

JAQUELINE MUNIZ GERBER

**QUALIDADE DE MAÇÃ 'FUJI' INFLUENCIADA
PELA APLICAÇÃO DE FÓSFORO AO SOLO**

Dissertação apresentada ao centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani
Coorientador: Dr. Gilberto Nava

LAGES, SC

2016

Gerber, Jaqueline Muniz
Qualidade de maçã 'Fuji' influenciada pela
aplicação de fósforo ao solo / Jaqueline Muniz
Gerber. - Lages, 2016.
43 p.

Orientador: Paulo Roberto Ernani
Coorientador : Gilberto Nava
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Lages, 2016.

1. Malus x domestica Borkh. 2. Qualidade de
frutos. 3. Adubação fosfatada. I. Gerber,
Jaqueline Muniz. II. Ernani, Paulo Roberto. III.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

JAQUELINE MUNIZ GERBER

**QUALIDADE DE MAÇÃ ‘FUJI’ INFLUENCIADA PELA
APLICAÇÃO DE FÓSFORO AO SOLO**

Dissertação apresentada ao centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Professor Ph.D. Paulo Roberto Ernani

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Departamento de Ciência do Solo

Membro: _____

Professor Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Departamento de Agronomia

Membro: _____

Dra. Marlise Nara Ciotta

Epagri – Estação Experimental de São Joaquim

Lages/SC, 19 de janeiro de 2016.

A vocês que sempre me fizeram acreditar nos meus sonhos e trabalharam muito para que eu pudesse realizá-los, meus pais, Leni e Carlos, e ao meu irmão Vinicius e minha avó Alda pela paciência e incentivo, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado me protegendo, me concedendo sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar e força para não desistir.

Aos meus pais, Leni e Carlos, meus avós, pelo amor, apoio em incentivo e todos os momentos. Ao meu irmão Vinicius, agradeço além de tudo pela ajuda durante a realização das análises.

À UDESC, pela oportunidade de cursar o Mestrado, e à CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao orientador e professor Paulo Roberto Ernani, pela dedicação, paciência, ensinamento e incentivo durante a realização do curso.

Ao pesquisador Gilberto Nava, pela orientação, e oportunidade a mim dada.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), por disponibilizar a área experimental e as instalações para realizações das análises, assim como a ajuda de seus funcionários, em especial a pesquisadora Marlise Nara Ciotta, pela paciência e ajuda durante a realização do trabalho.

Aos colegas do laboratório de Fertilidade do Solo, que de uma forma ou de outra, auxiliaram no desenvolvimento do trabalho, pela convivência, paciência e risadas compartilhadas.

Aos bolsistas do laboratório de Fisiologia e Pós-Colheita e ao Professor Cassandro Amarante, pela ajuda prestada na execução das análises.

Aos amigos e familiares, muitas vezes deixados um pouco de lado devido a correria do dia a dia, mas que nunca foram esquecidos.

A todos aqueles que contribuíram de uma forma ou outra para a realização desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

GERBER, Jaqueline Muniz. **Qualidade de maçã ‘Fuji’ influenciada pela aplicação de fósforo ao solo.** 2016, 43 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, SC, 2016.

A adubação com fósforo (P) em pomares de macieira tem recebido menos atenção que a adubação com nitrogênio (N) e potássio (K). No Brasil existem poucas informações sobre a resposta da cultura à aplicação de P para as condições de solo e regiões onde a macieira é cultivada. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de P nos parâmetros de qualidade no momento da colheita e após armazenamento, e a composição mineral de frutos de maçã 'Fuji'. O experimento foi instalado em 2010 e conduzido em um pomar comercial no município de São Joaquim, SC, durante as estações de crescimento de 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015. Usou-se a cultivar ‘Fuji Suprema’ sobre o porta-enxerto Marubakaido/M9, num sistema de alta densidade de plantio, em um Cambissolo Húmico. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições. As unidades experimentais foram compostas por sete plantas, espaçadas em 4,2 x 1,2 m, porém, apenas as cinco plantas centrais foram avaliadas. Os tratamentos consistiram de doses de P_2O_5 (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹), aplicados anualmente a partir do ano de 2011, na forma de superfosfato triplo, após a colheita dos frutos, sobre a superfície do solo e sem incorporação, centralizada junto à linha de plantio. Os frutos foram colhidos 15 dias antes da colheita comercial, sendo coletadas duas amostras de 15 frutos de cada unidade

experimental. Uma amostra foi avaliada logo após a colheita e a outra armazenada em câmaras frigoríficas com atmosfera controlada por seis meses. Os parâmetros relacionados com a qualidade de frutos, tanto na colheita quanto após seis meses de armazenamento, foram: pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza de polpa e cor do fundo da epiderme. Uma vez por ano foi avaliado o teor de Ca, Mg, K, N e P nos frutos. Os dados das variáveis da qualidade de frutos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias (Tukey; $p < 0,05$); os atributos minerais foram submetidos à ANOVA e de regressão ($p < 0,05$) para determinar os efeitos das doses de P. Os atributos físico-químicos dos frutos, como pH, AT, SS e firmeza de polpa, na colheita e após seis meses de armazenamento, não foram influenciados pela aplicação de P ao solo, na média dos anos. Nos atributos de coloração dos frutos, somente a média do ângulo h° do lado mais vermelho do fruto foi afetado, reduzindo a coloração dos frutos com a adição de P ao solo. Os teores de Ca, Mg, K, N e P nos frutos, não sofreram influência da adição de P ao solo. Os teores de P no solo aumentaram com a adição de P, sendo a camada de 0-10 cm a que apresentou os maiores aumentos. Os dados obtidos indicam que os atributos relacionados com a qualidade dos frutos da cultivar ‘Fuji Suprema’ não são afetados pela adição de P ao solo.

Palavras-chave: *Malus x domestica* Borkh. Qualidade de frutos. Adubação fosfatada.

ABSTRACT

GERBER, Jaqueline Muniz. **Quality of ‘Fuji’ apple influenced by phosphorus fertilization in soil.** 2016, 43 f. Dissertation (Master’s in Soil Science) – Santa Catarina State University. Graduate Program in Agricultural Science, Lages, SC, 2016.

Phosphorus (P) fertilization in apple orchards has received less attention than nitrogen (N) and potassium (K) fertilization. In Brazil there is no information about apple response to P application to the soil. Thus, the objective of this study was to assess the effect of P application to the soil on some parameters related to fruit quality as well as to fruit mineral composition. The experiment was conducted in a commercial orchard in São Joaquim, SC, during the growing seasons of 2012/2013, 2013/2014 and 2014/2015. It was used the cultivar ‘Fuji Suprema’ grafted over Marubakaido/M9 rootstock, in a high tree density system, planted on an Haplumbrept. Treatments were arranged in a complete randomized block design, with five replications. Each experimental unit had seven trees spaced 4.2 x 1.2 m, but only the five central trees were used for evaluations. Treatments consisted of P₂O₅ rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ year⁻¹), applied annually from 2011, in the form of triple superphosphate, after harvesting, on soil surface, without incorporation, centralized along the planting line. Fruits were harvested 15 days before commercial harvest, and we collected two samples of 15 fruits from each treatment. One sample was evaluated immediately after harvest and the other one was cold stored in controlled atmosphere chambers for six months before evaluation. The parameters related to fruit

quality assessed at harvest and after six months of storage were: pH, soluble solid (SS), titratable acidity (TA), flesh firmness and skin color. Ca, Mg, K, N and P contents were determined in the fruits once a year. Fruit quality data were statistically analyzed using analysis of variance and the means were compared using Tukey test ($p < 0,05$). Analysis of variance and regression analysis were performed on fruit mineral content data to determine the effects of P rates. Fruit attributes (pH, SS, AT and flesh firmness), at both determining times, were not affected by P application to the soil. In relation to fruit color attributes, only the parameter h° of the redder side of the fruit, determined at harvest, was affected by P addition to the soil. The contents of Ca, Mg, K, N and P were not affected by P addition to the soil. The P content in the soil increased with P addition, and the layer of 0-10 cm depth presented the highest increases. Thus, the lack of response of 'Fuji' fruits to soil P addition indicates that phosphorus fertilization is not needed to increase fruit quality on established apple orchards.

Keywords: *Malus x domestica* Borkh. Fruit quality. Phosphate fertilizer.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Teores de fósforo (P) na camada de 0-10 cm de solo, no início do experimento (2011), depois da primeira adição de P ao solo. 25
- Figura 2 - Teores de fósforo (P) na camada de 0-10 cm de solo, no fim do experimento (2015), em função da adição de P ao solo. 26
- Figura 3 - Teores de fósforo (P) na camada 10-20 cm de solo, no início do experimento (2011), depois da primeira adição de P ao solo. 27
- Figura 4 - Teores de fósforo (P) na camada de 10-20 cm de solo, no final do experimento (2015), em função da adição de P ao solo. 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos de maturação dos frutos na colheita em macieiras ‘Fuji Suprema’ em função da adição de P no solo. Média de duas safras.	29
Tabela 2 - Atributos de coloração dos frutos na colheita em macieiras ‘Fuji Suprema’ em função da adição de P no solo. Média de duas safras.	30
Tabela 3 – Atributos de qualidade dos frutos, após o armazenamento, em função da adição de P no solo em macieiras ‘Fuji Suprema’. Média de três safras.	31
Tabela 4 – Atributos de coloração dos frutos, após o armazenamento, em função da adição de P no solo em macieiras ‘Fuji Suprema’. Média de três safras.	32
Tabela 5 – Teores minerais nos frutos em função da adição de P no solo em macieiras ‘Fuji Suprema’ no momento da colheita. Média de três safras.	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
3 RESULTADOS E DISCUSÃO	25
4 CONCLUSÕES	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o 9º maior produtor de maçã (*Malus domestica* Borkh), com produção de 1.377.393 toneladas do fruto, tendo como principal região produtora o Sul, responsável por 99,6% da produção nacional, sendo os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul os principais produtores (IBGE, 2015).

Os solos brasileiros são geralmente muito pobres em fósforo (P), necessitando-se adicioná-lo para bom desempenho das culturas. A disponibilidade de P no solo é bastante dependente de reações físico-químicas como pH, capacidade de adsorção e fixação no solo (BASSO; WILMS; SUZUKI, 1986). A interação do P com constituintes do solo, como o Al, Fe e Ca, sua ocorrência em formas orgânicas e sua lenta taxa de difusão na solução do solo tornam o P o nutriente menos prontamente disponível às plantas. Além disso, os microrganismos do solo também afetam diretamente a absorção de P, através de mecanismos que afetam a estrutura, a química, a bioquímica e a fisiologia do ambiente radicular (FERNANDES, 2006).

Na região serrana de Santa Catarina, ocorrem as condições climáticas mais favoráveis à produção de maçãs do Brasil. No entanto, muitos dos solos dessa região são rasos, pedregosos (SOUZA et al., 2013), altamente intemperizados, e possuem baixa disponibilidade de P devido à sua adsorção por óxidos e oxihidroxidos principalmente de ferro (Fe) e alumínio (Al), pois esses grupos funcionais têm hidroxilas (OH⁻), que são trocadas pelo fosfato. Por outro lado, o alto teor de matéria orgânica presente nesses solos pode liberar quantidades significativas de P.

A macieira se desenvolve relativamente bem em solos com baixa disponibilidade de P, onde culturas anuais apresentariam problemas de desenvolvimento (BASSO; WILMS; SUZUKI, 1986). A baixa incidência de problemas nutricionais com P para a cultura da macieira é atribuída à exigência moderada da cultura e à sua adaptação aos solos com baixa disponibilidade do nutriente, em função da alta capacidade de absorção pelo sistema radicular provavelmente favorecido pela associação com fungos micorrízicos (NAVA, 2002).

Porém, sabe-se que alguns atributos físicos e químicos de qualidade de maçãs, como a firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis e coloração da epiderme estão bastante relacionados ao estado nutricional do pomar (ANTONIOLLI et al., 2011). Assim, problemas de produção, distúrbios nas frutas ou até mesmo alterações na textura da fruta podem ocorrer em condições de baixos teores de P na planta (NAVA, 2002).

Mesmo assim, independente da zona mundial de produção, a adubação com P em pomares de macieira tem recebido menos atenção que a adubação com nitrogênio (N) e potássio (K) (NEILSEN et al., 2008). Isto se deve, em parte, à menor demanda da cultura por P quando comparada a de N e de K. No Brasil é realizada a adubação de correção com P na implantação dos pomares e em manutenção quando necessário (CQFS-RS/SC, 2004).

A adubação de pré-plantio é recomendada por ocasião do preparo do solo para a implantação do pomar, a qual tem como objetivo elevar os teores de K e P para níveis adequados para um bom estabelecimento da cultura (CQFS-RS/SC, 2004). Após a implantação do pomar, recomenda-se aplicar até 70% do total da adubação com N e K e também o P (quando necessário) em março, período em que as plantas ainda

conseguem absorver e armazenar os nutrientes, e o restante em setembro, no início da brotação e de um novo incremento na atividade do sistema radicular (SUZUKI; BASSO, 1997).

Trabalhos publicados mostram que adubações foliares com P tem aumentado a concentração deste nutriente nos frutos, reduzindo a suscetibilidade a danos causados pela baixa temperatura (JOHSON; YOGORATNAM, 1978) e a perda de firmeza de polpa das maçãs (WEBSTER; LIDSTER, 1986).

Aplicações de P via fertirrigação em solos do Canadá, resultaram em um aumento médio de 20 % no rendimento de cultivares de macieira como ‘Fuji’, ‘Gala’, ‘Ambrosia’, ‘Silken’ e ‘Cameo’ (NEILSEN et al., 2008).

No Brasil são poucas as informações sobre a resposta da cultura à aplicação de P para as condições de solo e regiões onde a macieira é cultivada. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da adição de P ao solo nos atributos de qualidade e na composição mineral de frutos de maçã ‘Fuji Suprema’ cultivada na região de São Joaquim.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento teve início em 2010 e foi conduzido em um pomar comercial no município de São Joaquim, SC, (28°17'25" S, 49°56'56" W), com altitude de 1200 m, durante as estações de crescimento de 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015. Foi utilizada a cultivar 'Fuji Suprema' sobre o porta-enxerto Marubakaido/M9, num sistema de alta densidade de plantio (aproximadamente 2.000 plantas/ha), em um Cambissolo Húmico.

Antes da implantação do pomar, foram realizadas análises químico-físicas do solo, as quais revelaram os seguintes resultados: pH em água = 6,4; 4,3 mg dm⁻³ de P; 2,46 mmol_c dm⁻³ de K; 115 mmol_c dm⁻³ de Ca; 43 mmol_c dm⁻³ de Mg; 48 g dm⁻³ de matéria orgânica e 470 g dm⁻³ de argila.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições. As unidades experimentais foram compostas por sete plantas, espaçadas em 4,2 x 1,2 m, porém, apenas as cinco plantas centrais foram avaliadas como plantas úteis. Todas as áreas experimentais receberam o mesmo manejo recomendado para pomares comerciais (EPAGRI, 2002), exceto em relação à adubação fosfatada.

Os tratamentos consistiram de doses de P (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), aplicadas anualmente a partir de 2011, na forma de superfosfato triplo, após a colheita dos frutos, sobre a superfície do solo e sem incorporação, numa faixa de 2,2 m de largura centralizada junto à linha de plantio.

Os frutos foram colhidos 15 dias antes da colheita comercial, para facilitar a colheita para o produtor. Foram coletadas duas amostras de 15 frutos cada. Uma amostra foi avaliada logo após a colheita e a outra foi armazenada em

câmaras frigoríficas com atmosfera controlada (1,2 kPa de O₂ + 0,5 kPa de CO₂; -0,5 ± 0,1 °C/ umidade relativa de 97%) por seis meses. Os atributos relacionados com a qualidade de frutos, avaliados tanto na colheita quanto após seis meses de armazenamento foram: sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza de polpa e cor do fundo da epiderme.

O teor de SS (°Brix) foi determinado com um refratômetro digital, numa amostra de suco. Esse suco foi extraído de fatias transversais retiradas da região equatorial dos frutos, em uma centrífuga conforme CORRÊA, T. R. et al. (2010). A AT, (% de ácido málico) foi quantificada diluindo o suco com água destilada na proporção de 1:9 e titulado com solução NaOH 0,1N ponto final de pH 8,1 usando um titulador automático para medir o pH.

A firmeza de polpa (N) foi determinada em dois lados opostos de cada fruto, após a remoção de uma fina camada da epiderme, utilizando um penetrômetro automático, equipado com uma ponteira de 11 milímetros de diâmetro.

A cor da epiderme ângulo 'hue' (h°) e 'lightness' (L) foi determinada com o auxílio de um colorímetro Minolta CR 400, com as leituras sendo realizadas em dois lados opostos dos frutos, nas regiões com maior e menor intensidade da cor vermelhas. O h° expressa a intensidade da cor vermelha e define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde, ou seja, quanto maior o valor de h° menor a intensidade de cor vermelha da epiderme. O valor de 'L' expressa o brilho da coloração, variando de 0° = preto a 100° = branco.

Uma vez por ano, na colheita, foram realizadas avaliações de minerais nos frutos. Para a realização das análises minerais dos frutos foram retiradas duas fatias longitudinal de 1 cm de espessura externa de cada fruto (casca + polpa), sem a presença da parte central do carpelo. Essas

fatias foram trituradas com o auxílio de um processador. A partir dessa massa foram realizadas as avaliações dos teores (mg kg^{-1} de massa fresca) de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), nitrogênio (N) e fósforo (P).

Para as determinações de Ca, Mg e K, foram pesadas 5 g de tecido em um cadinho de porcelana, o qual foi condicionado em mufla e incinerado por 5 horas na temperatura de 630°C . Após este período, foram adicionados às cinzas 15 mL de solução de HCl aproximadamente 1,8N. Nesse extrato determinou-se as concentrações de Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica, e K através de fotometria de chama.

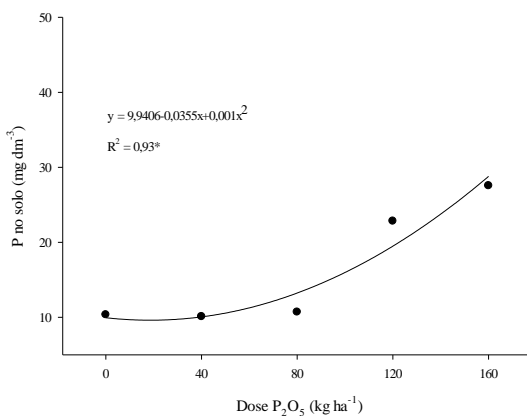
Para as determinações de N e P, foi digerido aproximadamente 2 g de tecido previamente triturado. Utilizando 3mL de H_2O_2 + 2mL de H_2SO_4 em bloco digestor a 300°C , por 3 horas. P foi determinado neste extrato por espectrometria ultravioleta (UV), e o N determinado pelo método de arraste de vapores, em aparelho semi-micro-Kjedahl.

Na colheita foram utilizadas as médias de dois anos de avaliações (safras 2012/2013 e 2014/2015), pois os frutos da safra 2013/2014 não puderam ser contabilizados por que foram perdidos entre a colheita e o transporte para o laboratório onde seriam analisados. Nas amostras determinadas após seis meses de armazenamento, foram utilizadas as médias dos três anos de avaliações (safras 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015), e para os teores minerais nos frutos, pois apenas os frutos da época da colheita foram perdidos. Utilizando o programa SAS, os dados médios das variáveis da qualidade de frutos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias (teste de Tukey; $p < 0,05$). Os atributos minerais dos frutos foram submetidos à ANOVA e análise de regressão ($p \leq 0,05$) função do aumento das doses de P.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

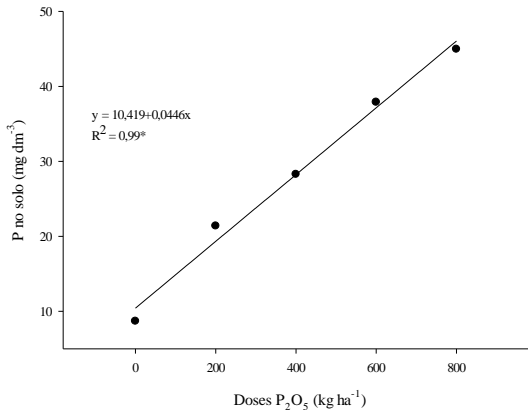
Com a adição de doses anuais (desde 2011) de P ao solo, os teores de P no solo aumentaram significativamente, tanto no primeiro ano de experimento, em 2011, quanto no último ano de experimento em 2015 (doses acumuladas de 5 anos de aplicação de P_2O_5 ao solo), sendo a camada de 0-10 cm a que apresentou os maiores aumentos. As concentrações de P na camada de 0-10 cm variaram de 10 mg dm^{-3} a 28 mg dm^{-3} em 2011 (Figura 1), e de 9 mg dm^{-3} a 45 mg dm^{-3} em 2015 (Figura 2).

Figura 1 - Teores de fósforo (P) na camada de 0-10 cm de solo, no início do experimento (2011), depois da primeira adição de P ao solo.



Fonte: próprio autor.

Figura 2 - Teores de fósforo (P) na camada de 0-10 cm de solo, no fim do experimento (2015), em função da adição de P ao solo.

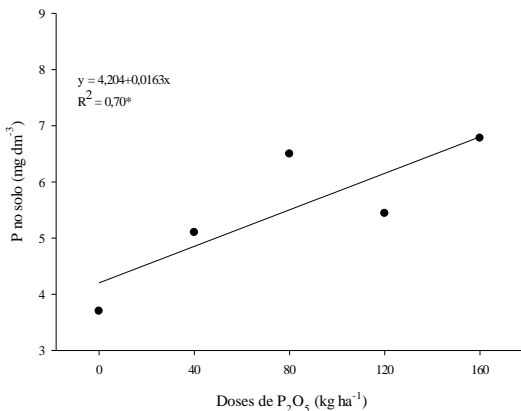


Fonte: próprio autor.

Apesar disso a camada de 0-10 cm pode ser considerada enganosa, já que para a realização da análise foi utilizada a mistura do solo no decorrer desses 10 cm. Com isso o valor encontrado é considerado uma média de toda a camada, o que subestima os valores, já que o P foi aplicado em superfície e sua mobilidade no perfil do solo é lenta. Assim, boa parte do P pode estar concentrada nos primeiros centímetros de solo e não em toda a camada.

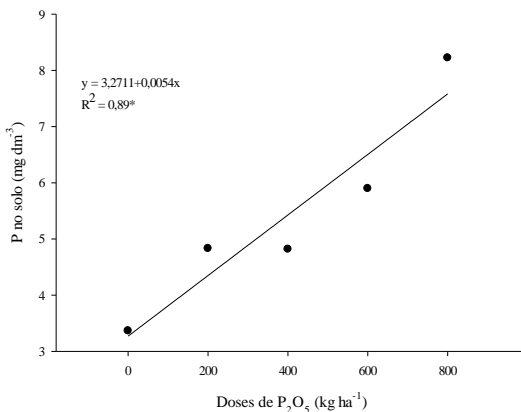
A camada de 10-20 cm também apresentou aumentos com a aplicação de P ao solo, porém em menores proporções, variando de 4 mg dm⁻³ a 7 mg dm⁻³ em 2011 (Figura 3), e de 3 mg dm⁻³ a 8 mg dm⁻³ em 2015 (Figura 4).

Figura 3 - Teores de fósforo (P) na camada 10-20 cm de solo, no início do experimento (2011), depois da primeira adição de P ao solo.



Fonte: próprio autor.

Figura 4 - Teores de fósforo (P) na camada de 10-20 cm de solo, no final do experimento (2015), em função da adição de P ao solo.



Fonte: próprio autor.

Comparando as concentrações de P entre os dois períodos de avaliação, houve um aumento de 75% na concentração de P na camada de 0-10 cm de 2011 para 2015, ao passo que, na camada de 10-20 cm esse aumento foi de 1,85%. Assim, o maior incremento de P ocorreu na camada superficial do solo, ou seja, na camada de 0-10 cm, devido ao fato do superfosfato triplo ter sido aplicado anualmente em superfície, dificultando o seu deslocamento no perfil do solo, já que o P é um elemento pouco móvel no solo.

As médias das avaliações dos atributos relacionados com a maturação dos frutos, como pH, AT, SS e firmeza de polpa, não foram afetadas pelo aumento das doses de P aplicadas ao solo (Tabela 1).

Os valores médios encontrados no presente estudo foram de 3,34 para pH, 0,35 % para AT e 11,3 °Brix para SS. Esses valores se encontram dentro da faixa adequada para maçãs ‘Fuji’, por ocasião da colheita, que variam de 3,2 a 3,8 para pH, de 0,2 a 0,4 % de ácido málico para AT e de 10 a 12 °Brix para SS (GIRARD; SANHUEZ; BENDER, 2002; TREPTOW; QUEIROZ; ANTUNES, 1995). Os valores de firmeza de polpa médios de 75 N encontrados são considerados altos (maiores que 70 N), segundo HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI (2003). Em termos de manutenção da firmeza de polpa, a maturidade dos frutos na colheita não é um fator crítico na determinação da vida útil de armazenamento de maçãs ‘Fuji’ (JOBILING; McGLASSON, 1995). NEILSEN et al. (2008) trabalhando com fertirrigação de P também não encontraram efeitos de aumento nas doses de P nos teores de SS, AT, firmeza de polpa e cor da epiderme no momento da colheita nas cultivares ‘Ambrosia’, ‘Cameo’, ‘Fuji’, ‘Gala’ e ‘Silken’.

Tabela 1 - Atributos de maturação dos frutos na colheita em macieiras 'Fuji Suprema' em função da adição de P no solo. Média de duas safras.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	pH	Acidez titulável (% de ácido málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Firmeza de polpa (N)
0	3,2 ^{ns}	0,36 ^{ns}	11,5 ^{ns}	73,5 ^{ns}
40	3,5	0,37	11,8	74,3
80	3,2	0,36	11,5	74,8
120	3,6	0,31	10,9	74,7
160	3,2	0,36	10,9	75,7
C.V. (%)	13,5	17,6	9,3	3,0

ns: não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: próprio autor.

Nos atributos de coloração dos frutos, somente o ângulo h° do lado mais vermelho do fruto apresentou diferenças significativas com a aplicação de doses de P. Com o aumento nas doses de P, houve uma redução da cor vermelha do lado mais vermelho do fruto, sendo que o tratamento que recebeu 160 kg ha⁻¹ anualmente apresentou menor coloração vermelha do fruto quando comparado ao tratamento sem aplicação de P (Tabela 2). Entretanto, tanto o ângulo h° o lado menos vermelho do fruto quanto o ângulo L em ambos os lados, não foram afetado significativamente pela aplicação de P. O

acúmulo de antocianinas ocasiona redução nos valores de L e h° e reflete a mudança de cor verde para vermelha (AMARANTE et al., 2007). Supõem-se, portanto, que o aumento da adição de P ao solo deve ter interferido negativamente na formação de antocianinas, as quais são os principais pigmentos associados com a cor vermelha da epiderme das frutas.

Tabela 2 - Atributos de coloração dos frutos na colheita em macieiras 'Fuji Suprema' em função da adição de P no solo. Média de duas safras.

Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	Lado menos vermelho		Lado mais vermelho	
	L	h°	L	h°
0	55,3 ^{ns}	61,8 ^{ns}	38,9 ^{ns}	27,8 bc
40	54,7	61,2	38,7	27,5 c
80	55,4	62,1	38,8	30,1 ab
120	55,8	64,1	38,4	28,9 abc
160	56,0	67,9	39,9	30,5 a
C.V. (%)	4,4	12,2	4,0	6,7

Valores seguidos por letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Fonte: próprio autor.

As médias de três anos dos atributos de qualidade dos frutos também não apresentaram diferenças significativas com o aumento das doses de P aplicadas ao solo, após o período de

armazenamento (Tabela 3). Isso indica que a adição P ao solo não interferiu nos atributos de qualidade de frutos após seis meses de armazenamento em câmaras frigoríficas em condição de atmosfera controlada. Mesmo sem a presença de diferença significativa, os valores médios de pH, AT, SS e firmeza de polpa, apresentam-se adequados para um fruto com qualidade como mostrado anteriormente.

Tabela 3 – Atributos de qualidade dos frutos, após o armazenamento, em função da adição de P no solo em macieiras ‘Fuji Suprema’. Média de três safras.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	pH	Acidez titulável (% de ácido málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Firmeza de polpa (N)
0	3,9 ^{ns}	0,27 ^{ns}	12,3 ^{ns}	70,5 ^{ns}
40	4,0	0,27	12,2	69,9
80	4,0	0,28	12,8	70,5
120	3,9	0,28	12,2	69,8
160	4,1	0,30	12,0	71,1
C.V. (%)	13,9	23,8	12,8	6,7

ns: não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: próprio autor.

Nos frutos avaliados após o armazenamento, a diferença verificada na colheita no ângulo h° do lado mais vermelho em função da adição de P, desapareceu. Não houve diferença significativa em nenhum dos atributos de coloração (L e h°), tanto no lado menos vermelho quanto no lado mais vermelho do fruto, sendo que os frutos se apresentam mais verdes. Segundo trabalhos de BRACKMANN, et al., 2000; BRACKMANN, et al., 2002; BRACKMANN, et al., 2005, as condições de armazenamento inibem a degradação da clorofila, deixando o fruto com a coloração mais verde.

Tabela 4 – Atributos de coloração dos frutos, após o armazenamento, em função da adição de P no solo em macieiras ‘Fuji Suprema’. Média de três safras.

Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	Lado menos vermelho		Lado mais vermelho	
	L	h°	L	h°
0	57,1 ^{ns}	66,2 ^{ns}	39,1 ^{ns}	33,5 ^{ns}
40	57,0	63,4	39,0	33,3
80	58,0	67,2	39,6	33,7
120	58,4	67,8	39,8	34,9
160	58,4	68,2	39,4	34,2
C.V. (%)	8,3	18,6	4,8	20,9

ns: não significativo pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: próprio autor.

Os teores minerais dos frutos (Tabela 5) não diferiram significativamente com o aumento das doses de P aplicadas ao solo. Esses minerais desempenham papéis importantes relacionados com a qualidade, com a conservação e com a ocorrência de distúrbios fisiológicos nos frutos, a exemplo de “bitter pit”, depressão lenticelar e degenerescência de polpa (AMARANTE et al., 2012; BRACKMANN et al., 2010; MIQUELOTO et al., 2011).

O teor de Ca nos frutos, apesar de não ter diferido significativamente entre os tratamentos de P, se manteve acima dos teores recomendados pela literatura para evitar a ocorrência de distúrbios fisiológicos, tais como “bitter pit”. O teor de Ca considerado ideal é acima de 40 mg kg^{-1} (AMARANTE et al., 2012), e a média encontrada nos frutos de nosso estudo foi de 100 mg kg^{-1} . O Ca é o nutriente mais frequentemente associado com a qualidade dos frutos, já que se apresenta associado com as membranas celulares, conferindo rigidez aos tecidos e preservando as características de permeabilidade seletiva do sistema de membranas. Sua deficiência afeta negativamente a permeabilidade seletiva da membrana celular, conduzindo a danos na célula, causando sua desintegração e a morte celular (AMARANTE; CHAVES; ERNANI, 2006; BRACKMANN et al., 2010).

O excesso de K e Mg também podem aumentar os riscos de ocorrência de distúrbios fisiológicos em frutos de maçã, já que reduzem a absorção e o transporte de Ca para os frutos (AMARANTE et al., 2012). Isso pode resultar das suas competições com o Ca pelos sítios de ligação na membrana plasmática, mas não desempenham a mesma função de preservar a sua integridade (FREITAS et al., 2010). Frutos de maçã com teores superiores a 950 mg kg^{-1} de K e 40 mg kg^{-1} de Mg, apresentam maior risco de ocorrência de “bitter pit” (AMARANTE et al., 2012). Apesar dos teores de Mg e K não

terem sido afetados pela adição de P ao solo, o teor médio de Mg foi de 65 mg kg^{-1} , e é pouco acima da faixa ideal, porém, o teor médio de K foi de 915 mg kg^{-1} , e se encontra abaixo da faixa de risco.

Baixos teores de P podem causar distúrbios fisiológicos pós-colheita (AMARANTE et al., 2012). NEILSEN et al. (2008) observaram que frutos das cultivares ‘Fuji’ e ‘Silken’ com teores de P menores do que 100 mg kg^{-1} apresentaram maior ocorrência de pingo-de-mel e menor potencial de armazenamento pós-colheita. Apesar de não ter havido efeito da adubação fosfatada na composição dos frutos do presente trabalho, o teor médio de P nos frutos foi de 127 mg kg^{-1} , e ficou acima do nível crítico já citado.

Assim como os outros nutrientes, o N também não sofreu influência significativa da adição de P ao solo. Maçãs com teores de N superiores a 500 mg kg^{-1} e com valores da relação N/Ca superiores a 14 apresentam maiores riscos de ocorrência de “bitter pit” (AMARANTE et al., 2012). Frutos com teores muito altos de N também apresentam baixo potencial de conservação durante o armazenamento refrigerado, bem como maior risco de ocorrência de podridões e distúrbios fisiológicos (NEILSEN; NEILSEN, 2009), o que não ocorreu neste estudo. O teor médio de N encontrado nesse estudo foi de 407 mg kg^{-1} , e está dentro da faixa de menor risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos.

Tabela 5 – Teores minerais nos frutos em função da adição de P no solo em macieiras ‘Fuji Suprema’ no momento da colheita. Média de três safras.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Ca	Mg	K	P	N
	mg kg ⁻¹				
0	100 ^{ns}	66 ^{ns}	917 ^{ns}	129 ^{ns}	438 ^{ns}
40	95	66	933	124	437
80	106	64	963	127	370
120	102	66	882	123	384
160	98	63	879	130	408

ns: não significativo (p<0,05).

Fonte: próprio autor.

AMARANTE et al. (2012) mostram que, de maneira geral, as maçãs produzidas no Sul do Brasil apresentam teores de Ca e P ligeiramente acima do mínimo necessário, e um adequado equilíbrio entre os nutrientes Ca, K, Mg e N, apesar de os valores isolados de K e Mg serem relativamente elevados. Mesmo com a falta de resposta à adubação fosfatada, os teores minerais se encontram dentro dos padrões considerados adequados segundo literatura citada, para evitar a ocorrência de distúrbios fisiológicos e para uma adequada conservação da qualidade dos frutos durante a armazenagem pós-colheita. Mesmo com as altas concentrações de P no solo, proporcionados pela adição anual de P, a falta de resposta da macieira, em termos de qualidade, pode estar ligada a fatores como a associação das raízes do porta-enxerto, com fungos micorrízicos e com os altos teores de matéria orgânica presente nos solos da região.

A associação das raízes com fungos micorrízicos melhora a absorção de P pelas raízes, já que esta explora melhor o solo, chegando a regiões anteriormente inexploradas. Além disso, a atividade biológica do solo afeta a ciclagem do P pela mineralização das frações orgânicas, catalisadas pelas fosfatases, e pela associação micorrízica (COSTA; LOVATO, 2004).

A matéria orgânica do solo é considerada importante fonte de nutrientes para o solo, incluindo o P e possui aproximadamente 0,5% de P (ERNANI, 2008). Considerando que o solo utilizado apresenta 4,8% de matéria orgânica e uma taxa de decomposição média de 3% ao ano, seriam mineralizados, a cada ano, cerca de 14,4 kg ha⁻¹ de P na camada de 0-20 cm, quantidade superior à necessidade dos frutos.

A média de P nos frutos foi de 127 mg kg⁻¹. Supondo uma produtividade de 50 toneladas ha⁻¹ de maçã, seriam exportados pela planta em torno de 6 kg ha⁻¹ de P. Isso mostra que não há necessidade de aplicação de P em pomares de maçã adultos, onde as árvores estejam desenvolvidas, já que a matéria orgânica supre as necessidades da cultura, o que foi evidenciado pela falta de resposta da macieira à aplicação do P ao solo.

4 CONCLUSÕES

1. A aplicação de doses crescentes de P ao solo anualmente não afetou os atributos relacionados com a qualidade de frutos na colheita, porém reduziu a coloração vermelha no lado mais exposto à radiação solar.
2. Após seis meses de armazenamento em câmaras frigoríficas em sistema de atmosfera controlada, os parâmetros de qualidade dos frutos não foram afetados pela adição de P ao solo.
3. Os teores de Ca, Mg, K, N e P dos frutos também não foram afetados pela adição de P ao solo, e se encontraram dentro dos padrões ideais para evitar a presença de distúrbios fisiológicos e para proporcionar adequada conservação dos frutos durante a armazenagem.
4. A adição superficial de doses crescentes de P aumentou a concentração de P principalmente na camada de 0-10 cm do solo.
5. A qualidade de frutos da cultivar ‘Fuji Suprema’ não é afetada pela adição de P ao solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do presente trabalho ter sido conduzido em período de avaliação significativo (3 anos), o experimento foi realizado em uma única condição de solo e clima e com uma única cultivar. Assim, experimentos futuros devem levar em consideração a avaliação de outras regiões produtoras de maçã e outras cultivares, para que resultados mais conclusivos sejam obtidos. Entretanto, os resultados obtidos no presente estudo indicam que adições de P ao solo não afetam os atributos de qualidade de frutos nem a composição mineral dos mesmos.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, C. V. T. do; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Composição mineral e severidade de “bitter pit” em maçãs ‘Catarina’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 51–54, 2006.

AMARANTE, C. V. T. do. et al. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieira ‘Royal Gala’ cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 925-931, 2007.

AMARANTE, C. V. T. do et al. Composição mineral de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 550–560, 2012.

ANTONIOLLI, L. R. et al. Qualidade de maçãs baseada nas condições nutricionais e meteorológica. **Inovações tecnológicas para o setor da maçã – Inovamaçã**: relatório técnico, Embrapa Uva e Vinho, p. 275-310, 2011.

BASSO, C.; WILMS, F. W. W.; SUZUKI, A. Fertilidade do solo e nutrição da macieira. **EMPASC. Manual da cultura da macieira**, Florianópolis, EMPASC, p. 236-265, 1986.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçã ‘Royal Gala’ sob diferentes concentrações de etileno. **Revista Brasileira Agrociência**, S/L, v. 6, n. 1, p. 39-41, 2000.

BRACKMANN, A.; BENEDETTI, M. STEFFENS, C. A.; MELLO, A. M. DE. Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada na armazenagem de maçãs ‘Fuji’ com

incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira Agrociência**, S/L, v. 8, n. 1, p. 37-42, 2002.

BRACKMANN, A. et al. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã 'Gala'. **Revista Brasileira Agrociência**, S/L, v. 11, n. 4, p. 505-508, 2005.

BRACKMANN, A. et al. Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1435-1438, 2010.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**, 10 Ed. Porto Alegre, SBRS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004.

CORRÊA, T. R. et al. Qualidade de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada e influência do clima na degenerescência da polpa. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 531-538, 2010.

COSTA, M. D.; LOVATO, P. E. Fosfatases na dinâmica do fósforo do solo sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 603-605, 2004.

EPAGRI. Manual da Cultura da Macieira; GMC/Epagri, Florianópolis. 2002.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes às plantas**, Lages, p. 229, 2008.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**, 22 Ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

FREITAS, S. T. et al. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, S/L, v. 57, n. 1, p. 6–13, 2010.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P. R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs “Fuji”. **Revista Agropecuária Brasileira**, S/L, v. 38 n. 4, p. 489–496, 2003.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, S/L, p. 83, 2015.

GIRARD, C. L.; SANCHUEZ, R. M. V.; BENDER, R. J. **Manejo pós-colheita e rastreabilidade na produção integrada de maçãs**, Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2002. (Circular Técnica, 31).

JOBLING, J. J.; MCGLASSON, W. B. A comparison of ethylene production, maturity and controlled atmosphere storage life of Gala, Fuji and Lady Williams apples (*Malus domestica*, Borkh.). **Postharvest Biology and Technology**, S/L, v. 6, n. 3-4, p. 209–218, 1995.

JOHNSON, D. S.; YOGORATNAM, N. The effects of phosphorus sprays on the mineral composition and storage quality of Cox’s Orange Pippin apples. **Journal of Horticultural Science**, S/L, 53: p. 171-178, 1978.

MIQUELOTO, A. et al. Atributos fisiológicos, físico-químicos e minerais associados à ocorrência de "bitter pit" em maçãs. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, S/L, v. 46, n. 7, p. 689-696, 2011.

NAVA, G. et al. **Fertilidade do solo e nutrição na produção integrada de maçã**, Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2002. 13 p. (Circular Técnica, 33)

NEILSEN, G. H. et al. Annual Bloom-time phosphorus fertigation affects soil phosphorus, apple tree phosphorus nutrition, yield, and fruit quality. **HortScience**, v. 43, n. 3, p. 885–890, 2008.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. **New York Fruit Quarterly**, v. 17, n. 3, p. 21–24, 2009.

SOUZA, F. de. et al. Qualidade de maçãs 'Fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 305–315, 2013.

SUZUKI, A.; BASSO, C. Orientações básicas para adubação e nutrição da macieira. **Agropecuária Catarinense**, v. 10, n. 1, p. 41-46, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 3 Ed. Porto Alegre, Artmed, pg. 722, 2004.

TREPTOW, R. O.; QUEIROZ, M. I.; ANTUNES, P. L. Caracterização físico-química e sensorial de quatro cultivares de maçãs (*Malus doméstica* Borkh.). **Revista Brasileira de**

Agrociência, v. 1, n. 3, p. 179-184, 1995.

WEBSTER, D. H.; LIDSTER, P. D. Effects of phosphate sprays on McIntosh apple fruit and leaf composition, flesh firmness and susceptibility to low-temperature disorders. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 66, p. 617–626, 1986.