tonalidade cromática representada pelo °Hue e croma; firmeza de polpa e da epiderme, realizada com o texturômetro (Texture Analyzer, TA.XT plus®, Stable Micro Technologies Texture Systems) com a ponteira P2 de 2 mm, força de 5 g e velocidade de 5 mm s⁻¹ sendo os resultados expressos em Newtons (N); sólidos solúveis (SS), mensurados através de refratômetro digital manual da marca ATAGO, modelo PAL-1 sendo os resultados expressos em °Brix; potencial hidrogeniônico (pH), determinado com o auxílio de um potenciômetro digital Metrohm 780; acidez titulável (AT), determinada por método potenciométrico com NaOH 0,1 N até atingir pH 8,1 utilizando o pHmetro digital Metrohm 780, sendo utilizados 10 mL da amostra (suco) e 90 mL de água destilada, e os resultados expressos em mg de ácido cítrico por 100 mL⁻¹ de suco; relação SS/AT, quantificada através da razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

Para determinação dos compostos fitoquímicos, os frutos foram descascados, e as polpas, trituradas, sendo analisados: compostos fenólicos totais, determinados pelo método baseado na reação com o reagente Folin-Ciocalteu, adaptado de Swain e Hills (1959), sendo o resultado expresso em ácido clorogênico mg por 100 g⁻¹ de amostra; carotenoides totais, determinados pelo método de Talcott e Howard (1999), e os resultados calculados a partir de uma curva padrão construída com β-caroteno e expressos em mg por 100 g⁻¹; atividade antioxidante, determinada através do radical estável DPPH, de acordo com o método de Brand-Williams et al. (1995) e os resultados expressos em equivalente trolox µg 100 g⁻¹ de peso fresco. Para os compostos bioativos, utilizou-se correlação linear de Pearson.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos foram significativos, foram ajustadas as equações de regressão, tendo-se testado os modelos linear e quadrático pelo teste F, escolhendo-se aquele com significância menor que $p < 0,05$ e com maior coeficiente de regressão.

Resultados e Discussão

Na primeira safra avaliada (2014), de modo geral, não foram constatadas diferenças significativas para as variáveis sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, submetidas a diferentes doses de K (Tabela 1). A ausência de resposta da adubação potássica no primeiro ano de avaliação é comum em frutíferas, uma vez que elas podem possuir reservas de K e que podem assegurar a manutenção da qualidade dos frutos, mesmo após algum período sem aplicação do nutriente.

Tabela 1. Características químicas dos frutos de pessegueiros “Esmeralda” submetida a diferentes doses de K durante as safras 2014-2017. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/ RS, 2021.

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	SS (°Brix)	pH	AT (mg de ácido cítrico/100mL de suco)	SS/AT
Safra 2014				
0	12,25	3,39	1,09	11,29
40	11,90	3,46	1,10	10,77
80	11,80	3,47	1,08	10,92
120	11,97	3,49	1,10	10,68
160	11,45	3,49	1,10	10,43
CV (%)	5,3	1,26	5,06	9,23
Linear	ns	*(1)	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
Safra 2015				
0	9,25	3,40	0,98	9,43
40	9,97	3,36	1,08	9,23
80	8,97	3,40	1,09	8,23

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	SS (°Brix)	pH	AT (mg de ácido cítrico/100mL de suco)	SS/AT
120	8,72	3,41	1,07	8,18
160	8,73	3,40	1,10	7,93
CV (%)	4,45	1,20	6,39	8,46
Linear	** ⁽²⁾	ns	ns	** ⁽³⁾
Quadrática	ns	ns	ns	ns
Safrá 2016				
0	11,35	3,35	1,16	9,77
40	11,87	3,42	1,26	9,54
80	11,35	3,39	1,18	9,58
120	10,72	3,46	1,13	9,52
160	11,15	3,40	1,24	9,00
CV (%)	6,20	1,15	8,17	12,58
Linear	ns	*	ns	ns
Quadrática	ns	* ⁽⁴⁾	ns	ns
Safrá 2017				
0	11,92	3,29	0,96	12,30
40	14,05	3,32	0,98	13,00
80	11,77	3,36	0,99	12,88
120	12,25	3,37	0,99	12,48
160	11,77	3,32	0,98	11,80
CV (%)	9,81	2,17	2,16	10,99
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo; *, **: significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente.⁽¹⁾ $y = 3,4345 + 0,0004x$ ($R^2 = 0,4369$); ⁽²⁾ $y = 9,2975 + 0,03244x + 0,0006x^2$ ($R^2 = 0,8366$); ⁽³⁾ $y = 9,4432 + 0,01024x$ ($R^2 = 0,8773$); ⁽⁴⁾ $y = 3,3575 + 0,008041x + 0,0002462x^2$ ($R^2 = 0,9999$).

O efeito das aplicações de K nas plantas nos SS são contraditórios na literatura: enquanto uns relatam aumento no teor de SS nos frutos, outros não encontraram efeito. Neste experimento, o teor de SS dos frutos respondeu às doses de K somente na safra de 2015, sendo verificado o comportamento linear decrescente, ou seja, conforme o incremento das doses de K₂O no solo, houve um decréscimo nos valores de sólidos solúveis (Tabela 1). Esse resultado pode ser explicado pelo fato do K exercer influência sobre o tamanho dos frutos (Dbara et al., 2016), sendo que, em frutos maiores, pode haver uma diluição do nutriente na polpa dos mesmos. Esse resultado discorda dos obtidos por Awasti et al. (1998), que relataram aumento no teor de SS conforme as aplicações de K no solo. Com o aumento do tamanho dos frutos (dados não apresentados), é possível que os teores de açúcares dos pêssegos tenham sido dissolvidos. Entretanto, nas safras de 2014, 2016 e 2017, não foi observada influência da adubação potássica nos SS dos pêssegos (Tabela 1). Resultados similares foram verificados em pêssegos e ameixas (Chatzitheodorou et al., 2004; Sotiropoulos et al., 2010; Cuquel et al., 2011; Bertolini et al., 2018).

Para o pH dos frutos, houve diferença entre as doses de K nas safras 2014 e 2016 (Tabela 1). Em 2014, à medida que houve o aumento das doses de K no solo, o pH dos frutos aumentou linearmente. Esse resultado também foi observado por Çolpan et al. (2013), que observaram maiores valores de pH no suco das frutas nas doses mais altas de K. Entretanto, na safra 2016, a relação apresentou um comportamento curvilíneo, observando-se o maior valor de pH para uma dose estimada de K₂O de aproximadamente 106 kg ha⁻¹, seguindo-se um decréscimo nos valores dessa variável.

A acidez titulável (AT) é um componente importante da qualidade organoléptica dos frutos. A AT é devida à presença de ácidos orgânicos, sendo que os ácidos málico e cítrico são os principais ácidos presentes nas frutas maduras (Seymour et al., 1993; Etienne et al., 2013). No caso do pessegueiro, o ácido cítrico é predominante. AAT dos pêssegos não apresentou resposta à adubação potássica nas quatro safras avaliadas (Tabela 1). Esses resultados estão de acordo com Dbara et al. (2016), que observaram que a aplicação foliar de K e a irrigação não promoveram diferenças significativas entre tratamentos em relação à AT de pêssegos. Bertolini et al. (2018) também informaram que aplicações foliares de K em pêssegos “Marli” não afetaram os teores de acidez titulável. Em ameixa, a adubação potássica, na forma de cloreto de potássio aplicado no solo, também não influenciou a AT dos frutos no momento da colheita (Cuquel et al., 2011).

A relação SS/AT diminuiu em relação ao incremento das doses de K aplicadas na segunda safra (2015) (Tabela 1). Nesse ano, não foi observado efeito da adubação potássica nos teores de acidez titulável, mas observou-se redução nos teores de SS, de forma proporcional ao incremento das doses de K, o que pode ter causado a redução na relação SS/AT, conforme o aumento das doses de K no solo. Nas outras safras (2014, 2016, 2017) não foi observada diferença significativa entre a relação SS/AT e a aplicação de doses de K no solo, corroborando os resultados obtidos por Bertolini et al. (2018), os quais trabalharam com pêssegos “Marli” no Rio Grande do Sul.

Em relação à firmeza da epiderme dos pêssegos, essa variável respondeu à adubação potássica somente na safra de 2015 (Tabela 2). Nessa safra, a firmeza da epiderme aumentou linearmente conforme o incremento das doses de K aplicadas no solo (Tabela 2). O fato da adubação potássica em altas doses aumentar a firmeza da epiderme dos pêssegos pode estar relacionado com as condições climáticas desse ano em específico, pois se verificou que frutos apresentaram maior tamanho (dados não apresentados), provavelmente porque choveu mais de setembro a dezembro (Figura 1) e, assim, o K conseguiu se mostrar eficiente, principalmente em doses elevadas.

Tabela 2. Características físicas dos frutos de pessegueiro “Esmeralda” submetida a diferentes doses de K durante as safras 2014-2017. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/ RS, 2021.

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Firmeza Epiderme (N)	Firmeza Polpa (N)	°Hue	Croma
Safra 2014				
0	10,65		77,11	53,92
40	11,00		79,71	56,51
80	10,34		75,66	57,30
120	9,81		77,86	56,31
160	10,35		79,48	53,54
CV (%)	9,43		3,96	5,06
Linear	ns		ns	ns
Quadrática	ns		ns	*(1)
Safra 2015				
0	3,60	2,85	83,57	47,97
40	4,47	2,99	83,84	46,99
80	8,77	2,63	85,27	45,93
120	9,14	2,73	84,96	46,71
160	9,34	2,84	86,03	47,36
CV (%)	20,43	10,86	1,45	2,19
Linear	** ⁽²⁾	ns	** ⁽³⁾	ns

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Firmeza Epiderme (N)	Firmeza Polpa (N)	°Hue	Croma
Quadrática	ns	ns	ns	*(4)
Safra 2016				
0	7,08	1,78	81,26	57,62
40	7,25	1,79	81,27	51,71
80	7,19	1,76	81,20	55,93
120	7,02	1,70	81,30	53,64
160	7,34	1,76	82,01	53,00
CV (%)	6,96	13,44	1,04	3,92
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
Safra 2017				
0	11,08	3,41	83,02	58,72
40	11,38	3,60	82,95	52,53
80	10,41	3,25	84,49	52,07
120	10,42	3,33	84,37	51,70
160	10,48	3,13	84,26	50,90
CV (%)	9,73	14,44	2,60	2,08
Linear	ns	ns	ns	*(5)
Quadrática	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo; *, **: significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente. ⁽¹⁾ $y = 53,9277 + 0,08693x + 0,0005584x^2$ ($R^2 = 0,5611$); ⁽²⁾ $y = 2,2015 + 0,09715x$ ($R^2 = 0,9449$); ⁽³⁾ $y = 83,5311 + 0,01508x$ ($R^2 = 0,8750$); ⁽⁴⁾ $y = 48,0224 + 0,04008x + 0,000227x^2$ ($R^2 = 0,9056$); ⁽⁵⁾ $y = 56,478 - 0,0412x$ ($R^2 = 0,6827$).

O incremento na resistência da epiderme devido ao aumento das doses de K possibilita uma maior resistência aos danos mecânicos nos frutos após a colheita, sendo um atributo de grande importância na pós-colheita para a manutenção da integridade dos frutos durante o transporte e manuseio. Esse comportamento também foi relatado por Araújo et al. (2006), os quais observaram que a espessura da epiderme dos maracujás aumentou conforme as doses de K aplicadas em solução nutritiva e no solo.

Neste experimento, a firmeza de polpa não apresentou resposta à adubação potássica nas safras 2014, 2016 e 2017 (Tabela 2). As informações acerca do efeito da adubação de K na firmeza de polpa em frutas são variáveis na literatura, pois, em algumas situações, altas doses de K diminuem a firmeza da polpa da maçã com adubação de 100 e 200 kg K₂O ha⁻¹ (Nava et al., 2008), enquanto, em outras, não se observa diferenças, como nos resultados obtidos por Awasthi et al. (1998), Gazolla-Neto et al. (2007) e Bertolini et al. (2018) em pêssegos. Cuquel et al. (2011) também não observaram efeitos na firmeza das ameixas após a aplicação de 55 e 200 kg K₂O ha⁻¹.

Em relação à coloração da polpa, expresso pelo valor °Hue, observou-se resposta à adubação potássica somente na safra de 2015, sendo que o valor dessa variável aumentou conforme o incremento de K no solo (Tabela 2). Com o aumento das doses de K ocorreu o aumento dos valores de °Hue na safra 2015, sendo que os frutos da dose 0 (83,57°Hue) apresentaram coloração amarelo-alaranjado na polpa, enquanto que, com a dose de 160 kg ha⁻¹ de K₂O (86,03°Hue), a coloração foi amarelo-esverdeado. Bertolini et al. (2018) não observaram efeitos nas aplicações foliares de K na coloração de pêssegos "Marli" no Rio Grande do Sul.

Na coloração da polpa, a variável croma apresentou diferenças para diferentes doses de K nas safras 2014, 2015 e 2017 (Tabela 2). A cromaticidade apresentou comportamento quadrático, porém ora aumentando (2014) ora diminuindo os valores de croma (2015 e 2017). Na safra 2014, quanto à adubação potássica, observou-se um incremento dos valores de croma até a dose de 72,4 kg ha⁻¹ de K₂O, e na safra 2015, os valores de croma foram reduzidos pela adubação potássica, atingindo os menores valores com a dose de

100,5 kg ha⁻¹ de K₂O. Na safra de 2017, os valores de croma decresceram com o incremento das doses de K no solo.

Os carotenoides totais dos frutos apresentaram diferença significativa entre as doses de K somente na safra de 2015 (Tabela 3), observando-se um aumento linear de acordo com o incremento das doses de K no solo. Nesse ano, os valores foram inferiores aos demais anos, o que pode estar relacionado com maior diluição dos carotenoides, pois os frutos foram maiores. Embora neste trabalho tenha sido observada a influência da adubação potássica em relação ao teor de carotenoides nos pêssegos, somente em uma safra, consta na literatura que o K pode desempenhar um papel importante no processo de biossíntese de carotenoides, ativando várias enzimas que regulam o metabolismo de carboidratos (Fanasca et al., 2006). Entretanto, os teores de carotenoides nos pêssegos também podem depender da cultivar (Vizzotto et al., 2007;) e do porta-enxerto utilizado (Barreto et al., 2017).

Tabela 3. Compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos de pessegueiro “Esmeralda” submetida a diferentes doses de K durante as safras 2014-2017. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/ RS, 2021.

Doses de K ₂ O	Carotenoides ¹	Compostos fenólicos ²	Atividade antioxidante ³
Safra 2014			
0	6,95	288,55	4159,51
40	7,19	262,37	3379,74
80	7,03	248,92	3171,87
120	7,03	221,67	2618,06
160	7,28	243,35	2860,12
CV (%)	11,69	14,54	21,28
Linear	ns	*(2)	***(4)
Quadrática	ns	ns	ns
Safra 2015			
0	3,60	231,99	2750,00
40	3,50	214,24	2870,02
80	3,88	176,70	2305,80
120	3,72	189,24	2275,86
160	4,15	178,47	2208,23
CV (%)	5,99	19,22	14,19
Linear	***(1)	*(3)	*(5)
Quadrática	ns	ns	ns
Safra 2016			
0	6,46	273,11	3220,73
40	6,19	289,47	3704,96
80	7,05	257,19	2768,55
120	6,41	238,64	2624,74
160	6,69	254,34	2807,83
CV (%)	11,84	12,75	15,84
Linear	ns	ns	*(6)
Quadrática	ns	ns	ns
Safra 2017			
0	4,73	328,37	959,50
40	4,44	283,22	1087,25

Doses de K ₂ O	Carotenoides ¹	Compostos fenólicos ²	Atividade antioxidante ³
80	4,05	289,56	1159,25
120	4,22	220,34	1005,02
160	4,10	319,78	1318,19
CV (%)	8,82	20,90	11,73
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

¹ ácido clorogênico mg/100 g de amostra; ² β-caroteno expressos em mg.100 g⁻¹; ³ trolox μg 100 g⁻¹ peso fresco. ns: não significativo; *, **: significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente. ⁽¹⁾ $y = 3,608 + - 0,0305x$ ($R^2 = 0,9991$); ⁽²⁾ $y = 279,192 + - 0,328x$ ($R^2 = 0,704$); ⁽³⁾ $y = 224,542 - 0,330x$ ($R^2 = 0,7480$); ⁽⁴⁾ $y = 3909,959 - 8,401x$ ($R^2 = 0,8060$); ⁽⁵⁾ $y = 2817,523 - 4,1940x$ ($R^2 = 0,7590$); ⁽⁶⁾ $y = 3259,009 + 25,185x$ ($R^2 = 0,8680$).

Em 2014 e 2015, à medida que houve o aumento das doses de K, os compostos fenólicos da polpa dos pêsegos decresceram linearmente, ou seja, as plantas que não foram adubadas com K apresentaram os frutos com os maiores valores de compostos fenólicos (Tabela 3).

Do mesmo modo, as doses crescentes de K aplicadas no solo reduziram os teores da atividade antioxidante nos frutos nas safras de 2014, 2015 e 2016 (Tabela 3). Essa redução pode estar relacionada com o fato dos compostos fenólicos possuírem uma significativa contribuição sobre a atividade antioxidante total (Gil et al., 2002). Desse modo, os teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante dos pêsegos apresentaram comportamento similar, confirmando que há correlação entre essas variáveis (Figura 2). Essa correlação entre tais compostos já foi observada na polpa de pêsegos em outros estudos, como em Gil et al. (2002) e Vizzotto et al. (2007).

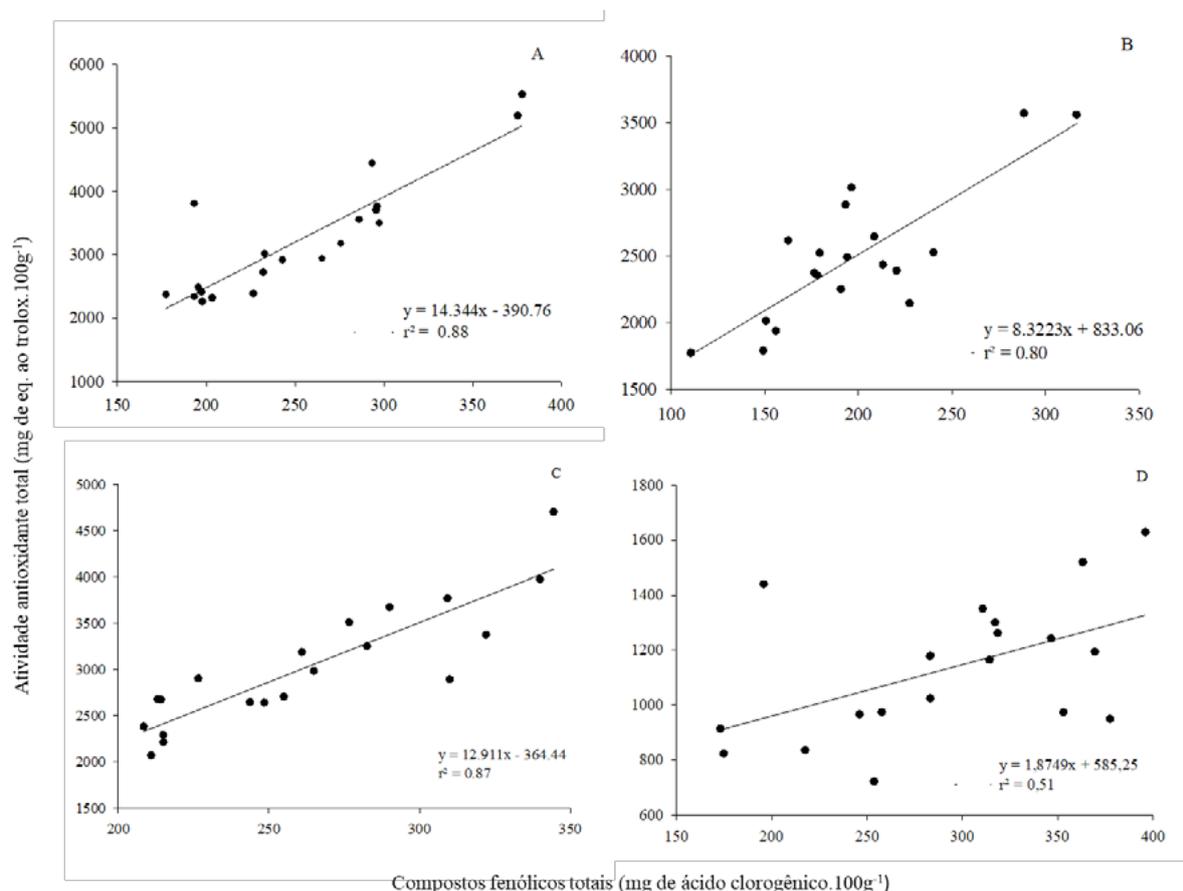


Figura 2. Correlação linear de Pearson entre atividade antioxidante total e compostos fenólicos totais dos frutos de pessegueiros “Esmeralda” submetidos a diferentes doses de K nas safras de 2014 (A), 2015 (B), 2016 (C) e 2017 (D). Embrapa Clima Temperado, Pelotas/ RS, 2021.

Embora somente algumas variáveis de qualidade dos pêssegos foram influenciadas pela adubação potássica do solo durante as quatro safras avaliadas, infere-se que o modo de aplicação do K esteja relacionado com a obtenção desses resultados. Em vários estudos envolvendo plantas frutíferas, o K, quando em aplicação foliar, apresentou maior efeito na qualidade dos frutos, enquanto que, quando aplicado no solo, resultou em pouco ou nenhum efeito (Jifon; Lester, 2009; Cuquel et al., 2011). Também as condições climáticas podem alterar os resultados, pois o ano 2015 foi caracterizado por uma primavera muito chuvosa (1.051 mm) e com baixas temperaturas (média de 18 °C) (Figura 1).

Nos quatro anos estudados, é possível verificar que, independentemente da dose aplicada de K no campo, os teores foliares permaneceram na faixa de valores normais segundo o CQFS-RS/SC (2016) (Tabela 4). Embora não tenha sido aplicado K nas plantas por quatro anos consecutivos, evidencia-se que esse tratamento também está da faixa do normal, conforme o CQFS-RS/SC (2016). Assim, salienta-se o conteúdo de K armazenado no solo e o alto teor desse nutriente desde o momento da implantação deste experimento.

Tabela 4. Teores foliares de K nas folhas de pessegueiros “Esmeralda” submetida a diferentes doses de K durante as safras 2014-2017. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/ RS, 2021.

Doses de K	2014	2015	2016	2017
0	3,68	2,22	2,53	1,49
40	3,83	2,37	2,56	1,95
80	3,99	2,46	2,65	2,07
120	4,10	2,61	2,82	2,25
160	4,07	2,52	2,77	2,35
Valores normais*	1,40 - 2,00			

Valores considerados normais de acordo com o CQFS-RS/SC (2016).

Conclusões

Considerando-se os resultados obtidos para a cultivar de pessegueiro “Esmeralda”:

Os parâmetros coloração da polpa, firmeza da epiderme, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis / acidez titulável, pH e compostos bioativos dos pêssegos respondem à adubação potássica.

Independentemente da safra avaliada, não se observa resposta às doses anuais de K sobre os parâmetros de acidez titulável e firmeza da polpa dos pêssegos.

Quando o solo já possui teor médio do nutriente, a adubação potássica não é recomendada, pois não melhora os parâmetros de qualidade dos frutos.

De maneira geral, os parâmetros qualitativos de frutos dependem mais das variações climáticas que ocorrem entre safras.

Referências

- ARAÚJO, R. C.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; ALVAREZ, V. H.; SOUZA, A. P.; PEREIRA, W. E.; HIMUZI, S. Quality of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) as affected by potassium nutrition. **Fruits**, v. 61, n. 2, p. 109-115, 2006. Disponível em: <https://www.dx.doi.org/10.1051/fruits:2006009>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- AWASTI, R. P.; BUTHANI, V. P.; MANKOTIA, M. S.; KAITH, N. S.; DEV, G. Potash improves the yield and quality of July Elberta peach. **Better Crop International**, Saskatchewan, v. 12, n. 1, p. 30-31, 1998. Disponível em: [https://www.ipni.net/publication/bci.nsf/0/B5B6F3978296FE2885257B BA007007BC/\\$FILE/Better%20Crops%20International%201998-1%20p30.pdf](https://www.ipni.net/publication/bci.nsf/0/B5B6F3978296FE2885257B BA007007BC/$FILE/Better%20Crops%20International%201998-1%20p30.pdf). Acesso em: 23 abr. 2020.
- BARRETO, C. F.; KIRINUS, M. B. M.; SILVA, P. S.; SCHIAVON, C. R.; ROMBALDI, C. V.; MALGARIM, M. B.; FACHINELLO, J. C. Agronomic performance of the Maciel peach with different rootstocks. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1217-1228, 2017. Disponível em: <https://www.dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1217>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- BERTOLINI, I.; FOGAÇA, M. A. de F.; DALMAGRO, L. Aplicação de fertilizantes foliares potássicos na produção e qualidade de pêssegos. **Revista Agraria Acadêmica**, v. 1, n. 1, p. 35-46, 2018.

- BONADEO, E.; MORENO, I.; BONGIOVANNI, M.; MARZARI, R.; GORRIZ, M. J. G. **El sistema suelo-planta: principios generales**. Rio Cuarto: UniRío Editora, 2017. 323 p. Disponível em: <https://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/repositorio/978-987-688-204-0.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-WissenschaftundTechnologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995. Disponível em: [https://www.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://www.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5). Acesso em: 17 abr. 2020.
- CHATZITHEODOROU, I. T.; SOTIROPOULOS, T. E.; MOUHTARIDOU, G. I. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium fertilization and manure on fruit yield and fruit quality of the peach cultivars 'Spring Time' and 'Red Haven'. **Agronomy Research**, v. 2, n. 2, p. 135-143, 2004.
- CQFS-RS/SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.
- CQFS-RS/SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: SBCS, 2016. 376 p.
- ÇOLPAN, E.; ZENGIN, M.; AYNUR, Ö. The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. **Horticulture, Environment and Biotechnology**, v. 54, n. 1, p. 20-28, 2013. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1007/s13580-013-0080-4>. Acesso em: 17 abr. 2020.
- CUQUEL, F. L.; MOTTA, A. C. V.; TUTIDA, I.; MAY DE MIO, L. L. Nitrogen and potassium fertilization affecting the plum postharvest quality. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 328-336, 2011. Disponível em: <http://www.dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500041>. Acesso em: 17 abr. 2020.
- DBARA, S.; GADER, T.; BEN MIMOUN, M. Improving yield and fruit quality of peach cv. 'Flordastar' by potassium foliar spray associated to regulated deficit irrigation. **Journal of New Sciences**, v. 28, n. 10, 2016.
- ETIENNE, A.; GÉNARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIÉ, D.-A-MBÉGUIÉ, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 64, n. 6, p. 1451-1469, 2013.
- FANASCA, S.; COLLA, G.; MAIANI, G.; VENNERRIA, E.; ROUPHAEL, Y.; AZZINI, E.; SACCARDO, F. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 12, p. 4319-25, 2006. Disponível em: <https://www.dx.doi.org/10.1021/jf0602572>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- FISCHER, G. Efecto de las condiciones en precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. **Revista Comalfi**, v. 27, n. 1-2, p. 39-50, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257363725_Efecto_de_las_condiciones_en_precosecha_sobre_la_calidad_poscosecha_de_los_frutos. Acesso em: 22 abr. 2020.
- GAZOLLA-NETO, A.; GIACOBBO, C. L.; PAZZIN, D.; FACHINELLO, J.C. Qualidade do pêssego, cv. Maciel em função da adição de base mais foliar. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 233-237, 2007.
- GIL, M. I.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids and vitamin C contents of nectarine, peach and plum cultivars from California. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n.17, p. 4976-4982, 2002. Disponível em: <https://www.dx.doi.org/10.1021/jf020136b>. Acesso em: 01 abr. 2020.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://www.sidra.ibge.gov.br/bda/quadro/protabl.asp?c=1613&z=p&o=24&iP> Acesso em: 06 maio 2020.
- JAWANDHA, S. K.; GILL, P. P. S.; SINGH, H.; THAKUR, A. Effect of potassium nitrate on fruit yield, quality and leaf nutrients content of plum. **Vegetos - An International Journal of Plant Research**, v. 30, n. special, p. 325-328, 2017. Disponível em: <https://www.dx.doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00090.8>. Acesso em: 02 abr. 2020.
- JIFON, J. L.; LESTER, G. E. Foliar potassium fertilization improves fruit quality of field-grown muskmelon on calcareous soils in south Texas. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 14, p. 2452-2460, 2009. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1002/jsfa.3745>. Acesso em: 25 mar. 2020.
- LESTER, G. E.; JIFON, J. L.; MAKUS, D. J. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L) case study. **Plant Soil**, v. 335, p. 117-131, 2010. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1007/s11104-009-0227-3>. Acesso em: 24 mar. 2020.
- MORAES, I. V. M. **Cultivo de hortaliças: Dossiê técnico**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Rede de Tecnologia de Rio de Janeiro, 2006. 27 p. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico?dossie=MjQ=> Acesso em: 09 ago. 2021.
- NAVA, G.; ROQUE-DECHEN, A.; RIBEIRO-NACHTIGAL, G. Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. **Communications Soil and Plant Analysis**, v. 39, n. 1-2, p. 96 -107, 2008. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1080/00103620701759038>. Acesso em: 24 mar. 2020.
- PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015. 81 p. Disponível em: https://www.estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_fruticultura/terceira_etapa/arte_fisiologia_vegetal.pdf. Acesso em: 23 abr. 2020.
- RASEIRA, M. do C. B.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. **Pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 776 p.
- ROMBOLÀ, A. D.; SORRENTI, G.; MARODIN, G. A. B.; PIERI, A. Z.; BARCA, E. Nutrição e manejo do solo em fruteiras de caroço em regiões de clima temperado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 639-654, 2012. Disponível em: <https://www.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p639>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 452 p.

SONG, Z.; GUO, S.; ZHANG, C.; ZHANG, B.; MA, R.; KORIR, N. K.; YU, M.KT/HAK/KUP potassium transporter genes differentially expressed during fruit development, ripening, and postharvest shelf-life of ‘Xiahui6’ peaches. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 7, p. 131, 2015. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1007/s11738-015-1880-1>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SOTIROPOULOS, T.; THERIOS, I.; VOULGARAKIS, N. Effect of various foliar sprays on some fruit quality attributes and leaf nutritional status of the peach cultivar ‘Andross’. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 471-484, 2010.

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. 10, n. 1, p. 63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TALCOTT, T. S.; HOWARD, R. L. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, n. 5, p. 2109-2115, 1999. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1021/jf981134n>. Acesso em: 21 jan. 2020.

TREVISAN, R.; HERTER, F.G.; COUTINHO, E. F.; GONÇALVES, E. D.; SILVEIRA, C. A. P.; FREIRE, C. J. DA S. Uso de poda verde, plásticos refletivos, antitranspirante e K na produção de pêssegos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1485-1490, 2006. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1590/S0100-204X2006001000005>. Acesso em: 28 jan. 2020.

VIZZOTTO, M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H.; RAMMING, D. W.; OKIE, W. R. Large variation found in the phytochemical and antioxidant activity of peach and plum germplasm. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 132, n. 3, p. 334-340, 2007. Disponível em: <https://www.doi.org/10.21273/JASHS.132.3.334>. Acesso em: 28 jan. 2020.

Embrapa

Clima Temperado