

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS-CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – CIÊNCIA DO SOLO

JOSÉ ROBERTO RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NITROGÊNIO AO SOLO NO RENDIMENTO E NA
QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA**

LAGES

2022

JOSÉ ROBERTO RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NITROGÊNIO AO SOLO NO RENDIMENTO E NA
QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência do solo Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – Udesc.

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

LAGES

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Rodrigues, José Roberto
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NITROGÊNIO AO SOLO
NO RENDIMENTO E NA QUALIDADE DE FRUTOS DE
MACIEIRA / José Roberto Rodrigues. -- 2022.
82 p.

Orientador: Paulo Roberto Emani
Coorientador: Paulo Cezar Cassol
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages,
2022.

1. Malus domestica Borkh. 2. Cambissolos. 3. Nutrição mineral. 4. Coloração de fruto. 5. Vigor vegetativo. I. Emani, Paulo Roberto . II. Cassol, Paulo Cezar . III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.

JOSÉ ROBERTO RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NITROGÊNIO AO SOLO NO RENDIMENTO E NA
QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência do solo Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – Udesc.

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

UDESC - CAV

Membros:

Dr. Paulo Cezar Cassol

UDESC - CAV

Dr. Gilberto Nava

Embrapa - Pelotas

Lages, 31 de agosto de 2022

AGRADECIMENTOS

À minha família que desde o início da minha jornada acadêmica sempre me apoiaram, especialmente aos meus pais Derlei Antonio Rodrigues e Lucimar Guedes Andrade Rodrigues, que sempre acreditaram e incentivaram.

Ao meu irmão e amigo Rodolfo Rodrigues que sempre esteve presente me apoiando, nos momentos de dificuldades e sempre que precisei.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, em especial aos professores do Centro de Ciências Agroveterinárias que fizeram parte desta caminhada transferindo seus conhecimentos, sendo as principais ferramentas de aprendizado.

Ao meu orientador Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani, pelo apoio e dedicação nessa fase final de curso.

À empresa Fruticultura Malke Ltda. por ceder a área onde o experimento foi conduzido.

Aos colegas do laboratório de Fertilidade do Solo do CAV pela ajuda nos momentos necessários.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita pelo auxílio nas análises.

Aos amigos Deivid e Adrielen pela convivência e companheirismo, pela ajuda sempre que precisei e todos os amigos que de alguma forma me apoiaram e ajudaram na realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

A adubação nitrogenada é prática recorrente entre os produtores de maçã com o objetivo de repor o nutriente no pomar e manter a produtividade, bem como a qualidade da produção. Entretanto, os impactos da real necessidade de nitrogênio no solo na qualidade da produção e no rendimento do pomar ainda não são bem esclarecidos para todas as cultivares e necessitam de atualizações. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes doses de adubação nitrogenada nos aspectos produtivos e qualitativos de maçãs. O experimento foi realizado em um pomar comercial no município de Correia Pinto – SC na Serra Catarinense, durante as safras de 2020/2021 e 2021/2022. Diferentes doses de adubação nitrogenada foram realizadas: 0; 50; 100; e 200 kg ha⁻¹ na forma de ureia. A aplicação ocorreu em duas etapas: após o término da colheita e a outra metade na plena floração. Assim, esta dissertação se divide em dois artigos: no primeiro artigo foram avaliados aspectos produtivos e fisiológicos da macieira submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada. No segundo artigo foi avaliada a influência de diferentes doses de adubação nitrogenada na composição físico-química dos frutos das macieiras, aspectos fisiológicos e minerais de diferentes partes do fruto e das folhas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo que cada bloco foi constituído por dez plantas, das quais somente oito centrais foram utilizadas para as avaliações. Os dados foram submetidos à análise da normalidade da distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, e posteriormente submetidos à análise de variância e análise de regressão polinomial. Os dados também foram submetidos à análise multivariada de análise de componentes principais (ACP). Como resultado do primeiro artigo, foi verificado que a adubação nitrogenada não alterou a produtividade e a massa de frutos, porém aumentou vigor das plantas de forma linear. No segundo artigo, foi constatado que a coloração dos frutos foi prejudicada com aumento da adubação nitrogenada, assim como houve o aumento na taxa de etileno e atividade respiratória dos frutos. Nas condições do estudo não é indicada a adubação nitrogenada para a macieira em duas safras.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh.; Cambissolos; Nutrição mineral; Coloração de fruto; Vigor vegetativo.

ABSTRACT

Nitrogen fertilization is a recurrent practice among apple farmers with the objective of replacing the nutrient in the orchard and maintaining productivity, as well as production quality. However, the impacts of the real need for nitrogen in the soil on the quality of production and on the yield of the orchard are still not well understood for all cultivars and need to be updated. The objective of this work was to verify the effect of different doses of nitrogen fertilization on the productive and qualitative aspects of apples. The experiment was carried out in a commercial orchard in the municipality of Correia Pinto - SC in Serra Catarinense, during the 2020/2021 and 2021/2022 harvests. Different doses of nitrogen fertilization were performed: 0; 50; 100; and 200 kg ha⁻¹ in the form of urea. The application took place in two stages: after the end of the harvest and the other half in full bloom. Thus, this dissertation is divided into two articles: in the first article, productive and physiological aspects of the apple tree submitted to different doses of nitrogen fertilization were evaluated. In the second article, the influence of different doses of nitrogen fertilization on the physical-chemical composition of apple fruits, physiological and mineral aspects of different parts of the fruit and leaves was evaluated. The experimental design used was randomized blocks, with four replications, and each block consisted of ten plants, of which only eight plants were used for the evaluations. The data were submitted to analysis of the normality of data distribution by the Shapiro-Wilk test, and later submitted to analysis of variance and polynomial regression analysis. Data were also subjected to multivariate analysis of principal components analysis (PCA). As a result of the first article, it was found that nitrogen fertilization did not change yield and fruit mass, but increased plant vigor in a linear fashion. In the second article, it was found that the color of the fruits was impaired with an increase in nitrogen fertilization, as well as an increase in the rate of ethylene and respiratory activity of the fruits. Under the conditions of the study, nitrogen fertilization is not indicated for the apple tree in two seasons.

Keywords: *Malus domestica* Borkh.; Cambisol soil; Mineral nutrition; Fruit color; Vegetative vigor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2020/2021. Lages-SC, 2022.	32
Figura 2 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2021/2022. Lages-SC, 2022.	32
Figura 3– Porcentagem de frutos com calibre 120 (A), com calibre de frutos 150(B) e o diâmetro médio de frutos (C) da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022. Lages/SC, 2022.....	42
Figura 4 – Regressão linear do comprimento médio de ramos (A) e regressão quadrática do poder germinativo de pólen (B) da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022.....	44
Figura 5 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2020/2021. Lages-SC, 2022.....	54
Figura 6 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2021/2022. Lages-SC, 2022.	54
Figura 7 – Valores de luminosidade (A), cromaticidade (B), ângulo hue ^o (C) e índice de cor vermelha de frutos (D) da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022. Lages/SC, 2022.....	62
Figura 8 – Valores do índice iodo-amido, atividade respiratória e produção de etileno de frutos da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2020/2021. Lages/SC, 2022.	65
Figura 9 – Valores do índice de iodo-amido e atividade respiratória de frutos da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022. Lages/SC, 2022.	66
Figura 10 – Teores de cálcio na casca, potássio e magnésio na polpa de frutos da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2020/2021. Lages/SC, 2022.	69
Figura 11 – Teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na casca de frutos da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.....	70

Figura 12 – Teores de nitrogênio (N) foliar na safra 2020/2021 (A) e safra 2021/2022 (B) da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022. 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise do solo anterior a instalação do experimento (2020).	31
Tabela 2 - Parâmetros para classificação de calibre de maçã. Lages, 2022.	34
Tabela 3 - Parâmetros relacionados com a produção da cultivar 'Galaxy' em função de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.	37
Tabela 4 Parâmetros fisiológicos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.	40
Tabela 5 - Análise do solo anterior a instalação do experimento (2020).	53
Tabela 6 – Parâmetros de coloração de frutos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.	60
Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos de frutos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.	63
Tabela 8 – Valores dos minerais dos frutos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.	68
Tabela 9 - Composição mineral das folhas da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	GERAL.....	17
2.2	ESPECÍFICOS	17
3	REFÊRENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1	A CULTURA DA MACIEIRA.....	18
3.2	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	18
3.3	CULTIVAR 'GALAXY'.....	19
3.4	NITROGÊNIO NO SOLO.....	19
3.5	NITROGÊNIO NA MACIEIRA.....	20
4	REFERÊNCIAS.....	24
5	CAPÍTULO 1. ADUBAÇÃO NITROGENADA NA MAÇÃ 'GALAXY' NÃO ALTERA A PRODUTIVIDADE.....	29
5.1	INTRODUÇÃO	29
5.2	METODOLOGIA.....	31
5.2.1	Descrição do local.....	31
5.2.2	Características dos tratamentos	33
5.2.3	Variáveis produtivas	33
5.2.4	Calibre e diâmetro médio dos frutos	34
5.2.5	Frutificação efetiva	35
5.2.6	Comprimento dos ramos, índice SPAD e área foliar média.....	35
5.2.7	Análise de germinação do pólen	36
5.2.8	Delineamento experimental	36
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.4	CONCLUSÕES	45
6	REFERÊNCIAS.....	46
7	CAPÍTULO 2. ADUBAÇÃO NITROGENADA NA MAÇÃ 'GALAXY' AFETA OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS FRUTOS.....	52
7.1	INTRODUÇÃO	52
7.2	METODOLOGIA.....	53
7.2.1	Descrição do local.....	53
7.2.2	Características dos tratamentos	55

7.2.3	Análises físico-químicas dos frutos	56
7.2.4	Análise da coloração dos frutos	57
7.2.5	Análise fisiológica dos frutos.....	57
7.2.6	Análise mineral dos frutos e folhas	58
7.2.7	Delineamento experimental	59
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
7.4	CONCLUSÕES	73
8	REFERÊNCIAS.....	74
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	ANEXOS	80

1 INTRODUÇÃO GERAL

A área cultivada com macieiras no Brasil é de aproximadamente 33.000 hectares, onde a maioria dos agricultores cultiva áreas inferiores a 10 hectares (ABPM, 2019). A cultura da macieira é de grande importância econômica para a região sul do Brasil, principalmente para o estado de Santa Catarina, que é o maior produtor da fruta, sendo responsável por 51% da produção nacional (GERHARDT, 2021). O estado foi responsável pela produção de 455 mil toneladas distribuídos em mais de 15 mil hectares (IBGE, 2022).

A partir da década de setenta, através de estudos e pela expansão dos plantios, houve um aumento significativo na produção e na qualidade dos frutos, onde o Brasil passou de importador a exportador de maçãs (NAVA et al., 2007). Em função das exportações e da crescente competição globalizada, torna-se imprescindível aumentar a qualidade dos frutos, paralelamente ao aumento da produtividade e à redução dos custos de produção.

A geração de tecnologias para o setor aumenta a produtividade e a qualidade da produção. Entretanto, o Brasil ainda carece de conhecimentos tecnológicos regionais sobre técnicas de cultivo da macieira, existindo uma defasagem entre as necessidades tecnológicas de produção e a geração de conhecimentos científicos, principalmente na área de nutrição das plantas.

As características físico-químicas do solo são diferentes entre as zonas produtoras. Enquanto em Vacaria-RS e Fraiburgo-SC predominam Latossolos, nas regiões produtoras de São Joaquim e Lages predominam os Cambissolos e Neossolos, que são rasos e pedregosos, muitas vezes com afloramentos de rocha (NAVA et al., 2007). Nestas circunstâncias, o desenvolvimento radicular é prejudicado, dificultando a absorção de água e nutrientes, incluindo o N.

O N é um dos nutrientes mais extraídos pela cultura da macieira, onde seu suprimento balanceado garante um equilíbrio nutricional da planta, produtividade e qualidade de frutos. Tanto a deficiência quanto o excesso de N na adubação para a macieira afetam o desenvolvimento da planta e de seus frutos, refletindo no vigor da planta, qualidade das gemas produtivas, distúrbios fisiológicos e outros sintomas (ERNANI, 2003).

O desenvolvimento das plantas é prejudicado pela deficiência de N, assim como a produtividade e a frutificação efetiva. A deficiência deste nutriente também favorece a queda prematura das folhas e a alternância anual da produção. Já o excesso de N, por sua vez também é prejudicial, pois esse estimula o excessivo desenvolvimento da vegetação, tendo reflexos negativos na qualidade das gemas e dos frutos, principalmente nos atributos de coloração, bem como no aparecimento de distúrbios fisiológicos, e na conservação (ERNANI, 2003; NAVA et al., 2007).

Vários trabalhos científicos realizados com a adubação nitrogenada na macieira no Brasil na década de noventa e início do presente século mostraram pouco ou nenhum efeito do N no incremento do rendimento de frutos (ERNANI et al., 1997, 1999, 2000; NAVA, 2007). Essa baixa resposta da macieira à adição de N ao solo é atribuída a dois fatores: de que a cultura não é muito exigente nesse nutriente e sua liberação em grande quantidade a partir da decomposição da matéria orgânica do solo, uma vez que os solos da região apresentam altos teores da fração orgânica.

Porém, com a utilização de novas técnicas de produção, incluindo a utilização de maior número de plantas por hectare, o uso de porta-enxertos anões aliados ao incremento na produtividade é provável que haja maior necessidade de N pelas plantas e que o suprimento a partir da matéria orgânica do solo seja insuficiente.

Além disso, na região produtora de maçã de Santa Catarina a disponibilidade de N do solo é afetada pela presença de solos jovens (Neossolos e Cambissolos, onde a profundidade varia entre 50 e 100 cm), que podem ser rasos e pedregosos. Nestes, a liberação de N para a macieira pode ser insuficiente, havendo necessidade da suplementação com adubos nitrogenados (NAVA & DECHEN, 2009).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de doses de N aplicadas ao solo no rendimento e na qualidade de macieira 'Galaxy' conduzidos em Cambissolos.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar o efeito da aplicação de doses de adubos nitrogenados ao solo em pomares conduzidos em solos rasos em Santa Catarina no rendimento e na qualidade de frutos de macieira 'Galaxy'.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da adição de N ao solo na produtividade e na frutificação efetiva da macieira 'Galaxy'.
- Avaliar o efeito das doses no crescimento dos ramos, área foliar e teor de clorofila da macieira 'Galaxy';
- Avaliar o efeito da adição de N nas variáveis físico-químicas de frutos da macieira 'Galaxy'.
- Avaliar o efeito da adição de N ao solo na intensidade da cor vermelha da epiderme dos frutos da macieira 'Galaxy';
- Avaliar o efeito da adição de N ao solo na intensidade de ocorrência de distúrbios fisiológicos ("Bitter pit") nos frutos da macieira 'Galaxy';
- Avaliar o efeito da adição de N ao solo na composição mineral de folhas e frutos da macieira 'Galaxy'.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DA MACIEIRA

A macieira (*Malus domestica* Bork.), pertence à ordem Rosales, família Rosaceae, subfamília Pomoideae, gênero *Malus*. É uma planta lenhosa, decídua, de clima temperado, porém adaptável a diferentes climas, sendo cultivada desde os trópicos até altas latitudes (IUCHI, 2006). A macieira é originária da China, onde se disseminou pelo mundo, principalmente nos países frios do hemisfério Norte (KVITSCHAL; COUTO; BRANCHER, 2019). A macieira é uma cultura que se desenvolve bem em climas onde a quantidade de frio hibernal é suficientemente necessária para a quebra de dormência, portanto, é adaptada a regiões de clima temperado e subtropical, e em locais com elevadas altitudes (HOFFMAN; NACHTIGALL, 2004).

3.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Atualmente são produzidas, por ano, mais de 89 milhões de toneladas de maçã no mundo, das quais a China produz quase 50% desse volume e o consumo médio mundial da fruta é de 10kg/habitante/ano. O Brasil mesmo apresentando um consumo médio de praticamente metade da média mundial (5kg/habitante/ano), é o 11º maior produtor de maçãs no mundo com uma produção anual de pouco mais de 1,3 milhão de toneladas (FAO, 2019).

A cultura da macieira tem um papel importante na economia da região sul brasileira. Na década de setenta a produção era insignificante, hoje ela cresceu muito, sendo colhida na safra 2020/2021 1,3 milhões de toneladas da fruta (ABPM, 2022). Na safra atual houve uma quebra de aproximadamente 30% em relação à safra anterior.

3.3 CULTIVAR 'GALAXY'

A cultivar 'Galaxy' apresenta plantas semi-vigorosas e sua adaptação climática é considerada boa em regiões acima de 1.200m de altitude; em locais com altitudes menores, ou em anos com poucas horas de frio, ela necessita do uso de indutores de brotação para superação da dormência.

A 'Galaxy' surgiu a partir de uma mutação natural da "Royal Gala" em pomares da Nova Zelândia (FAORO, 2022). Possui uma floração abundante, seus frutos destacam-se pela cor vermelha intensa, cobrindo uniformemente a maior parte do fruto, e tem formato globoso uniforme. (FIORAVANÇO et al., 2010).

3.4 NITROGÊNIO NO SOLO

Para o entendimento da dinâmica do N e a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados ao solo é necessário conhecer todas as reações que ocorrem com esse nutriente no solo. O manejo da adubação nitrogenada, diferentemente de outros nutrientes, envolve aspectos técnicos, econômicos e mais recentemente os ambientais (CERETTA & SILVEIRA, 2002), sendo que esse nutriente está sujeito a perdas por erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização (AMADO et al., 2002).

Na maioria dos solos o teor de N total é alto, variando com teores de 0,5 a 5 mg dm⁻³, mas apresenta limitada liberação ao longo dos ciclos das culturas (BREMNER, 1996). Esta baixa disponibilidade deve-se ao fato de que 95 % do N do solo está na forma orgânica, e precisa ser transformado em formas inorgânicas para ser absorvido pelas plantas e isso é realizado pela microbiota do solo.

A adubação nitrogenada tem impacto no estado nutricional, nos parâmetros de crescimento e produção de frutos e depende também da fonte de N. O N aplicado na forma de ureia, o qual é rapidamente solubilizado no solo incrementando as formas do nutriente como o nitrato (N-NO₃⁻) e o amônio (N-NH₄⁺), e quando não absorvidas pela macieira podem ser perdidas por escoamento superficial e por lixiviação no perfil do solo. As perdas de N-NO₃⁻

são comuns em frutíferas (VENTURA et al., 2005). Geralmente isso acontece porque o N-NO_3^- forma complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície das partículas reativas do solo onde é mantida a sua água de hidratação ao ser adsorvido e com isso a energia de adsorção do íon com as partículas orgânicas e inorgânicas é pequena (YU, 1997). Isso faz com que o nitrato permaneça na solução do solo o que favorece sua lixiviação no perfil (BRUNETTO et al., 2011).

3.5 NITROGÊNIO NA MACIEIRA

A exigência da macieira por N depende da produtividade, da densidade de plantas por hectare, do volume de solo explorado pelas raízes e da eficiência de uso de N pelas plantas. Por outro lado, o fornecimento de N n ativo pelo solo depende exclusivamente do teor de matéria orgânica e de sua taxa de mineralização, está muito influenciada pelas condições climáticas (ERNANI, 2003).

Na região produtora de maçãs de Vacaria (RS) predominam solos profundos e com teores médios e altos de matéria orgânica. Nesses solos, Ernani et al. (1997) aplicaram doses de N em pós-colheita de até $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, nas cultivares Gala e Fuji, durante quatro anos, e não obtiveram incremento no rendimento de frutos. Na mesma região, Ernani & Dias (1999) aplicaram doses crescentes de N na primavera (até $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), durante cinco anos, e não obtiveram incremento de rendimento de frutos das cultivares Gala e Fuji. Ao avaliarem o efeito da época de aplicação do N durante a primavera e o verão, Ernani et al. (2000) aplicaram $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, não obtendo efeito da adição desse nutriente no rendimento das cultivares Gala e Fuji em um estudo que durou seis anos.

Posteriormente, Ernani et al. (2008) avaliaram o efeito da adição de N ao solo em um pomar de Royal Gala conduzido sob alta densidade e com porta-enxerto anão e novamente não observaram incremento no rendimento proporcionado pela adição de N ao solo. Em todos estes estudos citados acima, os autores atribuem a falta de resposta à adição de N ao solo ao bom

suprimento desse nutriente a partir da decomposição da matéria orgânica nativa do solo.

Na região produtora de maçãs de São Joaquim-SC, predominam Neossolos pouco profundos e com grande quantidade de pedras diferindo dos solos dos trabalhos citados anteriormente. Nessas condições Nava & Dechen (2009) observaram incrementos no rendimento de frutos de macieiras Fuji, que variaram de 18 até 52% pela aplicação de N ao solo e os autores atribuem a resposta ao baixo suprimento de N fornecido pela matéria orgânica.

O N tem efeito significativo no acúmulo de reservas e no desenvolvimento vegetativo (NAVA et al., 2007), porém afeta também a frutificação efetiva (SHARMA, 2016; MILIC et al., 2017), a intensidade da cor da epiderme (DE ANGELIS et al., 2011; WANG & CHENG, 2011; SOUZA et al., 2013; NAVA et al., 2007; FALAHI et al., 2018), e inúmeros atributos relacionados com a qualidade e a capacidade de conservação dos frutos, incluindo a firmeza da polpa (NAVA et al., 2007; SOUZA et al., 2013), a acidez (SOUZA et al., 2013), os sólidos solúveis (NAVA et al., 2007), e a incidência de distúrbios fisiológicos (RAESE & DRAKE, 1997).

Em outros países produtores de maçã o efeito da adição de N no rendimento e na qualidade dos frutos de macieira tem sido inconsistente. Neilsen et al. (2004) observaram que a aplicação de N através de um sistema de fertirrigação aumentou a disponibilidade desse nutriente no solo e nas folhas, mas não afetou o rendimento e a qualidade dos frutos. Raese (1998) adicionou doses moderadas de nitrato de cálcio a pomares de macieira e observou melhoria na qualidade dos frutos, avaliada pela firmeza da polpa e intensidade de coloração vermelha da epiderme.

Drake et al. (2002) aplicaram diferentes doses de N ao solo, em várias épocas, e observaram que houve efeito diferencial na concentração de N nas folhas e flores, na produtividade e no retorno da floração no ano seguinte, porém não detectaram influência dos tratamentos sobre vários parâmetros relacionados com a qualidade (tamanho de frutos, coloração, firmeza, sólidos solúveis e acidez). Raese & Drake (1997) aplicaram N num pomar de 'Fuji', em doses que variaram de 28 a 170 kg ha⁻¹, e observaram que a menor dose utilizada foi a que proporcionou a menor incidência de distúrbios fisiológicos e o

maior incremento nos valores dos parâmetros relacionados com a qualidade dos frutos (coloração, firmeza, sólidos solúveis).

Iqbal et al. (2012) aplicaram doses de N a um pomar no Paquistão e observaram que a maior dose de N aplicada ($500 \text{ g planta}^{-1}$) foi a que proporcionou o maior rendimento econômico, o maior rendimento de frutos, e frutos de maior tamanho, peso e diâmetro. Falahi et al. (2018) aplicaram 40 e 80 g de N planta^{-1} e verificaram que a dose de N não afetou a produtividade de macieiras Fuji num estudo conduzido por quatro anos no Centro de Extensão da Universidade de Idaho, Moscow-EUA.

A época de aplicação do N ao pomar também afeta o acúmulo de reservas na macieira e o desenvolvimento vegetativo das plantas. No início da primavera, 72% do N absorvido pela macieira foram alocados para as folhas e os frutos (TERAVEST et al., 2010) e nesse período o N acumulado na planta foi muito importante para o desenvolvimento inicial. Esses mesmos autores verificaram que 71% do N aplicado no verão foram alocados preferencialmente para os tecidos vegetais perenes. O raleio do excesso de frutos também afeta o uso de N pela macieira, pois aumenta a quantidade de N resultante da aplicação de fertilizantes nos ramos anuais, nas folhas e nas raízes, com reflexos positivos na qualidade dos frutos (DING et al., 2017).

A magnitude do efeito das aplicações foliares com N sobre a qualidade dos frutos parece ser bem menos acentuada do que aplicações nitrogenadas via solo. Quando as pulverizações são feitas no outono, o N é rapidamente convertido para aminoácidos, nas folhas, e em seguida se transloca para as raízes e tecidos lenhosos, onde se acumula (DONG et al., 2002).

A concentração de ureia foliar adequada para a macieira é de aproximadamente 0,5%; se usada em concentrações muito maiores que essa, pode ocasionar fitotoxicidade às folhas (KHEMIRA et al., 2000). Izadyar et al. (1998) aplicaram várias pulverizações de ureia ou sulfato de amônio nas árvores, após a plena floração, e observaram aumento do número de frutos na safra com alta produtividade, porém redução no número de flores e alternância de produção no ano seguinte, possivelmente ocasionados pela alta concentração utilizada. Vários autores mostram que as aplicações foliares com ureia não afetam a qualidade dos frutos de macieira (MEHERIUK et al., 1996),

mesmo tendo aumentado o tamanho dos mesmos (FERREE & FORSHEY, 1988).

Duas técnicas passaram a ser muito utilizadas recentemente pelos produtores de macieira: a diminuição ou erradicação do uso de herbicidas para manter as plantas de cobertura do solo e o uso de telas antigranizo para proteção das plantas e dos frutos contra esse fenômeno que prejudica a comercialização. Ambas têm efeitos na absorção e no uso de nutrientes pelas plantas, na produtividade e na qualidade e conservação dos frutos, porém esses efeitos têm sido pouco quantificados em nossas condições de solo e clima. A diminuição da luminosidade ocasionada pela cobertura das plantas com tela diminui também a eficiência de uso de N e a quantidade de reservas acumuladas pelas plantas.

A adição de N ao solo promove um grande impacto visual na coloração e no desenvolvimento das plantas, fazendo com que os agricultores normalmente apliquem-no em excesso, principalmente na fruticultura (WEINBAUM et al., 1992; TAGLIAVINI et al., 1996) onde o custo dos fertilizantes não representa muito dentro do custo produtivo total.

O aumento excessivo da dose de N aplicada atrasa o desenvolvimento da cor vermelha da epiderme e acelera a degradação de amido da polpa, pois diminui a síntese da antocianina e a degradação da clorofila (WANG & CHENG, 2011), com reflexos negativos na qualidade dos frutos (RAESE & DRAKE, 1997). Quando aplicado em doses normais, não excessivas, entretanto, a aplicação de N ao solo não tem afetado a maioria dos atributos relacionados com a qualidade dos frutos. O aumento da dose de N, de 40 para 80 g árvore⁻¹ ano⁻¹, não afetou o teor de sólidos solúveis, amido, firmeza de polpa, *russeting*, e queimadura de sol (FALAHY et al., 2018).

Sendo assim, é possível que tenhamos que adicionar mais N em pomares plantados em solos rasos, em comparação a pomares cultivados em regiões de solos profundos. Por isso, é necessário avaliar regionalmente a necessidade da adição de N ao solo em pomares de macieira, especialmente quando plantados em solos rasos.

4 REFERÊNCIAS

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; MOTA, C.S.; SANTOS, H.P. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 925-931, 2007.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.; MIQUELOTO, A.; ZANARDI, O.Z.; SANTOS, H.P. Disponibilidade de luz em macieiras 'Fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 664-670, 2009.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A. & ARGENTA, L.C. Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by white anti-hail net. **Scientia Horticulture**, v. 129, n. 1, p. 79-85, 2011.

ATAY, E., GARGIN, S., ESITKEN, A., GUZEL, N. P., ATAY, A. N., ALTINDAL, M., SENYURT, H., & EMRE, M. The Effect of Weed Competition on Apple Fruit Quality. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 45, n.1, p. 120-125, 2017.

AMADO, T.J.C.; MIELNICEZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o molho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura o solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.1 p. 241-248, 2002.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA MAÇÃ. MAÇÃ BRASILEIRA NO ANUÁRIO DE HORTI & FRUTI 2022. Disponível em: <https://www.abpm.org.br/maca-e-tudo-de-bom/maca-brasileira-no-anuario-de-horti-fruti-2022>. Acesso em 17 de abril. 2022.

BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: BARTELS, J.M. **Methods of soil analysis: chemical methods.** Madison: SSSA, 1996. Chap. 37. P. 1085-1121. (SSSA. Book Series, 5).

BRUNETTO, G.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; WELLINGTON, G. M.; TAGLIAVINI, M. Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 1, p. 1-10, 2011.

CMELIK, Z.; TOJNKO, S.; UNUK, T. Fruit quality of 'Fuji' apple as affected by crop load and rates of nitrogen. **Acta Horticulturae**, v. 721, p. 147-152, 2006.

CERETTA, C. A.; SILVEIRA, M. J. da. Adubação nitrogenada no Sistema Plantio Direto. In: **CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO.** 2002, Guarapuava. Resumos... Guarapuava: Aldeia Norte, p. 115-127, 2002.

DE ANGELIS; V SÁNCHEZ, E. & TOGNETTI, J. Timing of nitrogen fertilization influences color and anthocyanin content of apple (*Malus domestica* Borkh. cv 'Royal Gala') fruits. *International Journal of Fruit Science*, v. 11, n. 4, p. 364-375, 2011.

DING, N.; CHEN, Q.; ZHU, Z.; PENG, L.; GE, S.; JIANG, Y. Effects of crop load on distribution and utilization of ¹³C and ¹⁵N and fruit quality for dwarf apple trees. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017. DOI:10.1038/s41598-017-14509-3.

DONG, S.; SCAGEL, C.F.; CHENG, L.; FUCHIGAMI, L.H. Soil temperature and plant growth stage influence nitrogen uptake and amino acid concentration of apple during early spring growth. **Tree Physiology**, v. 21, p. 541-547, 2001.

DRAKE, S. R.; RAESE, J. T.; SMITH, T. J. Time of nitrogen application and its influence on 'Golden Delicious' apple yield and fruit quality. **Journal of plant nutrition**, v. 25, n. 1, p. 143-157, 2002.

ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.A.R.; BECEGATO, V.A.; & ALMEIDA, J.A. Decréscimo da retenção de fósforo em função do aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p.159-162, 1996.

ERNANI, P. R.; DIAS, J. & VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, p. 33-37, 1997.

ERNANI, P.R.; DIAS, J. Soil nitrogen application in the spring did not increased apple yield. **Ciência Rural**, v. 29, p. 645-649, 1999.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; BORGES, M. A aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira. **Ciência Rural**, v. 30, p. 223-227, 2000.

ERNANI, P.R., DIAS, J.; FLORE, J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 33, n. 7-8, p. 1291-1304, 2002.

ERNANI, P.R.; ROGERI, D.A.; PROENÇA, M.M. & DIAS, J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high-density orchard carrying a dwarf rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 1113-1118, 2008.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, D.C; ROGERI, D.A. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of 'Gala' apples in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 892-896, 2008.

FALLAHI, E.; FALLAHI, B. & KIESTER, M.J. Evapotranspiration-based irrigation systems and nitrogen effects on yield and fruit quality at harvest in fully mature 'Fuji' apple trees over four years. **Hortscience**, v. 53, n. 1, p. 38-43, 2018.

FAO –Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT –Statistics Division. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, acesso em: 17 de abril. 2022

FAORO, I.D. (Org.) **Maçãs do grupo 'Gala' no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022. 304p.

FERRE, D.C. & FORSHEY, C.G. Influence of pruning and urea sprays on growth and fruiting of spur-bound 'Delicious' apple trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)**, v. 113, p. 699-703, 1988.

FIORAVANÇO, J. C.; GIRARDI, C. L.; CZERMAINSKI, A. B. C.; DA SILVA, G. A.; NACHTIGALL, G. R.; DE OLIVEIRA, P. R. D. **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul**: análise situacional e descrição varietal. Embrapa Uva e Vinho, 2010. 60p. (Embrapa Uva e Vinho, documentos 71).

GERHARDT, G. **Panorama da Fruticultura Brasileira: Maçã**. Agroisight, [S. l.], p. 1-3, 2021. Disponível em: <https://agroinsight.com.br/panorama-da-fruticulturabrasileira-maca/>. Acesso em: 08 out. 2022.

HOFFMANN, A.; NACHTIGALL, G. R. Aspectos Botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. 2004.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola - Lavoura Permanente. Acesso em 17 de junho de 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pesquisa/15/11979>

IQBAL, M.; NIAMATULLAH, M & MOHAMMAD, D.D. Effect of different doses of nitrogen on economical yield and physio-chemical characteristics of apple fruits. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 22, n. 1, p. 165-168, 2012.

IUCHI, V. L. Botânica e fisiologia. In: **A cultura da macieira**. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO (Org.) Florianópolis, p. 59-104, 2006.

KHEMIRA, H.; SANCHEZ, E. RIGHETTI, T.L. & AZARENKO, A.N. Phytotoxicity of urea and biuret sprays to apple foliage. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, p. 35-40, 2000.

KVITSCHAL, M. V.; COUTO, M.; BRANCHER, T. L. Variedades de macieira: cenário Internacional e Nacional. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 18326- 18334, 2019. DOI: DOI:10.34117/bjdv5n10-091.

KULESZA, W.; SZAFRANEK, R.C. Effect of nitrogen and position of application on growth and yield of apple trees. **Acta Horticulture**, v. 274, p. 267-273, 1990.

LEITE, G.B.; PETRY, J.L.; MONDARDO, M. Efeito da tela antigranizo em algumas características dos frutos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 714-716, 2002.

MEHERIUK, M.; MCKENZIE, D.L.; NEILSEN, G.H.; HALL, J.W. Fruit pigmentation of four green apple cultivars responds to urea sprays but not to nitrogen fertilization. **HortScience**, v. 31, p. 911-915, 1996.

MILIĆ, B., ČABILOVSKI, R., KESEROVIĆ, Z., MAGAZIN, N., TARLANOVIĆ, J. Interactions between nitrogen fertilization and apple fruit thinning with NAA. **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus**, v. 16, n. 3, p. 55-65, 2017.

NAVA, G.; NUERNBERG, N.J.; PEREIRA, A.J.; DECHEN, A.R. Adubação de crescimento de macieira Cv. Catarina sobre porta-enxerto marubakaido em São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 359-363, 2007.

NAVA, G.; DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Nitrogen and Potassium Fertilization Affect Apple Fruit Quality in Southern Brazil, **Communications in soil science and plant analysis**, v. 39, n.1-2, p. 96-107, 2007.

NAVA, G.; DECHEN, A.R. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affects yield and mineral composition of 'Fuji' apple. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 3, p. 377-385, 2009.

NAVA, G.; CIOTTA, M. N.; BRUNETTO, G. 'Fuji' apple tree response to phosphorus fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, e-369, 2017.

NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D.; HERBERT, L.C.; HOGUE, E.J. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, n. 1, p. 26-31, 2004.

PEREIRA, L.B.; SIMIONI, F.J.; CARIO, S.A.F. Evolução da produção de maçã em Santa Catarina: novas estratégias em busca de maior competitividade. **Revista Ensaios FEE**, Porto Alegre, v.31, n.1, p.209-234, 2010.

RAESE, J.T.; DRAKE, S.R. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji' apples. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, p. 1797-1809, 1997.

RAESE, J.T. Response of apple and pear trees to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, p. 2671-2696, 1998.

RAESE, J.T., DRAKE, S. R.; WILLIAMS, M. W. Quality of 'Fuji' apples related to nitrogen levels. **Good Fruit Grower**, v. 48, p. 42-44, 1997.

SHARMA, K. Effect of nutrients sprays on growth, yield and fruit quality of apple under cold desert condition of Himachal Pradesh. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 8, n. 1, p. 297-300, 2016.

SOUZA, F.; ARGENTA, L.C.; NAVA, G., ERNANI, P.R., AMARANTE, C.V.T. Qualidade de maçãs 'Fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 305-315, 2013.

TAGLIAVINI, M.; SCUDELLAZI, D.; MARANGONI, B. & TOSELLI, M. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, v. 43, p. 93-102, 1996.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TERAVEST, D.; SMITH, J.L.; CARPENTER-BOGGS, L.; HOAGLAND, L.; GRANATSTEIN, D.; REGANOLD, J.P. Influence of orchard floor management and compost application timing on nitrogen partitioning in apple trees. **Hortscience**, v. 45, n.4, p. 637-642, 2010.

TERAVEST, D.; SMITH, J.L.; CARPENTER-BOGGS, L.; HOAGLAND, L.; GRANATSTEIN, D.; REGANOLD, J.P. Soil carbon pools, nitrogen supply, and tree performance under several groundcovers and compost rates in a newly planted apple orchard. **Hortscience**, v. 46, n. 12, p.1687-1694, 2011.

VENTURA, M.; OPSTAD, N.; ZANOTELLI, D.; SCANDELLARI, F.; QUARTIERI, M. TAGLIAVINI, M. Monitoraggio delle perdite di azoto minerale per lisciviazione dal suolo di un pereto. **Frutticoltura**, Bologna, v. 10, p. 40-44, 2005.

YU, T. R. **Chemistry of variable charge soils**. NewYork: Oxford University Press, 1997, 505 p.

WANG, H.; CHENG, L. Differential effects of nitrogen supply on skin pigmentation and flesh starch breakdown of 'gala' apple. **Hortscience**, v. 46, n.8, p. 1116–1120, 2011.

WANG, G.; ZHANG, X.; WANG, Y.; XUA, X. & HAN, Z. Key minerals influencing apple quality in Chinese orchard identified by nutritional diagnosis of leaf and soil analysis. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, p.864-874, 2015.

WEINBAUM, S.A.; JOHNSON, R.S. & DEJONG, T.M. Causes and consequences of overfertilization in orchards. **Horttechnology**, v. 2, p.112-121, 1992.

5 CAPÍTULO 1. ADUBAÇÃO NITROGENADA NÃO ALTERA A PRODUTIVIDADE NA MACIEIRA ‘GALAXY’

5.1 INTRODUÇÃO

A cultura da macieira está entre as frutas mais produzidas no Brasil, movimentando em torno de R\$ 6 bilhões, correspondendo a pouco mais de 1% da produção mundial (ANDRADE, 2020; TESSARO, 2020). Em 2020, foram reportados 33 mil hectares plantados com a fruta, produzindo cerca de 1,2 milhão de toneladas, e 1,3 milhões de toneladas da fruta na safra 2020/2021 - média aproximada dos últimos 10 anos (TESSARO, 2020; ABPM, 2022).

Apesar de Santa Catarina ser o maior produtor de maçã do Brasil, o estado carece de estudos atuais sobre práticas de manejo relacionadas à nutrição do pomar para melhor produção em questão de qualidade e quantidade, principalmente na região do planalto Sul. Os últimos trabalhos avaliando a adubação nitrogenada na região foram realizados nas safras de 2013 e 2014 (CASTELO BRANCO et al., 2016), com outros estudos sendo publicados no ano de 2013 (SOUZA et al., 2013; NAVA & CIOTTA, 2013).

A maçã exige um investimento inicial e custeio elevado sendo difícil produzi-la com regularidade no que tange à produtividade e qualidade (TESSARO, 2020). Embora com avanços significativos em pesquisas sobre a dinâmica de nutrientes como o do N, os produtores se deparam com a oferta de muitos produtos que na maioria das vezes não exercem efeitos sobre a produção ou qualidade (ERNANI, 2003).

O N é um nutriente altamente móvel, circulando rapidamente pela planta, solo e ambiente. Na macieira, antes da queda das folhas, até 50% do N nas folhas é retirado e armazenado na estrutura lenhosa das plantas (GENTILE et al., 2022). A deficiência de N, ou excesso de oferta, pode ter impactos negativos na produtividade e qualidade dos frutos (GENTILE et al., 2022).

Em pomares de macieiras, a fertilização nitrogenada promove fortemente o crescimento vegetativo (WEBSTER, 2005), e altos níveis de fertilização nitrogenada geralmente aumentam a produção de frutos e um maior rendimento (NAVA et al., 2000; GOSH, MANNA; MATHEW, 2004). No entanto,

o fornecimento excessivo de N provavelmente reduzirá a qualidade dos frutos (SETE et al., 2019), comprometendo rendimento devido ao crescimento vegetativo excessivo (TAHIR et al., 2007), menor capacidade de armazenamento além do impacto ao meio ambiente (GENTILE et al., 2022).

Em se tratando de adubação de manutenção na macieira, Nava et al. (2002) já descreveram que esta tem por objetivo repor os nutrientes necessários para obtenção de alta produtividade e frutos de qualidade, devendo-se, porém, evitar aplicações desnecessárias.

A recomendação de adubação de manutenção deve considerar a análise foliar e dos frutos, análise periódica do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, dentre outros fatores (NAVA et al., 2002). A otimização da utilização do N aplicado em árvores frutíferas requer uma oferta de N que seja compatível temporalmente com a demanda das plantas (TAN et al., 2021).

Quando se pensa a nível Brasil, há estudos antigos que sugerem que níveis crescentes de N aumentam a produção de maçãs proporcionando maior teor do nutriente nas folhas (NAVA et al., 2002). No que se refere à dinâmica do N na implantação do pomar, já existem diversas pesquisas, entretanto ainda existe uma lacuna importante no conhecimento sobre a absorção, alocação e ciclagem interna do N em pomares adultos comerciais (TAN et al., 2021).

A aplicação de N no início da primavera compensa o uso das reservas de N e termina nas folhas e frutos na estação atual, enquanto a aplicação de N no outono leva ao acúmulo de N nas partes perenes da árvore (TOSELLI et al., 2000; MILIC et al., 2012).

Se cultivadas em solos com baixa disponibilidade de N podem apresentar redução da área foliar, o que diminui a taxa fotossintética, refletindo em menor tamanho de frutos e menor produtividade (SETE et al., 2019).

Por outro lado, plantas submetidas a altas doses de aplicação de N podem aumentar sua concentração na planta, estimulando a área foliar e conseqüentemente aumentar o diâmetro do fruto (HANSEN, 1980; EL-GAZZAR, 2000; GOSH et al., 2004), o que pode diluir o SST e aumentar sua a respiração, diminuindo a qualidade dos frutos e capacidade de armazenagem (MARSH et al., 1996; TAHIR et al., 2007), além do impacto ambiental pela poluição de lençóis freáticos (SANCHEZ et al., 2013).

Assim, este estudo tem por objetivo avaliar aspectos produtivos e qualitativos de maçãs de duas safras da cultivar ‘Galaxy’ submetidas à diferentes doses de adubação de manutenção nitrogenada no estado de Santa Catarina.

5.2 METODOLOGIA

5.2.1 Descrição do local

O experimento foi conduzido no município de Correia Pinto-SC, em um pomar comercial instalado sobre um Cambissolo Húmico, coberto com tela antigranizo de cor preta.

O pomar está localizado a cerca de 900 metros acima do nível do mar. O clima de Correia Pinto, conforme a classificação de Köeppen é do tipo Cfb: temperado úmido, com uma pluviosidade significativa longo do ano, mesmo o mês mais seco, com 111 mm no mês de abril. A pluviosidade média anual é 1887 mm, onde o mês de janeiro é o com maior precipitação, apresentando uma média de 218 mm. A temperatura média anual em Correia Pinto é 16,2 °C, o mês de janeiro é o mês mais quente do ano com média de 20,3°C contra 11,4 °C de temperatura média em julho (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

Tabela 1 - Análise do solo anterior a instalação do experimento (2020).
Lages, 2022.

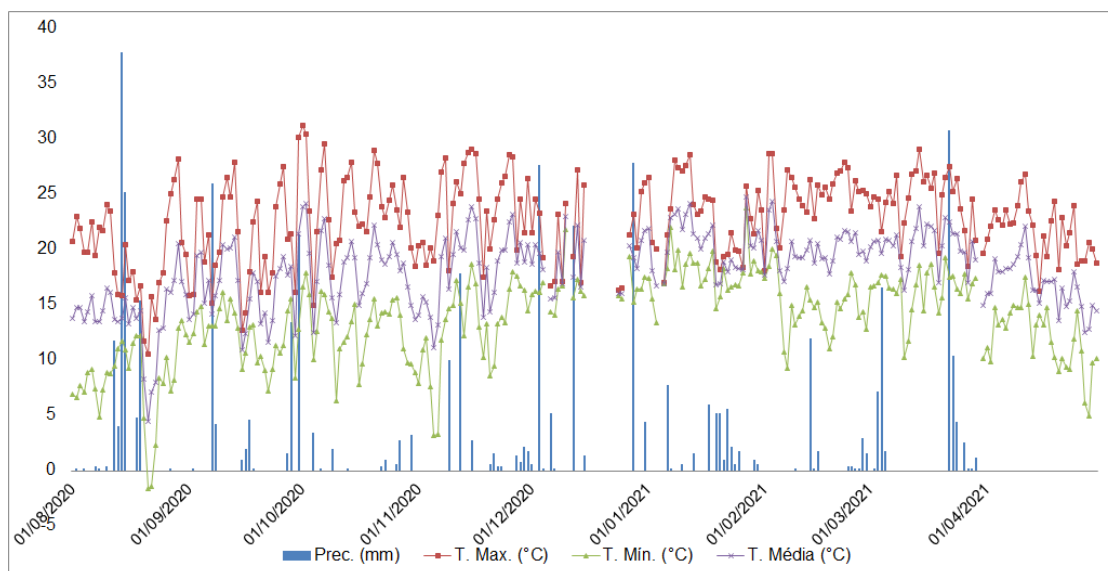
Atributo	Pomar
pH (água)	6
P (mg/kg ⁻¹)	10
K (mg/kg ⁻¹)	170
Argila (%)	42
M.O (%)	4,5

Fonte: O autor, 2022.

Antes da implantação do pomar conforme a análise do solo (tabela 1), foi aplicado calcário na dose necessária para elevar o pH até 6,5, e fertilizantes contendo fósforo e potássio, de maneira a elevar seus teores no solo a níveis

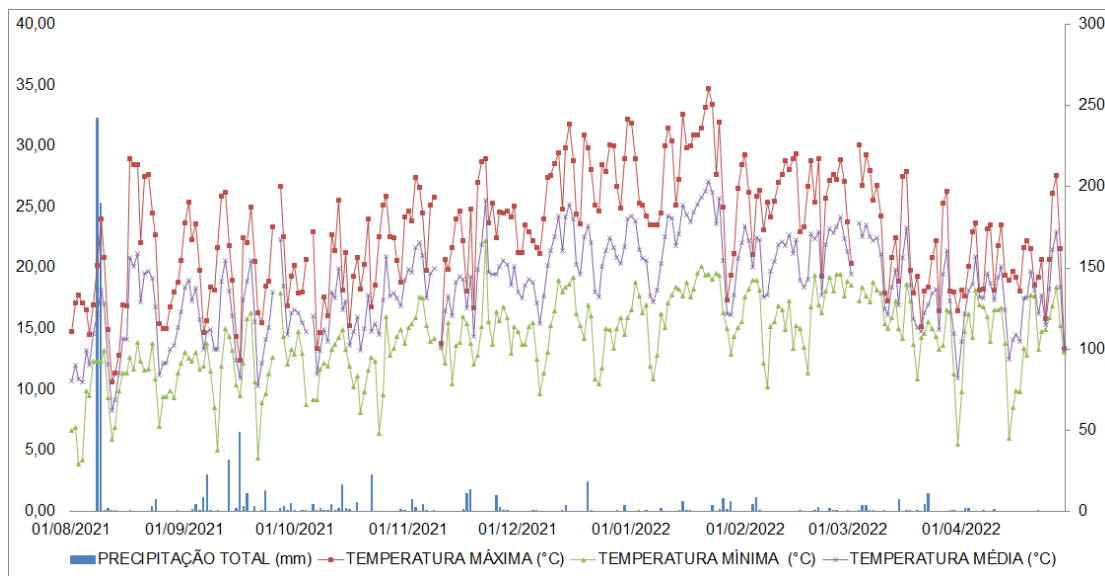
satisfatórios, de acordo com o indicado pelo manual de adubação e calagem (CQFS-RS/SC, 2016). Anualmente são realizadas as adubações de manutenção (nitrogênio e potássio).

Figura 1 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2020/2021. Lages-SC, 2022.



Fonte: Adaptado de INMET (2022).

Figura 2 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2021/2022. Lages-SC, 2022.



Fonte: Adaptado de INMET (2022).

Os dados climáticos, precipitação diária (mm), temperatura máxima diária (°C), temperatura mínima diária (°C) e temperatura média diária (°C) foram coletados no arquivo de dados históricos das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022).

Os dados climáticos estão representados nas figuras 1 e 2, sendo respectivamente as safras 2020/2021 e safra 2021/2022. Foram utilizados os dados da estação de Lages/SC (Código WMO: A865; 27°80'22"S e 50°33'55"O, altitude 952,7 m), devido ao fato de ser a estação de maior proximidade ao local do experimento.

5.2.2 Características dos tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por doses crescentes de N (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), aplicadas anualmente na forma de ureia, sobre a área da projeção da copa das árvores. Metade de cada dose foi aplicada imediatamente após o término da colheita e a outra metade no início do ciclo vegetativo, por ocasião da plena floração.

Plantas da cultivar 'Galaxy' enxertadas sobre o porta-enxerto Marubakaido com filtro de porta-enxerto EM-9, implantadas em 2015, em sistema de condução de líder central, em um espaçamento de 1,5 x 4,5 m, perfazendo uma densidade de 1480 plantas por hectare, cujas polinizadoras são mudas da cultivar Fuji, plantadas em filas alternadas.

Os tratos culturais (poda de inverno, aplicação de fungicidas, inseticidas e herbicidas, raleio dos frutos e fitorreguladores) não diferenciaram entre os tratamentos e fazem parte das recomendações técnicas para a produção integrada da macieira (PIM).

5.2.3 Variáveis produtivas

A produção (kg planta⁻¹) foi estimada pela pesagem a campo da totalidade de frutos por planta, utilizando uma balança Urano® (precisão de 5g). A massa média de frutos (g) foi obtida pela divisão da massa total de frutos por planta pelo número de frutos que havia na planta, sendo este número

obtido pela contagem dos frutos enquanto se colhia. A produtividade ($t\ ha^{-1}$) foi estimada pela multiplicação da produção média pelo número de plantas por hectare. (Adaptado da metodologia de De Macedo et al., 2019 e Miranda et al., 2015).

5.2.4 Calibre e diâmetro médio dos frutos

Na safra 2021/2022 uma amostra de 50 frutos foi enquadrada em uma classe e/ou calibre seguindo normas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006), de acordo com a Instrução Normativa nº 5, de 9 de fevereiro de 2006. As classes de calibre se referem ao número de frutos em uma determinada escala de massa fresca (g) e diâmetro (mm) necessário para preencher uma caixa modelo Mark IV contendo 18 kg de maçãs, acondicionados em bandeja. São considerados do mesmo calibre os frutos que apresentaram 2 (duas) gramas, para mais ou para menos, em relação aos limites especificados na Tabela 1.

Tabela 2 - Parâmetros para classificação de calibre de maçã. Lages, 2022.

Nº de Frutos por Caixa de 18 kg	Maior diâmetro equatorial (mm) (Frutos Alongados)	Massa unitária (g)
70	maior que 80 até 90	maior que 238 até 262
80	maior que 77 até 87	maior que 214 até 240
90	maior que 74 até 84	maior que 186 até 214
100	maior que 71 até 81	maior que 167 até 187
110	maior que 68 até 76	maior que 152 até 168
120	maior que 65 até 73	maior que 138 até 152
135	maior que 62 até 70	maior que 126 até 140
150	maior que 59 até 68	maior que 117 até 129
165	maior que 57 até 66	maior que 108 até 120
180	maior que 53 até 63	maior que 90 até 106

Fonte: MAPA, IN nº5/2006.

Foi utilizado uma régua de madeira confeccionada com diferentes circunferências abertas nela, correspondendo ao limite superior dos diâmetros dos respectivos calibres. Os frutos foram passados na circunferência

correspondente ao diâmetro do fruto, enquadrando os no calibre a que pertenciam. Através da relação do número de frutos por calibre e o número de frutos total da amostra foi calculada a porcentagem de frutos por calibre.

O diâmetro médio de frutos foi avaliado pela metodologia (DE MACEDO et al., 2019), onde 20 frutos foram colocados lado a lado em uma calha de madeira em forma de “L”, graduada em mm, possibilitando medir o diâmetro total dos frutos, onde se obtinha o valor unitário pela divisão deste valor pelo número total de frutos na calha. Os mesmos frutos foram girados $\frac{1}{4}$ em torno do seu eixo para obtenção de um segundo diâmetro unitário, para posteriormente ser obtido o valor final do diâmetro através da média destes dois diâmetros.

5.2.5 Frutificação efetiva

Na safra 2021/2022 a frutificação efetiva (adaptado de Petri et al., 2021) foi determinada em duas etapas. Primeiramente, determinou-se o número de cachos florais, logo após a plena florada, em 8 ramos pré-selecionados e marcados de cada planta útil da parcela experimental. Após 30 dias, foi contado o número de frutos nos mesmos ramos que haviam sido contados anteriormente. Dessa maneira, determinou-se a frutificação efetiva através da seguinte fórmula: frutificação efetiva (%) = (nº de frutos / nº de cachos florais) x 100.

5.2.6 Comprimento dos ramos, índice SPAD e área foliar média

Na safra 2021/2022 foi avaliado o vigor vegetativo da macieira através da medida de crescimento de ramos do ano, avaliando dois ramos do terço médio de cada unidade experimental avaliada composta por 6 plantas totalizando 30 ramos para compor a média.

O índice SPAD (metodologia adaptada de Ma et al., 2019), para a determinação indireta da clorofila relativa das folhas, foi realizado pela amostragem de 20 folhas do terço médio dos ramos por planta, de maneira

aleatória, utilizando o aparelho SPAD-502 metre (Konica Minolta Co., Ltd, Japan).

A área foliar foi avaliada pela metodologia adaptada de Sala et al. (2015), onde em cada unidade amostral, 40 folhas foram coletadas de forma aleatória em ramos do ano. Posteriormente as folhas foram passadas em aparelho integrador de área foliar LI-COR® modelo LI-3100C. O valor total foi dividido pelo número de folhas.

5.2.7 Análise de germinação do pólen

Adaptado pela metodologia de Béltran et al. (2019), na safra 2021/2022 os grãos de pólen foram obtidos a partir de anteras de 50 flores da cultivar avaliada, coletadas a campo, em estágio de balão. As anteras foram depositadas em pequenas bandejas de papel, em estufa, cuja temperatura permaneceu em torno de 23°C, durante 72 horas.

O meio de cultura utilizado constituiu-se de 10g de sacarose e 1g de ágar para 100 ml de água destilada, a qual foi aquecida para total diluição do ágar. Ainda quente, o meio foi distribuído em lâminas adaptadas com um anel de látex de 21 mm de diâmetro e 3 mm de altura. O pólen foi polvilhado sobre o meio frio, com um pincel. A seguir as lâminas foram colocadas em estufa tipo BOD, com temperatura controlada de 24°C. Após três horas, foi realizada a contagem de grãos de pólen germinados, através da utilização de um microscópio, sendo considerados como germinados aqueles que apresentassem tubo polínico de comprimento igual ou superior ao diâmetro do próprio pólen. Foram utilizadas três repetições, sendo as parcelas constituídas de contagens de 100 grãos de pólen.

5.2.8 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro blocos. Cada parcela é constituída por dez plantas, distribuídas ao longo da fila de plantio, das quais somente as oito centrais foram utilizadas para as avaliações daquele tratamento.

Os dados foram submetidos a análise da normalidade da distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, sendo que os dados que não apresentaram normalidade na sua distribuição foram submetidos a transformação de $\sqrt{x + 1}$, onde x é a média obtida de cada variável. Os dados de porcentagem foram submetidos a transformação do arcosen $\sqrt{(x - 100)}$. Os dados então respondendo aos preceitos exigidos, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a análise de regressão polinomial. Todas as análises estatísticas utilizaram a significância ($\alpha = 0,05$), através do programa SISVAR 5.6®.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o que se observa na tabela 3, as diferentes doses de adubação nitrogenada não alteraram a produção, a massa de frutos e a produtividade para ambas as safras avaliadas.

Tabela 3 - Parâmetros relacionados com a produção da cultivar 'Galaxy' em função de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.

	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)				Pr>F	CV (%)
	0	50	100	200		
<i>Safra 2020/2021</i>						
Produção (kg planta ⁻¹)	20,4	19,0	21,9	22,4	0,43	14,6
Massa de fruto (g)	123,3	127,9	124,9	127,1	0,43	3,3
Produtividade (t ha ⁻¹)	30,1	28,1	32,4	33,1	0,43	14,6
<i>Safra 2021/2022</i>						
Produção (kg planta ⁻¹)	44,9	45,6	46,7	45,3	0,96	11,4
Massa de fruto (g)	132,0	136,8	139,7	132,4	0,66	7,4
Produtividade (t ha ⁻¹)	66,5	67,5	69,2	67,0	0,96	11,4

Fonte: O autor, 2022.

Estudos anteriores na região com as cultivares 'Gala' e 'Fuji' corroboram com os resultados encontrados neste estudo (ERNANI et al., 1997,1999, 2000). Estes autores salientam que a ausência de resposta da macieira a adubação nitrogenada ocorre pela oferta de N para a planta vindo todo da matéria

orgânica do solo, bem como do N presente nas folhas e ramos que será incorporado a fração orgânica do solo no período de dormência.

A ausência de resposta a adubação nitrogenada também pode ser explicada pelo fato de o estudo ter sido conduzido em uma região com baixas temperaturas durante o outono e inverno, com boa distribuição pluviométrica durante o ano, assim como um alto teor de matéria orgânica no solo, fatores que contribuem para a mineralização e oferta a planta do N nativo do solo em grandes quantidades (NAVA & NACHTIGALL, 2017).

Milošević & Milošević (2022) também relatam a ausência de resposta produtiva da macieira a adubação com fontes de N. Este autor justifica que pomares em solos ricos em matéria orgânica com disponibilidade de nutrientes não aumentam sua produtividade no curto prazo com a utilização de fontes convencionais de N. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Čmelik & Tojnko (2005); Milošević & Milošević (2015), que relataram que a fertilização com diferentes quantidades de N não teve impacto consistente na produtividade da macieira 'Idared'.

Milic et al. (2012) relata que um bom preparo do solo antes do estabelecimento do pomar e um adequado manejo de plantas daninhas na linha, diminuindo a competição da macieira com outras plantas de alta exigência por N, provocam a ausência de resposta no aumento de produtividade e tamanho de frutos diante da adubação nitrogenada.

A produtividade da macieira 'Galaxy' foi maior na safra 2021/2022 do que na safra 2021/2022, assim como a massa de frutos e a produção por planta. Por não haver diferença entre a testemunha e os demais níveis de adubação, fatores como o clima e a alternância de produção explicam esta diferença entre as safras para estas variáveis.

Mota et al. (2022) verificou em estudos com a cultivar "Gala" em pomares onde duplicar a adubação (de acordo com o previsto na produção integrada de maçã) não levou a um aumento na produtividade, enquanto em outros pomares com a mesma cultivar houve diferenças significativas entre safras e na interação entre safra e adubação, mas sem diferenças entre estratégias de adubação. Esses resultados indicam que o ano e o pomar

influenciaram a produtividade em resposta à adubação, pois os parâmetros do solo variam com a precipitação e a temperatura da safra.

A safra 2021/2022 teve um maior volume total de precipitação (840 mm) durante o ciclo quando comparado a safra 2020/2021 (453 mm) (figuras 1 e 2), o que pode ter contribuído para este aumento de produtividade. Observa-se uma alta pluviosidade no início do ciclo na safra 2021/2022, com pluviosidade acima de 50 mm no final de setembro. Esta pluviosidade influi na disponibilidade de nutrientes no período inicial de desenvolvimento da planta, principalmente o N.

O desenvolvimento inicial de macieiras e suas estruturas produtivas, a produtividade e distúrbios fisiológicos são influenciados de maneira negativa pelo déficit hídrico em pomares de macieira (PETRI, 2006; CASTELO BRANCO et al., 2016).

Quanto à temperatura, nas duas safras a temperatura máxima teve uma média de 22 °C, com a temperatura média do ciclo de 18°C. Quanto a temperatura mínima, na safra 2020/2021 sua média foi de 13,6 °C, enquanto na safra 2021/2022 foi de 14,1 °C (figura 1 e 2).

A ausência de resposta para a massa de frutos também se dá pela disponibilidade de nutrientes do solo, aonde a diferença de massa de frutos chega a somente 10% em estudos com a cultivar 'Gala' e 'Fuji' (MAŠÁN et al., 2018; Robinson, 2006).

Para as cultivares 'Gala' e "Golab" também não foram observadas diferenças na massa de frutos com diferentes tipos de adubação nitrogenada (MOHAMMAD SOKRI, 2015). Para a cultivar 'Fuji' em Cambissolos, na mesma região deste estudo, o incremento da dose de N também não afetou a massa de frutos (SOUZA et al., 2013).

A adubação se torna interessante em solos com menor teor de matéria, onde se faz o uso de fertirrigação e em pomares mais adensados, como relatado por outros autores para as cultivares 'Gala', 'Fuji' e 'Galaxy' (MAŠÁN et al., 2018; UCAR et al., 2016; YILDIRIM et al., 2016).

Na safra 2021/2022, os diferentes níveis de adubação nitrogenada não alteraram a porcentagem de frutos com calibre 100, frutos com calibre 110 e frutos com calibre 135 (Tabela 4). Este resultado corrobora com os avaliados

na cultivar 'Golden Delicious Reinders' sobre o porta-enxerto M.9 T337 e na cultivar 'Idared' sobre o porta-enxerto MM.106 (MILOŠEVIĆ & MILOŠEVIĆ, 2022; MILOŠEVIĆ et al., 2019).

Tabela 4 - Parâmetros fisiológicos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022. Lages/SC, 2022.

	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)				Pr>F	L	Q	CV (%)
	0	50	100	200				
Frutos calibre 100 (%)	0,5	0,5	1,0	1,4	0,53	-	-	3,5
Frutos calibre 110 (%)	0,5	1,0	1,0	2,4	0,43	-	-	3,7
Frutos calibre 120 (%)	5,2	2,5	0,5	6,7	0,04*	0,29	0,01*	4,8
Frutos calibre 135 (%)	70,0	39,8	42,1	48,9	0,05	-	-	7,9
Frutos calibre 150 (%)	23,8	56,2	55,4	40,5	0,01*	0,20	0,01*	7,7
Diâmetro de frutos (cm)	6,0	6,3	6,4	6,5	0,01*	0,01*	0,02*	2,8
Frutificação efetiva (%)	53,9	44,4	44,8	47,6	0,7	-	-	16,6
Comprimento de ramo (cm)	21,8	24,2	26,4	29,0	0,01*	0,01*	0,4	19,3
SPAD	51,2	50,3	49,7	51,2	0,56	-	-	3,4
Área foliar (cm ²)	30,9	30,9	34,6	34,7	0,12	-	-	8,3
Poder germinativo do pólen (%)	10,3	22,6	27,7	16,7	0,01*	0,41	0,01*	12,8

L = regressão linear; Q = regressão quadrática; *Significante a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor, 2022.

Entretanto, para o percentual de frutos calibre 120 e 150, observa-se na tabela 4 e na figura 3 (A) e (B), respectivamente, um comportamento quadrático para a porcentagem dos frutos nestes calibres em relação ao aumento da adubação nitrogenada.

Deste modo, para frutos de calibre 120, a curva possui a concavidade para cima ($R^2 = 0,97$), com o mínimo absoluto da regressão quadrática da porcentagem de frutos com calibre 120 sendo 95,8 kg ha⁻¹ de N, ou seja, neste ponto é o valor da menor porcentagem de frutos com o calibre 120, com este valor tendo um comportamento crescente após este valor de adubação nitrogenada.

Situação diferente ocorre quando se avalia o percentual de frutos com calibre 150, em que a concavidade da curva ($R^2 = 0,90$) é voltada para baixo. A porcentagem de frutos com calibre 150 tem seu máximo absoluto na dose de

113 kg ha⁻¹ de N, tendo a queda de seu percentual após este nível de adubação.

Observa-se nos resultados deste experimento que os níveis intermediários de adubação (50 e 100 kg ha⁻¹) aumentam o número de frutos médios (calibre 150) na medida em que diminuem a porcentagem de frutos grandes (calibre 120).

A otimização da produtividade e tamanho dos frutos depende do equilíbrio da planta, sendo que a adubação causou neste estudo um aumento linear do crescimento vegetativo, o que acaba alterando a relação fonte-dreno da planta, causando este aumento no percentual de frutos menores. O desenvolvimento dos frutos é limitado pela disponibilidade de assimilados (limitação da fonte), onde a disponibilidade de carboidratos diminui pela presença de tecidos dreno, como os ramos em crescimento vegetativo, bem como a disputa entre os próprios frutos em desenvolvimento.

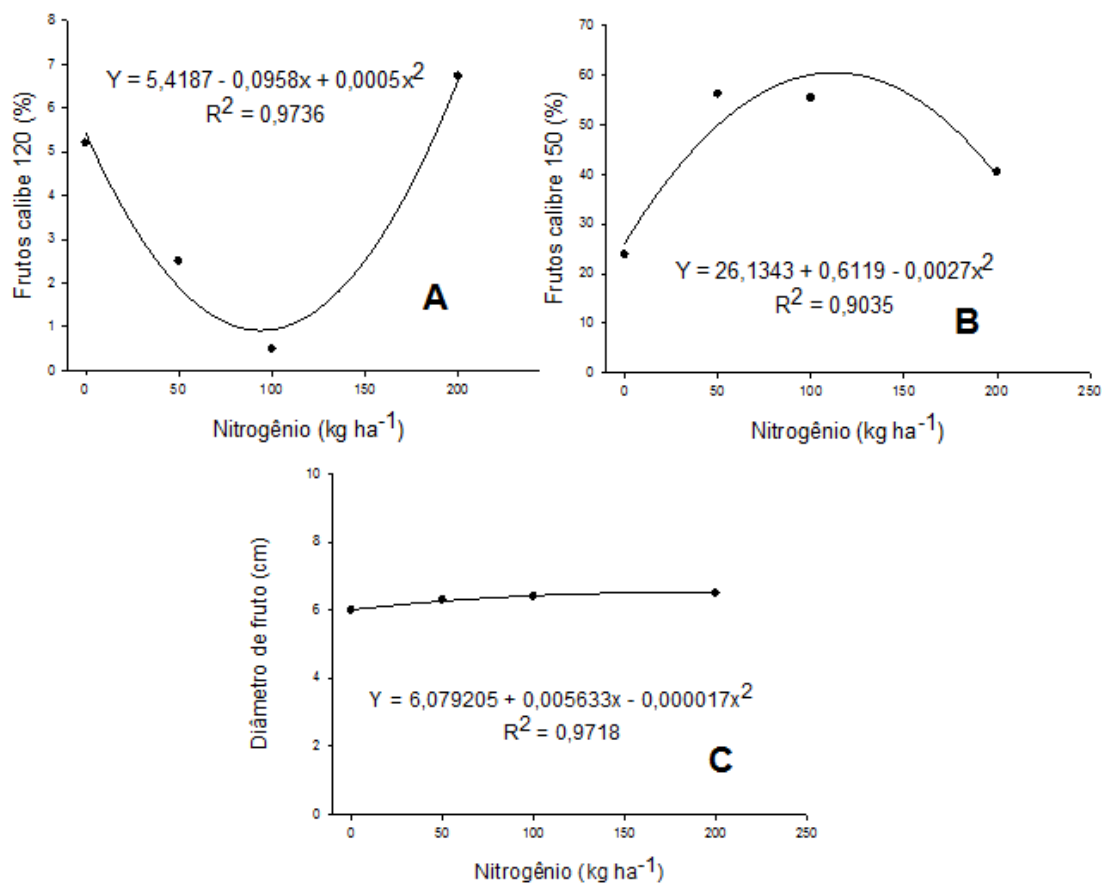
Somente na maior dose estudada (200 kg ha⁻¹) o percentual de frutos com calibre 120 aumenta devido provavelmente a maior oferta deste nutriente a planta, com a planta direcionando o N em excesso para o crescimento do fruto e outros tecidos drenos. Em Latossolos Ernani et al. (1997) estimaram que aproximadamente, 110 kg ha⁻¹ de N orgânico são mineralizados na camada de 0,3 m de profundidade, o que indica que maior parte do N utilizado pela planta vem do N presente na matéria orgânica.

O diâmetro de frutos foi afetado pela dose de N adicionada (tabela 4 e figura 3C), tendo uma tendência quadrática, onde o diâmetro dos frutos aumenta até a dose de 200 kg ha⁻¹. Esse aumento é mais expressivo após a dose de 50 kg ha⁻¹.

O valor máximo de diâmetro de fruto corresponde a adubação de 166 kg ha⁻¹ de N na regressão quadrática. Apesar de significativo o aumento do diâmetro do fruto, salienta-se que esse aumento é de somente 0,5 cm, o que sugere que não é rentável uma adubação para apenas este ganho em termos de diâmetro e categorias. A ausência de efeito na porcentagem de frutos com calibre 100 e 110 corrobora com esta observação.

Figura 3– Porcentagem de frutos com calibre 120 (A), com calibre de frutos 150(B) e o diâmetro médio de frutos (C) da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022.

Lages/SC, 2022.



Fonte: O autor, 2022.

Para o comprimento de ramo (cm), quanto maior a dose de N adicionado ao solo, maior foi o comprimento de ramo das macieiras (tabela 4). Observa-se na figura 4A que o aumento da dose de N aumenta linearmente o comprimento de ramos, tendo seu valor máximo (29 cm) na dose de 200 kg ha⁻¹. A dose máxima de N resultou em um incremento médio de 7,2 cm no comprimento médio dos ramos.

Isto demonstra que o aumento das doses de N nas condições do estudo resulta no aumento do vigor, ao invés do aumento da produtividade, já que não houve resposta nas variáveis produtivas. A competição por fotoassimilados

entre brotações e frutos pode ser estimulada em resposta à adubação com N (FERGUSON; BOYD, 2002; FALLAHI et al., 2010).

Quando utilizada a fertirrigação, houve incremento do comprimento dos ramos em aproximadamente 20 cm nas cultivares ‘Gala’ e ‘Fuji’ em comparativo ao uso somente de irrigação (MAŠÁN et al., 2018).

Entretanto, nas cultivares ‘Gala’ e ‘Fuji’ avaliados por Ernani et al. (2000) os diferentes níveis de adubação não afetaram o vigor das plantas bem como a produção da macieira.

A análise de variância não mostrou um efeito significativo das adubações nitrogenadas no valor do índice SPAD de folhas de macieira, para a área foliar média e frutificação efetiva da macieira ‘Galaxy’ (Tabela 4).

De acordo com Porro et al. (2001), é significativa a relação entre o índice SPAD e o teor de clorofila nas folhas da macieira, bem como a relação entre o teor de clorofila e o teor de N da folha.

Diferente dos resultados vistos no presente estudo se observa na cultivar ‘Fuji’ sobre o porta-enxerto ‘Marubakaido’ e na cultivar ‘Golden Delicious’ sobre o porta-enxerto EM-9 que o índice SPAD responde linearmente ao aumento do teor de N foliar; e que o N foliar aumenta na medida em que aumenta a adubação nitrogenada (PORRO et al., 2001; NAVA et al., 2013).

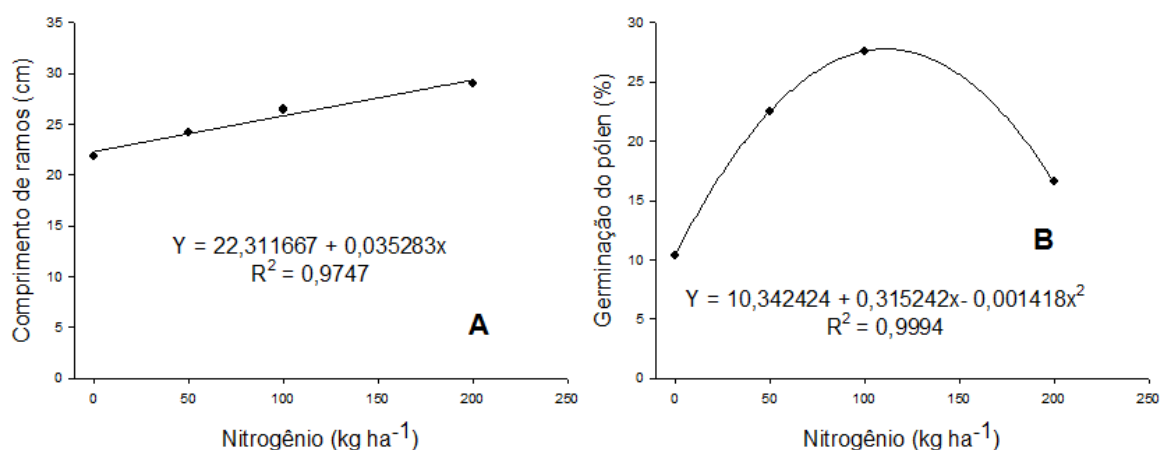
Entretanto, Treder et al. (2022) observaram os mesmos resultados que este estudo ao avaliar a utilização de fertilizantes, de microrganismos benéficos e a associação de ambos para a cultivar ‘Sampion’ sobre o porta-enxerto EM-9.

Para Cheng et al. (2004) e Porro et al. (2001), é perfeitamente normal a ausência de resposta do índice SPAD em relação a adubação nas duas primeiras safras de avaliação, principalmente em plantas lenhosas implantadas em solos ricos em nutrientes. A reutilização de nutrientes armazenados na própria planta também é frisada por estes autores.

Quanto à área foliar, segundo Palmer (1987), existe variabilidade na área foliar devido a diferenças de cultivares, idade das plantas, condições relacionadas a safras, locais e espaçamentos entre plantas, o que pode explicar a ausência de resposta à adubação nitrogenada para as condições deste estudo.

Milić et al. (2012) observaram efeito da adubação nitrogenada na cultivar ‘Golden Delicious Reinders®’, onde o N aumentou a frutificação efetiva, diferente do ocorrido neste estudo.

Figura 4 – Regressão linear do comprimento médio de ramos (A) e regressão quadrática do poder germinativo de pólen (B) da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022.



Fonte: O autor, 2022.

O poder germinativo de pólen (tabela 4 e figura 4B) aumenta com a adubação nitrogenada até 111 kg ha⁻¹ (ponto máximo da regressão quadrática), com um máximo de 27,7%. Após este ponto, a adubação diminui o poder germinativo do pólen, havendo uma queda de 11% do pólen sob a adubação de 200 kg ha⁻¹ quando comparado ao nível anterior de adubação.

Corroborando com os resultados obtidos neste estudo, Atasay et al. (2013) também observaram nas cultivares ‘Jerseymac’ e ‘Golden Delicious’ o aumento do número de pólen por planta, viabilidade e poder germinativo do pólen com a adubação nitrogenada em relação ao controle. Da mesma maneira, a maior dose de adubação nitrogenada deste estudo decresce o valor destas variáveis, indicando que tanto a ausência como o excesso de N prejudica a qualidade do pólen de macieira.

De maneira geral, o N utilizado pela planta entre a brotação e a floração vem do N acumulado na forma de reserva, que é utilizado para o crescimento

inicial da planta (NETO et al., 2008). Porém, o aumento da absorção de N aumenta os níveis de poliaminas (WITZELL et al., 2005), que estão envolvidas a divisão celular e morfogênese, como na emergência e alongamento do tubo polínico em plantas (DEL DUCA et al., 1997).

5.4 CONCLUSÕES

De acordo com as condições do estudo, conclui-se:

A adubação nitrogenada em duas safras não altera a produtividade e a massa dos frutos da macieira “Galaxy”.

A adubação nitrogenada aumenta o vigor da macieira ‘Galaxy’ de maneira linear.

A ausência e excesso de adubação nitrogenada prejudicam o poder germinativo do pólen da macieira ‘Galaxy’, tendo o seu melhor valor com uma adubação de 111 kg ha⁻¹ de N.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, P.F.S. **FRUTICULTURA Análise da Conjuntura**. Departamento de Economia Rural – DERAL PROGNÓSTICO 2020. Governo do Paraná. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA MAÇÃ. **MAÇÃ BRASILEIRA NO ANUÁRIO DE HORTI & FRUTI 2022**. Disponível em: <https://www.abpm.org.br/maca-e-tudo-de-bom/maca-brasileira-no-anuario-de-horti-fruti-2022>. Acesso em 17 de abril, 2022.
- ATASAY, A.; AKGÜL, H.; UÇGUN, K.; ŞAN, B. Nitrogen fertilization affected the pollen production and quality in apple cultivars “Jerseymac” and “Golden Delicious”. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science**, v. 63, n. 5, p. 460–465, 2013.
- BELTRÁN, R.; VALLS, A.; CABRIÁN, N.; ZORNOZA, C.; BREIJO, F. G.; ARMIÑANA, J. R.; GARMENDIA, A.; MERLE, H. Effect of temperature on pollen germination for several Rosaceae species: Influence of freezing conservation time on germination patterns. **PeerJ**, v. 7, p. e8195, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. Brasília, 2006. 9p. (Instrução Normativa, 5).
- CARVALHO, T.C.P. **Comportamento de algumas cultivares de Ameixeira Japonesa (*Prunus salicina*) quanto à polinização no Rio Grande do Sul**. 1989. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1989.
- CASTELO BRANCO, M. S.; NAVA, G.; ERNANI, P. R. Crescimento inicial, produção e qualidade de frutos de macieiras submetidas a irrigação e fertirrigação. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 1, p. 34-41, 2016.
- CHENG, L.; MA, F.; RANWALA, D. Nitrogen storage and its interaction with carbohydrates of young apple trees in response to nitrogen supply. **Tree Physiol.**, v. 24, p. 91-98, 2004.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 376p, 2016.

- DAUGAARD, H.; GRAUSLUND, J. Fruit color and correlations with orchard factors and post-harvest characteristics in apple cv. 'Mutsu'. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 74, p. 283–287, 2000.
- DE MACEDO, T. A.; DA SILVA, P. S.; SANDER, G. F.; WELTER, J. F.; RUFATO, L.; DE ROSSI, A. Productivity and quality of 'Fuji Suprema' apple fruit in different rootstocks and growing conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 256, p. 108651, 2019.
- DEL DUCA, S.; BREGOLY, A. M.; BERGAMINI, C.; SERAFINI-FRACASSINI, D. Transglutaminase-catalyzed modification of cytoskeletal proteins by polyamines during the germination of *Malus domestica* pollen. **Sex Plant Reprod.**, v.10, p. 89-95, 1997.
- EL-GAZZAR, A. A. M. Effect of fertilization with nitrogen, potassium and magnesium on Anna apples. Part 1. Effect of nitrogen fertilization. **Annals of Agricultural Science (Cairo)**, v. 3, p. 1145–1152, 2000.
- ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira.** / Paulo Roberto Ernani. – Lages: Graphel, 2003. 76 p.
- ERNANI, P. R.; DIAS, J. Soil nitrogen application in the spring did not increase apple yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 645-649, 1999.
- ERNANI, P. R.; DIAS, J.; BORGES, M. A aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 223-227, 2000.
- ERNANI, P.R., DIAS, J., VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.19, n.1, p.33-37, 1997.
- FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D.; PERVEY, F.J. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.868, p.49-60, 2010.
- FERGUSON, I.B.; BOYD, L.M. Inorganic nutrients and fruit quality. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio: Wiley Blackwell, 2002. p.17-45.
- GE, S.; ZHU, Z.; PENG, L.; CHEN, Q.; JIANG, Y. Soil Nutrient Status and Leaf Nutrient Diagnosis in the Main Apple Producing Regions in China. **Horticultural Plant Journal**, v. 4, n. 3, p. 89-93, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hpj.2018.03.009>.
- GENTILE, R. M.; BOLDINGH, H. L.; CAMPBELL, R. E.; GEE, M.; GOULD, N.; LO, P.; MCNALLY, S.; PARK, K. C.; RICHARDSON, A. C.; STRINGER, L. D. System nutrient dynamics in orchards: a research roadmap for nutrient

management in apple and kiwifruit. a review. **Agronomy For Sustainable Development**, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 42-64, 29 jun. 2022.

GOSH, S.; MANNA, S.; MATHEW, B. Effect of nitrogen and potassium fertilization on custard apple grown under rain fed laterite soils. **Journal of Environment and Ecology**, 2004, No. 22, pp. 144-147.

HANSEN, P. Yield components and fruit development in Golden Delicious apples as affected by the timing of nitrogen supply. **Scientia Horticulturae**, v. 12, p. 243–257, 1980.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos anuais**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em 10 julho de 2022.

MA, X.; FENG, J.; GUAN, H.; LIU, G. Prediction of chlorophyll content in different light areas of apple tree canopies based on the color characteristics of 3D reconstruction. **Remote Sensing**, v. 10, n. 3, p. 429, 2018.

MARSH, K.B.; VOLZ, R.K.; REAY, P. Fruit colour, leaf nitrogen level, and tree vigour in 'Fuji' apples. **New Zeal. J. Crop Hort. Sci.**, v. 24, p. 393–399, 1996.

MAŠÁN, V.; Burg, P.; Čížková, A.; Skoupil, J.; Zemánek, P.; Višacki, V. Effects of irrigation and fertigation on yield and quality parameters of 'Gala' and 'Fuji' apple. **Acta Univ. Agric. Et Silv. Mendel. Brun**, v. 66, p. 1183-1190, 2018.

MEDEIROS, A. R. M. **Efeito da temperatura controlada na germinação dos grãos de pólen e crescimento do tubo polínico em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 5., Pelotas, 1979. Anais...Pelotas, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1979. v.2, p. 407-416.

MILIĆ, B; CABILOVSKI, R.; KESEROVIC, Z.; MANOJLOVIC, M.; MAGAZIN, N.; DORIC, M. Nitrogen fertilization and chemical thinning with 6-benzyladenine affect fruit set and quality of golden delicious apples. **Scientia Horticulturae**, v. 140, p. 81–86, 2012.

MILOŠEVIĆ, T.; MILOŠEVIĆ, N. Apple fruit quality, yield and leaf macronutrients content as affected by fertilizer treatment. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 15, n. 1, p. 76-83, 2015.

MILOŠEVIĆ, T.; MILOŠEVIĆ, N.; MLADENOVIĆ, J. The influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizers on tree growth, yielding, fruit quality and leaf nutrient composition of apple cv. 'Golden Delicious Reinders'. **Scientia Horticulturae**, v. 297, p. 110978, 2022.

MILOŠEVIĆ, T.; MILOŠEVIĆ, N.; MLADENOVIĆ, J. Tree vigor, yield, fruit quality, and antioxidant capacity of apple (*Malus domestica* Borkh.) influenced

by different fertilization regimes: Preliminary results. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 43, n. 1, p. 48-57, 2019.

MIRANDA, J. M. S., CAVALCANTE, Í. H. L., OLIVEIRA, I. V. M., & LOPES, P. R. C. (Advances on apple production under semiarid climate: N Fertigation. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 27(10), 2015, p. 744-748. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-04-075>

MOHAMMAD SOKRI, S.; BABALAR, M.; BARKER, A. V.; LESANI, H.; ASGARI, M. A. Fruit Quality and Nitrogen, Potassium, and Calcium Content of Apple as Influenced by Nitrate: Ammonium Ratios in Tree Nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, n.10, p. 1619–1627, 2015.

MOTA, M. et al. Nutrient Content with Different Fertilizer Management and Influence on Yield and Fruit Quality in Apple cv. Gala. **Horticulturae**, v. 8, n. 8, p. 713, 2022.

NAVA, G.; CIOTTA, M. N. Viabilidade do uso do SPAD no diagnóstico do estado de nitrogênio na macieira 'Fuji'. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 12, n. 1, p. 13-20, 2013. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5187>. Acesso em: 21 ago. 2022.

NAVA, G.; NACHTIGALL, G. R. Avanços na nutrição de frutíferas temperadas. In: Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA TEMPERADA EM REGIÃO SUBTROPICAL, 7., 2017, Avaré, SP. **Anais...** Holambra: Holantec Consultoria em Fruticultura, 2017.

NAVA G.; NUERNBERG N.J., KATSURAYAMA, J.M.; WATANABE M. **Resposta da macieira cv Fuji à adubação nitrogenada e potássica**. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000. Pelotas. Rumos da ciência do solo para o desenvolvimento do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: resumos... Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado e Núcleo Regional Sul da Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2000.

NAVA, G.; BASSO, C.; NUENBERG, N.; MELO, G. W. B. de; NACHTIGALL, G. R.; SUZUKI. **A Fertilidade do solo e nutrição na Produção Integrada de Maçã**. Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 33, Bento Gonçalves, 2002, 15p.

NETO, C.; CARRANCA, C.; CLEMENTE, J.; DE VARENNES, A. Nitrogen distribution, remobilization and re-cycling in young orchard of non-bearing "Rocha" pear tree. **Scientia Horticulturae**, V. 118, p. 299-307, 2008.

PALMER, J. W. The measurements leaf area on apple tree. **The Journal of Horticultural Science**, London, v.62, n.1, p.5-10, 1987.

PETRI JL. 2006. Formação de flores, polinização e fertilização. In: **A Cultura da Macieira**. Epagri. Florianópolis, p. 229-260.

PETRI, J. L.; SEZERINO, A. A.; FENILI, C. L. Reaplicação de indutores de brotação na macieira cv. Fuji suprema. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452021165>

PORRO, D.; DORIGATTI, C.; STEFANINI, M.; CESCHINI, A. Use of spad meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. **Acta Horticulturae**, v. 564, p. 243–252, 2001.

ROBINSON, T. L. Interaction of fertilization, rootstock and irrigation on growth, thinning efficiency, yield and fruit quality of Empire apple. In: **V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants 721**. 2005. p. 41-48.

SALA, F.; ARSENE, G.; LORDANESCU, O.; BOLDEA, M. Leaf area constant model in optimizing foliar area measurement in plants: A case study in apple tree. **Scientia Horticulturae**, v. 193, p. 218-224, 2015.

SANCHEZ, J.E., EDSON, C.E., BIRD, G.W., WHALON, M.E., WILLSON, T.C., HARWOOD, R.R., KIZILKAYA, K., NUGENT, J.E., KLEIN, W., MIDDLETON, A., LOUDON, T.L., MUTCH, D.R., SCRIMGER, J. Orchard floor and nitrogen management influences soil and water quality and tart cherry yields. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 128, p. 277–284, 2003.

SETE, P. B.; COMIN, J. J.; CIOTTA, M. N.; SALUME, J. A.; THEWES, F.; BRACKMANN, A.; TOSELLI, M.; NAVA, G.; ROZANE, D. E.; LOSS, A. Nitrogen fertilization affects yield and fruit quality in pear. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v. 258, p. 108782, dez. 2019. Elsevier BV.

SOUZA, F.; ARGENTA, L. C.; NAVA, G.; ERNANI, P. R.; AMARANTE, C. V. T. Qualidade de maçãs ‘Fuji’ influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 1, p. 305-315, Março 2013.

STILES, W.C. Nitrogen management in the orchard. In: **Tree Fruit Nutrition**. PETERSON, A.B.; STEVENS, R.G. (eds.); Good Fruit Grower: Yakima, Wash., 41–50, 1994.

TAHIR, I. I.; JOHANSSON, E., OLSSON, M. E. Improvement of quality and storability of apple cv. Aroma by adjustment of some pre-harvest conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 112, p. 164–171, 2007.

TAN, B.Z.; CLOSE, D. C.; QUIN, P, R.; SWARTS, N. D. Nitrogen use efficiency, allocation, and remobilization in apple trees: uptake is optimized with pre-harvest N supply. **Front Plant Sci**, 2021, 12:657070. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.657070>

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TESSARO, T. Cenário brasileiro se mostra diversificado, Revista Campo & Negócio. **Anuário Hortifruti**, 2020, p. 68-69.

TOSELLI, M.; FLORE, J. A.; ZAVALLONI, C., MARAGONI, B. Nitrogen partitioning in apple trees as affected by application time. **Hort. Technol.**, v. 10, 136L, p. 141, 2000.

UCAR, Y. Effects of irrigation frequency on yield and quality parameters in apple cv 'Gala, Galaxy'. **Erwerbs-Obstbau**, v. 58, n. 3, p. 169-175, 2016.

YILDIRIM, F.; VURAL, E.; UÇAR, Y.; YILDIRIM, A. N. Interaction of crop load and irrigation on yield, fruit size, color and stem-end splitting ratio of apple cv 'Gala, Galaxy'. **Erwerbs-obstbau**, v. 58, n. 2, p. 103-111, 2016.

WITZELL, J.; KUUSELA, T.; SARJALA, T. Polyamine profiles of healthy and parasite infected *Vaccinium myrtillus* plants under nitrogen enrichment. **J Chem Ecol.**, v. 31, p. 561-675, 2005.

7 CAPÍTULO 2. ADUBAÇÃO NITROGENADA NA MAÇÃ 'GALAXY' AFETA OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS FRUTOS

7.1 INTRODUÇÃO

A cultura da macieira (*Malus domestica* Borkh.) é uma das mais importantes entre as frutas produzidas no Brasil, sendo que a produção está concentrada na região Sul do país, principalmente no estado de Santa Catarina. Além do consumo interno, também participa das exportações com mais de 35 mil toneladas, tendo movimentado mais de 27 milhões de dólares em 2022 (COMEXSTAT, 2022). Suas propriedades de sabor bem como benefícios à saúde fazem com que a maçã seja uma das frutas mais consumidas globalmente (BOYER; LIU, 2004) e assim, impacta no desenvolvimento econômico da região.

Em relação à adubação, a quantidade recomendada para cada ano varia de 0 a 50 kg ha⁻¹ para N (NAVA; DECHEN, 2009). No entanto, as recomendações de fertilizantes para as regiões com produção em rápida expansão carecem de novos estudos, resultando em agricultores aplicando grandes quantidades de fertilizantes inorgânicos para garantir altos rendimentos (GE et al., 2018).

Sabe-se que alguns atributos de qualidade do fruto são influenciados pelo fornecimento de N (YE, ABE, ZHANG, 2020). 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).

A qualidade nutricional dos frutos bem como alguns distúrbios fisiológicos possui ligação com a composição mineral do fruto (GOSH; MANNA; MATHEW. 2004). Excesso de N no pomar está relacionado a frutos verdes, enquanto menores teores promovem aspectos como a coloração dos frutos (TROMP; WERTHEIM, 2005). Além disso, os critérios de tamanho de fruto e coloração também fazem parte para classificar as frutas em diferentes categorias (MAPA, 2006), agregando ainda mais valor e contribuindo para maior rentabilidade do pomar.

Como o efeito do N na fixação e no tamanho dos frutos é exatamente oposto ao da cor do fruto, firmeza da polpa e qualidade de armazenamento, o manejo do N no pomar deve ser otimizado para equilibrar esses efeitos opostos com o objetivo final de produzir alto rendimento de frutos de qualidade (CHENG, 2010).

Ao desenvolver um programa de fertilização nitrogenada, o N em relação a demanda-oferta de macieiras deve ser levada em consideração (CHENG, 2010). Assim, este estudo tem como objetivo a avaliação físico-química dos frutos de maçã submetidos à diferentes doses de N na plena florada e na pós-colheita durante as safras de 2021 e 2022.

7.2 METODOLOGIA

7.2.1 Descrição do local

O experimento foi conduzido no município de Correia Pinto-SC, em um pomar comercial instalado sobre um Cambissolo Húmico, coberto com tela antigranizo de cor preta.

Tabela 5 - Análise do solo anterior a instalação do experimento (2020).

Lages, 2022.

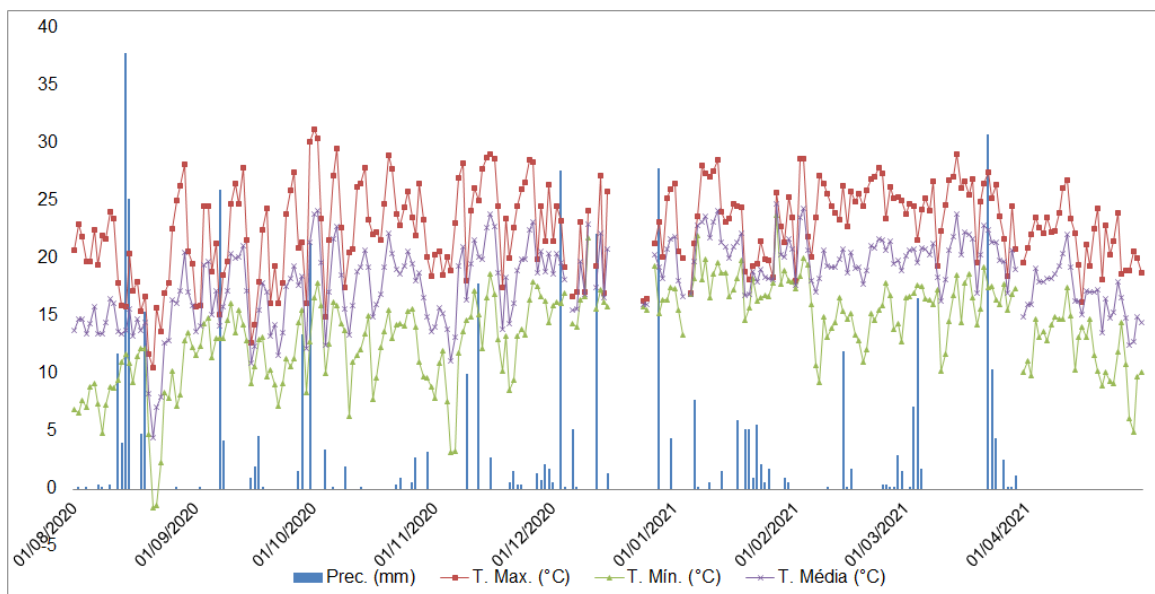
Atributo	Pomar
pH (água)	6
P (mg/kg ⁻¹)	10
K (mg/kg ⁻¹)	170
Argila (%)	42
M.O (%)	4,5

Fonte: O autor, 2022

O pomar está localizado a cerca de 900 metros acima do nível do mar. O clima de Correia Pinto, conforme a classificação de Köppen é do tipo Cfb: temperado úmido, com uma pluviosidade significativa longo do ano, mesmo o mês mais seco, com 111 mm no mês de abril. A pluviosidade média anual é 1887 mm, onde o mês de janeiro é o com maior precipitação, apresentando uma média de 218 mm. A temperatura média anual em Correia Pinto é 16,2 °C,

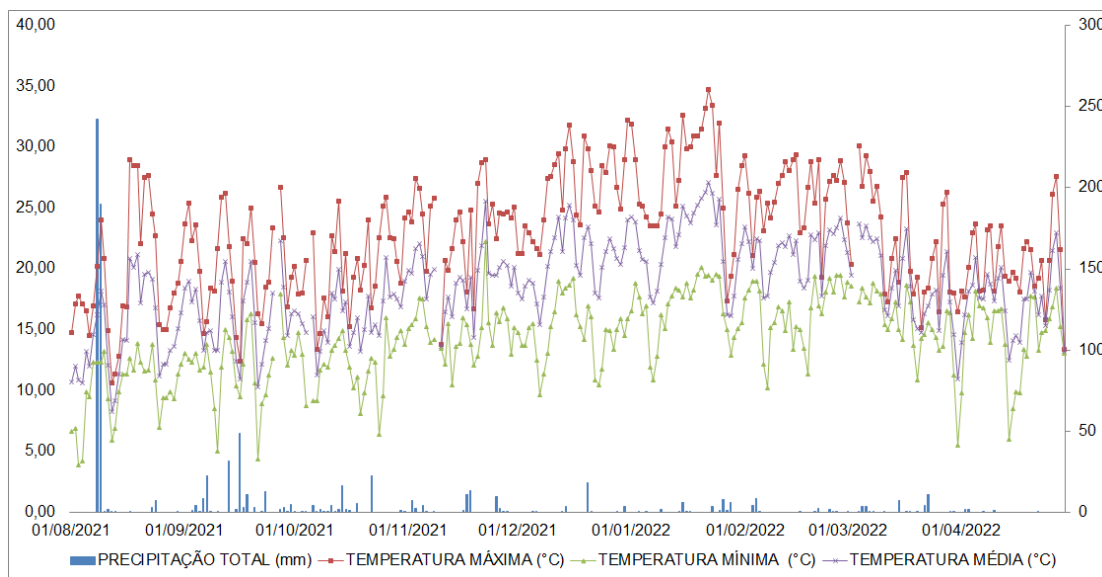
o mês de janeiro é o mês mais quente do ano com média de 20,3°C contra 11,4 °C de temperatura média em julho (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

Figura 5 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2020/2021. Lages-SC, 2022



Fonte: Adaptado de INMET (2022).

Figura 6 - Precipitação diária, temperatura máxima, mínima e média da safra 2021/2022. Lages-SC, 2022.



Fonte: Adaptado de INMET (2022).

Antes da implantação do pomar conforme a análise do solo (tabela 5), foi aplicado calcário na dose necessária para elevar o pH até 6,5, e fertilizantes contendo fósforo e potássio, de maneira a elevar seus teores no solo a níveis satisfatórios, de acordo com o indicado pelo manual de adubação e calagem (CQFS-RS/SC, 2016). Anualmente são realizadas as adubações de manutenção (nitrogênio e potássio).

Os dados climáticos, precipitação diária (mm), temperatura máxima diária (°C), temperatura mínima diária (°C) e temperatura média diária (°C) foram coletados no arquivo de dados históricos das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022). Foram utilizados os dados da estação de Lages/SC (Código WMO: A865; 27°80'22"S e 50°33'55"O, altitude 952,7 m), devido ao fato de ser a estação de maior proximidade ao local do experimento.

7.2.2 Características dos tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por doses crescentes de N (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), aplicadas anualmente na forma de ureia, sobre a área da projeção da copa das árvores. Metade de cada dose foi aplicada imediatamente após o término da colheita e a outra metade no início do ciclo vegetativo, por ocasião da plena floração.

Plantas da cultivar 'Galaxy' enxertadas sobre o porta-enxerto Marubakaido com filtro de porta-enxerto EM-9, implantadas em 2015, em sistema de condução de líder central, em um espaçamento de 1,5 x 4,5 m, perfazendo uma densidade de 1480 plantas por hectare, cujas polinizadoras são mudas das cultivar Fuji, plantadas em filas alternadas.

Os tratos culturais (poda de inverno, aplicação de fungicidas, inseticidas e herbicidas, raleio dos frutos e fitorreguladores) não diferenciaram entre os tratamentos e fazem parte das recomendações técnicas para a produção integrada da macieira (PIM).

Na colheita, foram coletadas duas amostras com 200 frutos, colhidos de forma aleatória, de cada bloco. sendo que uma delas foi acondicionada em caixas plásticas e armazenadas durante oito meses em câmaras frigoríficas

(1,2 kPa de O₂ + 0,5 kPa de CO₂; -0,5 ± 0,1 °C e umidade relativa de 97%) para a avaliação da composição química e de parâmetros relacionados com a qualidade e capacidade de conservação dos frutos.

As avaliações foram feitas uma semana após a colheita e uma semana após o término do armazenamento, de 240 dias.

7.2.3 Análises físico-químicas dos frutos

As avaliações físico-químicas foram realizadas segundo a metodologia de Amarante et al. (2010), utilizando 20 frutos escolhidos aleatoriamente de cada bloco.

O teor de sólidos solúveis totais (o Brix) foi quantificado com o uso de refratômetro digital (PR 201α, Atago, Japan), sendo realizada a leitura direta do suco extraído dos frutos.

A acidez titulável (% de ácido málico) foi quantificada através da titulação do suco dos frutos diluído água destilada na proporção de 1:9, utilizando um titulador automático (Tíro Line Easy, Schott Instruments, Germany) com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹, até alcançar o pH 8,1 da solução. O resultado da titulação foi multiplicado pelo equivalente em ácido málico.

A firmeza da polpa foi medida com o uso de penetrômetro modelo Effegi, munido de ponteira de 11,1 mm, sendo retirada uma pequena porção da casca em duas regiões opostas da porção equatorial do fruto, para ser realizada a avaliação.

O índice de amido foi avaliado numa escala de 1 (toda a superfície corada com iodo, correspondendo à predominância de amido e fruto imaturo) a 5 (toda a superfície não corada com iodo, correspondendo à predominância de açúcares solúveis e fruto totalmente maduro). O fruto foi cortado pela região equatorial e imergindo a superfície cortada da metade do fruto em solução de iodo (12 g de iodo metálico + 24 g de iodo de potássio/1 L de água destilada).

7.2.4 Análise da coloração dos frutos

A cor da epiderme e a intensidade de cor vermelha foram determinadas pela metodologia de Brackmann et al., 2017, utilizando-se um colorímetro eletrônico que efetua a leitura da cor em escala tridimensional $L^*C^*h^{0*}$ (CIELAB). O “ L^* ” representa a luminosidade (varia do preto ao branco), cromaticidade “ C^* ” representa a intensidade ou saturação de cor, possuindo valor zero no centro do esquema tridimensional e aumentando à medida que se afasta do centro. O valor hue (h^0) é definido pelo ângulo de localização da cor no diagrama, mostrando a tonalidade da cor, no qual o ângulo 0^0 representa o vermelho puro; 90^0 representa o amarelo puro; 180^0 o verde puro e 270^0 o azul. Dessa forma frutos ainda verdes apresentam valores de h^0 superiores a 90^0 e à medida que vão amadurecendo, com a degradação da clorofila esses valores vão diminuindo.

O índice de cor vermelha (ICV) (HUNSCHE et al., 2003) foi determinado através de uma escala com índices de 1 a 4, em que o índice 1 indicou uma superfície pigmentada de vermelho equivalente de 0 a 25% da superfície total do fruto, o índice 2 de 26 a 50%, o índice 3 de 51 a 75% e o índice 4 de 76 a 100% da superfície total do fruto pigmentada de vermelho. O índice foi calculado pelo somatório dos produtos do número de frutos pela sua respectiva nota, dividido pelo total de frutos da amostra.

7.2.5 Análise fisiológica dos frutos

De acordo com a metodologia adaptada de Steffens et al. (2021), a produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e a atividade respiratória ($\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) dos frutos foram avaliadas em amostras de 15 frutos coletados aleatoriamente das unidades experimentais em cada bloco, totalizando 60 frutos por tratamento. Os frutos foram acondicionados hermeticamente em recipientes de vidro de 5 litros. Três horas após o fechamento dos vidros, foram coletadas duas amostras gasosas de cada vidro, com seringa plástica, para quantificação da produção de etileno, através de cromatografia gasosa. Essas amostras foram então injetadas em um cromatógrafo a gás (Clarus 580, Perkin

Elmer, EUA), equipado com uma coluna Porapak N de 3 m de comprimento (80–100 mesh) e um detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector e do injetor foram de 70, 250 e 130 °C, respectivamente. Os fluxos de N, hidrogênio e ar sintético foram 70, 30 e 300 mL·min⁻¹, respectivamente.

Logo a seguir foi determinada a pressão parcial de CO₂ dentro de cada recipiente, com um analisador eletrônico de gases de fluxo contínuo (Schelle, Alemanha), o qual possibilita calcular a respiração dos frutos com a circulação de CO₂ em circuito fechado.

A presença de distúrbios fisiológicos como “bitter pit” foi avaliada pela metodologia de Miqueloto et al. (2011), determinada pela contagem de frutos com a presença do distúrbio, e os resultados foram expressos em porcentagem.

7.2.6 Análise mineral dos frutos e folhas

Outra amostra contendo vinte frutos aleatórios de cada bloco foi utilizada para a avaliação da concentração química de alguns nutrientes tanto na epiderme quanto na polpa dos frutos (adaptado de AMARANTE et al., 2006; TEDESCO et al., 1995). A epiderme do fruto foi retirada com uma faca, na menor espessura possível, de maneira que não houvesse polpa juntamente a epiderme. Da polpa, foi retirada uma fatia em forma de triângulo, sendo a base na epiderme, com 1,0 cm, e o ápice no carpelo.

Ambas as partes (3,0 g de amostra para a polpa e 2,0 g de amostra para a epiderme) foram digeridas com uma mistura de 2 ml de ácido sulfúrico e 3 de peróxido de hidrogênio, em bloco digestor. A temperatura inicial foi de 150°C, sendo elevada gradativamente de 50 em 50°C a cada dez minutos até atingir a temperatura final de 350°C. A partir desse momento, as amostras foram mantidas no bloco digestor por três horas, sendo que, na metade desse tempo, foram acrescentados 3 ml de peróxido de hidrogênio em cada tubo. Ao término do processo de digestão, as amostras foram retiradas do bloco digestor e, após resfriarem, tiveram o volume completado para 20 ml com água destilada. O N foi determinado pelo método semimicro-Kjeldahl, cálcio, potássio e magnésio

foram determinados por espectrofotometria de emissão induzida por plasma. As concentrações dos nutrientes foram expressas em mg kg^{-1} de massa fresca.

Amostras de folhas foram coletadas anualmente, no início de fevereiro. Foram coletadas quinze folhas por planta, com pecíolo, da parte mediana dos ramos emitidos no ano. As folhas foram secadas em estufa (65°C) até peso constante. Posteriormente, subamostras com 0,200 g foram digeridas com uma mistura de 2 ml de ácido sulfúrico concentrado e 5 ml de peróxido de hidrogênio (30%), a quente. As análises minerais ocorreram igualmente ao citado para análise dos frutos.

7.2.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro blocos. Cada parcela é constituída por dez plantas, distribuídas ao longo da fila de plantio, das quais somente as oito centrais foram utilizadas para as avaliações daquele tratamento.

Os dados foram submetidos a análise da normalidade da distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, sendo que os dados que não apresentaram normalidade na sua distribuição foram submetidos a transformação de $\sqrt{x + 1}$, onde x é a média obtida de cada variável. Os dados de porcentagem foram submetidos a transformação do arcosen $\sqrt{(x - 100)}$.

Os dados então atendendo aos pressupostos exigidos, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a análise de regressão polinomial. Todas as análises estatísticas utilizaram a significância ($\alpha = 0,05$), através do programa SISVAR 5.6®.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a tabela 6, os atributos de coloração (Luminosidade, Cromaticidade e o ângulo hue°), tanto do lado mais vermelho e do lado menos vermelho na safra 2020/2021, não foram afetados pela adição de diferentes doses de N ao solo.

Esse mesmo resultado também ocorreu em outros trabalhos com diferentes cultivares de maçã (ERNANI et al., 2008; ROUSSOS & GASPARATOS, 2009; HAN et al., 2011; LI-ZHI et al., 2012; MIRANDA et al., 2015).

Tabela 6 – Parâmetros de coloração de frutos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.

	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)				Pr>F	L	Q	CV (%)
	0	50	100	200				
<i>Safra 2020/2021</i>								
Luminosidade	46,2	46,0	45,5	49,2	0,12	-	-	4,58
Cromaticidade	34,4	36,4	36,0	36,6	0,17	-	-	3,87
Ângulo <i>hue</i> ^o	35,3	34,0	34,8	38,7	0,23	-	-	8,95
Luminosidade**	66,5	65,8	65,7	67,6	0,67	-	-	3,75
Cromaticidade**	34,5	34,2	34,2	34,0	0,97	-	-	4,04
Ângulo <i>hue</i> ^{o**}	77,3	72,5	73,1	76,9	0,74	-	-	10,37
Índice de Cor Vermelha	3,0	3,0	3,3	3,0	0,31	-	-	8,36
<i>Safra 2021/2022</i>								
Luminosidade	38,8	27,1	27,8	27,5	0,01*	0,01*	0,01*	8,97
Cromaticidade	36,0	36,2	34,9	33,6	0,03*	0,01*	0,60	3,35
Ângulo <i>hue</i> ^o	25,9	42,0	40,8	41,1	0,01*	0,01*	0,01*	3,39
Luminosidade**	60,97	57,5	52,6	44,6	0,14	-	-	17,41
Cromaticidade**	36,3	36,5	34,6	33,8	0,05	-	-	3,87
Ângulo <i>hue</i> ^{o**}	52,6	63,1	61,2	55,3	0,30	-	-	7,35
Índice de Cor Vermelha	3,6	3,5	3,4	3,4	0,03*	0,03*	0,03*	2,78

L = regressão linear; Q = regressão quadrática; *Significante a 5% de probabilidade de erro; **lado menos vermelho do fruto.

Fonte: O autor, 2022.

Já na safra 2021/2022 a cor da epiderme no lado mais vermelho foi afetada pelo aumento das doses de N, havendo um decréscimo no valor de luminosidade (tabela 6). Os frutos produzidos sem a adição de N ao solo tiveram o valor médio de 38,8, tendo um comportamento quadrático ($R^2= 0,86$), e decrescendo até o ponto mínimo do valor de luminosidade do fruto na dose de 135 kg ha⁻¹ (Figura 8A).

Para o fator cromaticidade (figura 8B), que trata da concentração de cor, a adição de N ao solo decresceu o valor de cromaticidade de maneira linear

($R^2 = 0,91$). A diminuição dos valores de luminosidade e cromaticidade resultam na diminuição da coloração vermelha do fruto, o que implica a diminuição da coloração vermelha pela adição de N ao solo na safra 2021/2022.

Neilsen, Neilsen e Herbert (2009) também verificaram que a coloração de maçãs diminui à medida que o N é aumentado. Altas doses de N têm sido frequentemente associadas à redução da cor vermelha (NEILSEN E NEILSEN, 2003).

Os valores de hue° e o índice de coloração vermelha foram influenciados significativamente pelo aumento das doses de N na safra 2021/2022 (Tabela 6). O ângulo hue° trata da tonalidade da cor, sendo que quanto menor o ângulo hue° , mais vermelho o fruto.

A adição de N ao solo aumentou o valor do ângulo hue° em um comportamento quadrático ($R^2 = 0,84$), com o seu valor máximo de acordo com a regressão quadrática, na dose de 134 kg ha^{-1} (Figura 8C).

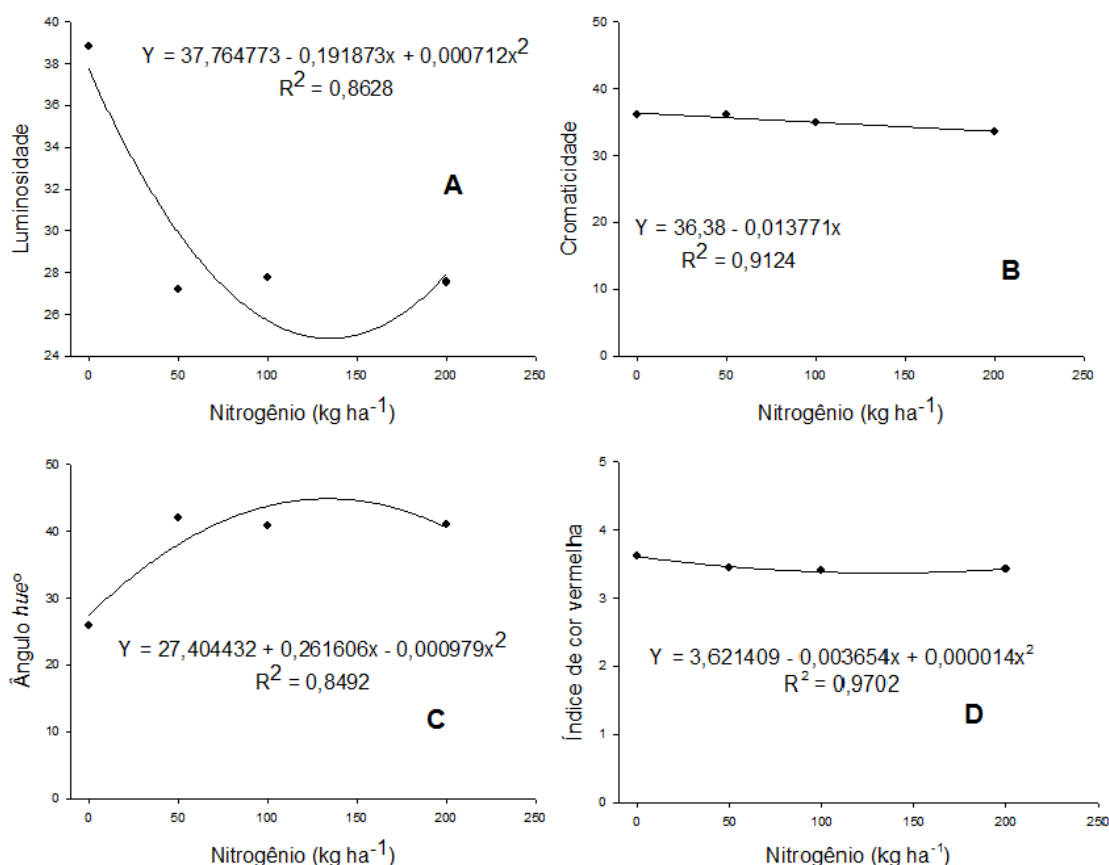
Este resultado é similar ao observado por Nava et al. (2007) na cultivar Fuji na mesma região deste estudo, onde o aumento da dose de adubação nitrogenada aumentou o valor do ângulo hue° . Da mesma forma ocorreu um decréscimo no ICV com aumento das doses de N. O ponto mínimo do valor de índice de cor vermelha está na dosagem de 131 kg ha^{-1} , de acordo com a regressão quadrática (Figura 8D).

O menor ICV nos frutos ocorreu na dose mais alta de N estando relacionada ao maior crescimento vegetativo proporcionado pela adubação nitrogenada, que reduz a incidência de radiação no interior das plantas e assim o acúmulo de antocianinas nos frutos (JOHNSON, 1996; FALLAHI, 2000; ERNANI, 2003; NAVA et al., 2007; SOUZA et al., 2013).

Teores de N acumulados elevados favorecem o aumento de clorofila e reduzem a revelação de antocianinas nos frutos (FERGUSON; BOYD, 2002). Logo, o N elevado prejudica a coloração do fruto, que juntamente com o tamanho, é um dos fatores de qualidade mais importantes que determinam o destino da produção do fruto e a aceitação do consumidor (DE ANGELIS; SÁNCHEZ; TOGNETTI, 2011).

De acordo com Daugaard; Grauslund (2000) a aplicação de N ao solo realizadas 45 dias após a plena floração da planta implica em um crescimento dos frutos e desenvolvimento vegetativo, porém a diminuição da coloração dos frutos. Este estudo não teve a adubação realizada nesta época, porém se sabe que há uma alta disponibilidade do nutriente na fração orgânica do solo onde foi realizado o estudo.

Figura 7 – Valores de luminosidade (A), cromaticidade (B), ângulo hue^o (C) e índice de cor vermelha de frutos (D) da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022. Lages/SC, 2022



Fonte: O autor, 2022.

Os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e firmeza de polpa não foram influenciados pela adubação nitrogenada em nenhuma das safras avaliadas (tabela 7).

Estes resultados corroboram com os encontrados por MILOŠEVIĆ, MILOŠEVIĆ (2015), onde não se justificou a utilização de adubação para a

melhoria das características físico-químicas dos frutos das cultivares 'Idared' e 'Melrose'. A adubação nitrogenada também não afetou a acidez dos frutos da cultivar 'Fuji' em solos da região com teor de matéria orgânica similar (NAVA et al., 2007).

Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos de frutos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.

	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)				Pr>F	L	Q	CV (%)
	0	50	100	200				
<i>Safra 2020/2021</i>								
Sólidos solúveis (°Brix)	10,8	11,0	10,6	11,2	0,06	-	-	2,59
Acidez titulável (% Ác. Málico)	0,29	0,33	0,32	0,29	0,20	-	-	10,48
Firmeza de polpa (N)	82,1	81,0	81,2	80,7	0,93	-	-	5,81
Índice iodo-amido	4,1	4,2	4,2	4,8	0,01*	0,01*	0,06	1,51
A. R. (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)	200,1	249,3	241,8	241,5	0,01*	0,02*	0,01*	9,37
Etileno (pmol C ₂ H ₄ kg ⁻¹ s ⁻¹)	81,6	106,6	129,7	105,6	0,01*	0,10	0,01*	10,55
Incidência de bitter pit (%)	1,36	1,40	1,29	1,36	0,42	-	-	6,78
<i>Safra 2021/2022</i>								
Sólidos solúveis (°Brix)	11,2	11,3	11,4	11,3	0,90	-	-	3,86
Acidez titulável (% Ác. Málico)	0,15	0,15	0,17	0,14	0,14	-	-	10,52
Firmeza de polpa (N)	80,4	76,2	74,2	79,5	0,09	-	-	4,35
Índice iodo-amido	3,8	4,3	4,7	4,8	0,01**	0,01*	0,09	7,97
A. R. (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)	116,6	114,7	128,0	166,7	0,01*	0,01*	0,02*	3,77
Etileno (pmol C ₂ H ₄ kg ⁻¹ s ⁻¹)	129,8	138,5	141,9	145,6	0,92	-	-	30,43
Incidência de bitter pit (%)	0	0	0	0	0	-	-	-

L = regressão linear; Q = regressão quadrática; A. R.= Atividade respiratória; *Significante a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor, 2022.

Porém, diferente do observado neste estudo, a cultivar 'Fuji' na mesma região e classificação de solo tem seu teor de sólidos solúveis diminuídos pela adubação nitrogenada (SOUZA et al., 2013). Um dos motivos desta resposta acontecer é a redução do teor de sólidos solúveis devido a diluição, causada pelo aumento do tamanho dos frutos e/ou aumento da competição entre frutos e brotações por fotoassimilados (FERGUSON; BOYD, 2002).

Drake et al. (2002) também não encontraram qualquer efeito da adição de N ao solo na cor, firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez titulável. O mesmo resultado foi evidenciado por Ernani et al. (2008), onde avaliaram o efeito da adição de N ao solo em um pomar de Royal Gala conduzido sob alta densidade e com porta-enxerto anão.

FALLAHI et al. (2018) não observaram alteração da firmeza da polpa nem outras alterações nos frutos em função do aumento da adubação nitrogenada. Isso pode estar relacionado à uma maior disponibilidade desse nutriente no solo ou devido a ocorrência de outros fatores climáticos limitantes da qualidade dos frutos. Entretanto, a adição de N no solo diminuiu a firmeza de polpa da macieira em diversos estudos (RAESE & DRAKE 1997; NEILSEN et al., 1999; NAVA et al., 2007).

Os efeitos da adição de N na maioria dos atributos de qualidade de frutos macieira obtidos no mundo inteiro, varia de acordo as condições experimentais, tipo de solo, pH, matéria orgânica, cultivar e clima (ERNANI et al., 2008). Os efeitos da adubação nitrogenada também estão muito relacionados a diluição dos sólidos solúveis e acidez titulável, o que não ocorreu neste estudo pela ausência de resposta a adubação no incremento do tamanho dos frutos (dados presentes na tabela 3 do artigo 1).

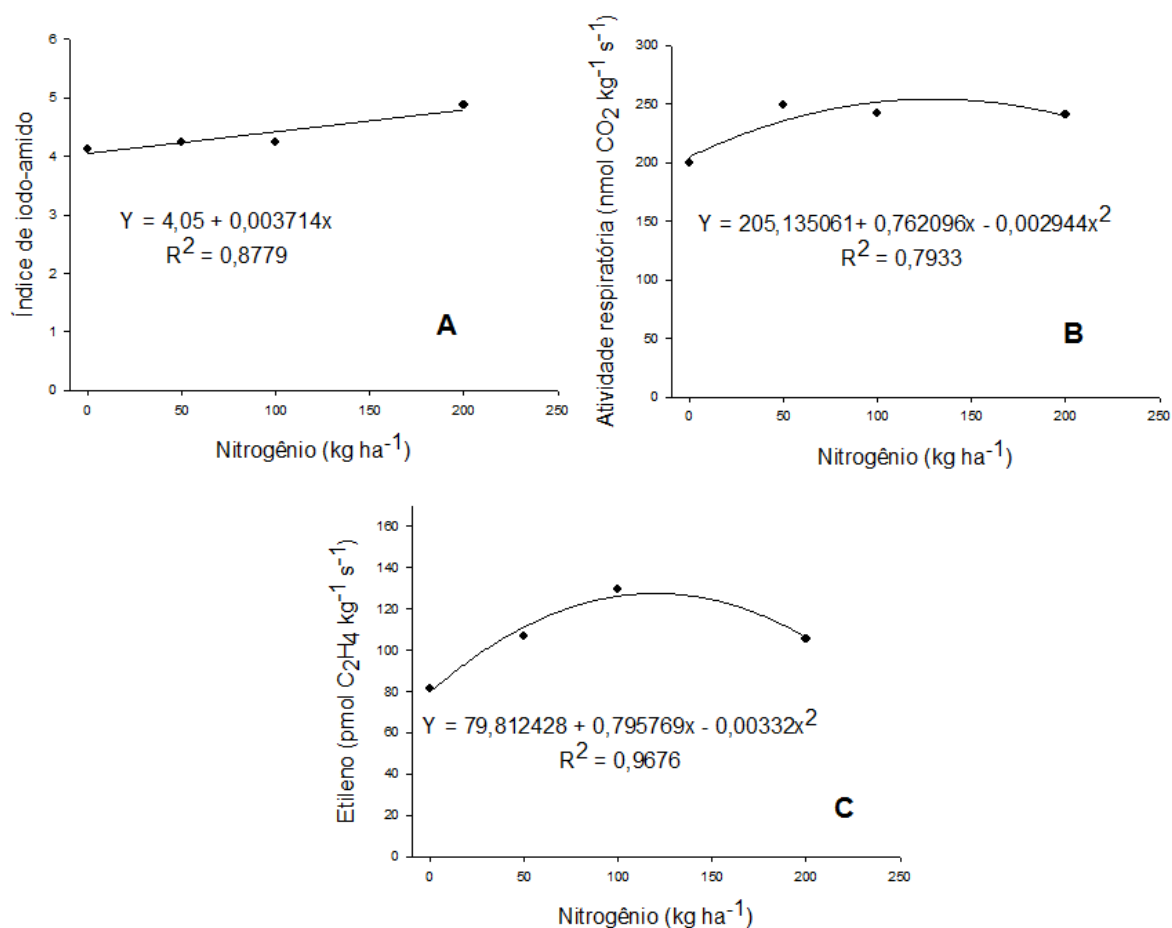
O índice de iodo-amido aumentou (redução do teor de amido), com o aumento das doses de N aplicadas no pomar em ambas as safras (Tabela 7). Nas duas safras a resposta do índice de iodo-amido a adubação nitrogenada foi similar, onde houve um comportamento linear crescente do índice de iodo-amido em relação a dose de N acrescida ao solo (figura 9A e figura 10A).

Também foi observado que a adubação com doses maiores de N aumentou o índice de iodo-amido em maçãs 'cv Fuji' (RAESE & DRAKE, 1997; SOUZA et al., 2013) e o mesmo em maçãs 'cv Gala' (NEILSEN; NEILSEN; HALL, 2000; WANG & CHENG, 2011).

O acúmulo do amido no fruto é fortemente influenciado pela interação entre a adubação nitrogenada e as condições climáticas da safra (GAWEDA & BEN, 2010; MILIC et al., 2012). A degradação do amido é mais acelerada e a maturação de maçãs é antecipada quando as plantas se desenvolvem em altas

concentrações de N no período final de maturação (LITTLE & HOLMES, 2000; NEILSEN et al., 2006).

Figura 8 – Valores do índice iodo-amido, atividade respiratória e produção de etileno de frutos da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2020/2021. Lages/SC, 2022.



Fonte: O autor, 2022.

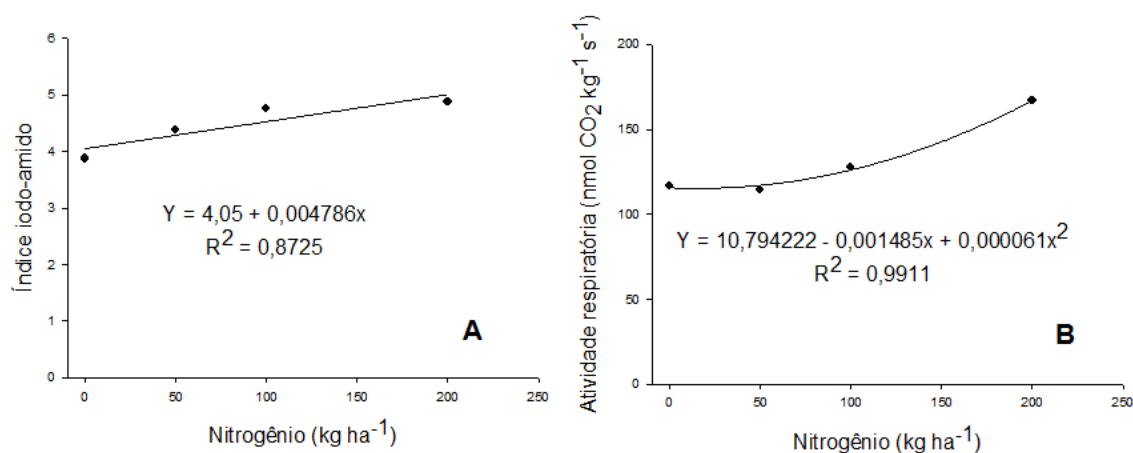
Houve efeito significativo da adubação nitrogenada na atividade respiratória dos frutos da macieira ‘Galaxy’ nas duas safras, sendo que em ambas as safras a sua resposta a adubação teve um comportamento quadrático (tabela 9).

Na safra 2020/2021 a atividade respiratória tem seu menor valor na ausência de adubação, com este valor crescendo até o seu máximo na dose de 129 kg ha^{-1} , de acordo com a função quadrática ($R^2 = 0,79$) (Figura 9B).

A adubação nitrogenada afetou significativamente a taxa de produção de etileno somente na safra 2020/2021 (figura 9C). A resposta teve um comportamento quadrático ($R^2 = 0,96$), com o valor do etileno no fruto sendo menor na ausência de adubação, chegando ao máximo absoluto da produção de etileno pelo fruto na dose de 120 kg ha^{-1} .

Na safra 2021/2022 o comportamento da atividade respiratória dos frutos (figura 10B) é representado por uma função quadrática com sua concavidade para cima ($R^2 = 0,99$), de maneira diferente ao comportamento da safra anterior. Entretanto, a resposta é similar, com o menor valor da atividade respiratória estando próxima a ausência de adubação nitrogenada. O seu mínimo absoluto na dose de 12 kg ha^{-1} , posteriormente tendo um comportamento crescente de acordo com o aumento da dose de N.

Figura 9 – Valores do índice de iodo-amido e atividade respiratória de frutos da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2021/2022. Lages/SC, 2022.



Fonte: O autor, 2022.

Altos teores de N aumentam a produção de etileno e elevam a atividade respiratória, onde conseqüentemente os frutos poderão desenvolver alguma desordem fisiológica durante o armazenamento (FALLAHI, 2000).

Entretanto, Sete et al. (2019) relata que normalmente altas doses de N no solo retardam a maturação dos frutos, diminuindo a taxa respiratória e amadurecimento (etileno). Este mesmo autor observou o mesmo

comportamento que o visto neste em estudos, em pereiras da cultivar 'Rocha' na mesma região deste estudo.

Fallahi (1985) e Kaack; Pedersen (2014) observaram que o aumento da oferta de N para a macieira está correlacionado ao aumento da produção de etileno nos frutos. O aumento da taxa de produção de etileno acaba resultando no aumento da atividade respiratória dos frutos. Fica claro que neste estudo o acréscimo de N ao solo acelerou a maturação dos frutos, conseqüentemente aumentando a atividade respiratória e taxa de produção de etileno destes.

Nas duas safras, a adubação nitrogenada não afetou significativamente a incidência de "Bitter pit", sendo que na safra 2021/2022 não houve incidência nos frutos deste problema (tabela 7). Amarante et al. (2011), estudando fatores de susceptibilidade ao 'bitter pit' em maçãs "Fuji" verificaram que baixos teores de Cálcio na casca ($< 240 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria fresca). Na cultivar 'Gala' Amarante et al, (2006), verificaram que além de baixos teores de Ca na casca e na polpa também altos teores de K na casca são favoráveis ao distúrbio, o que não se observa neste estudo.

A adubação nitrogenada não teve efeito significativo nos teores de N, potássio e magnésio na casca dos frutos, bem como os teores de N e cálcio na polpa dos frutos na safra 2020/2021 (tabela 8).

Estes resultados corroboram com os encontrados por Mota et al. (2022), onde diferentes estratégias de adubação (adubação convencional de acordo com as regras da produção integrada de maçã de Portugal, a adubação convencional dobrada e adubação convencional com adubação orgânica) não alteraram os teores de macronutrientes nos frutos da cultivar "Gala".

Na safra seguinte, a adubação nitrogenada novamente não teve efeito significativo nos teores de N e potássio na casca dos frutos. Nesta safra, nenhum dos minerais avaliados na polpa dos frutos teve efeito significativo pela adição de N ao solo (tabela 8).

A adubação nitrogenada diminuiu o teor de cálcio na casca dos frutos, com este mineral tendo uma resposta quadrática a adubação ($R^2 = 0,96$), sendo o maior valor avaliado na ausência de adubação, com este valor decrescendo até o mínimo calculado pela regressão múltipla de 137 kg ha^{-1} de N (tabela 8 e figura 11A).

Tabela 8 – Valores dos minerais dos frutos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.

	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)				Pr>F	L	Q	CV (%)
	0	50	100	200				
<i>Safra 2020/2021</i>								
Casca								
N (mg kg ⁻¹)	245,2	147,2	241,9	202,0	0,16	-	-	29,7
Ca (mg kg ⁻¹)	390,3	337,8	291,7	311,8	0,04*	0,03*	0,04*	12,9
K (mg kg ⁻¹)	977,2	968,1	976,8	1055,2	0,87	-	-	17,5
Mg (mg kg ⁻¹)	408,5	350,1	258,7	347,6	0,05	-	-	18,8
Polpa								
N (mg kg ⁻¹)	218,8	269,6	253,7	263,0	0,85	-	-	35,1
Ca (mg kg ⁻¹)	35,7	37,7	43,0	36,5	0,43	-	-	17,2
K (mg kg ⁻¹)	591,3	642,0	782,4	582,0	0,01*	0,91	0,01*	11,1
Mg (mg kg ⁻¹)	28,6	28,5	32,1	32,8	0,01*	4,16	4,16	4,2
<i>Safra 2021/2022</i>								
Casca								
N (mg kg ⁻¹)	287,7	250,0	308,3	311,3	0,59	-	-	23,8
Ca (mg kg ⁻¹)	417,8	352,8	310,7	298,1	0,01*	0,03*	0,07	12,1
K (mg kg ⁻¹)	1101,2	1043,3	979,6	1049,1	0,89	-	-	9,4
Mg (mg kg ⁻¹)	512,6	500,5	393,9	383,3	0,01*	0,01*	0,32	12,2
Polpa								
N (mg kg ⁻¹)	283,8	298,9	318,0	285,9	0,88	-	-	22,6
Ca (mg kg ⁻¹)	32,8	48,7	40,5	35,9	0,07	-	-	19,5
K (mg kg ⁻¹)	707,9	743,7	844,5	836,2	0,67	-	-	24,0
Mg (mg kg ⁻¹)	24,3	27,0	26,5	28,5	0,28	-	-	10,8

L = regressão linear; Q = regressão quadrática; *Significante a 5% de probabilidade de erro.

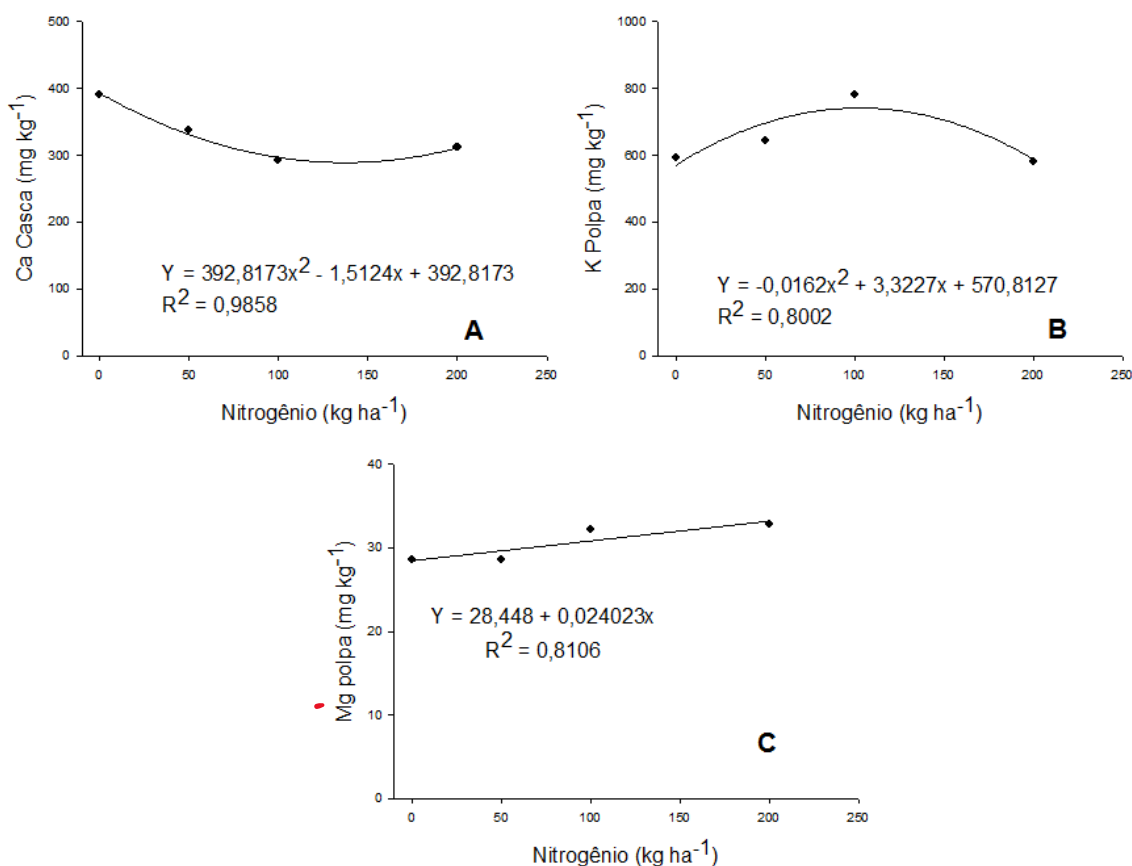
Fonte: O autor, 2022.

A adição de N ao solo reflete no crescimento vegetativo, gerando uma competição entre os frutos e folha pelo Ca. Havendo uma maior transpiração nos frutos em relação as folhas, principalmente na epiderme, isto acaba resultando em menores teores de Ca na casca onde houve maiores doses de N na adubação realizada (FALLAHI, et al. 2006).

O teor de potássio na polpa dos frutos respondeu de maneira quadrática a adubação nitrogenada ($R^2 = 0,80$). O valor máximo de potássio na polpa dos

frutos se encontra na dose de 103 kg ha⁻¹ de N, onde a ausência e o excesso (200 kg ha⁻¹) diminuem o teor de mineral na polpa dos frutos (figura 11B).

Figura 10 – Teores de cálcio na casca, potássio e magnésio na polpa de frutos da cultivar ‘Galaxy’ em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo na safra 2020/2021. Lages/SC, 2022.



Fonte: O autor, 2022.

Observa-se que o teor de K teve uma resposta oposta a que teve o Ca na safra 2020/2021. Talvez a interação entre estes elementos nos frutos tenha causado esta resposta, onde o aumento do N disponível a planta levou a uma menor concentração do Ca na casca, o que estimulou um maior acúmulo do K na polpa dos frutos, enquanto houve a realocação do N m outros órgãos da planta.

Ainda, a maior disponibilidade de N a planta e o decréscimo no Ca da casca dos frutos pode estar correlacionado a dinâmica do Mg no fruto. O Mg

teve um comportamento contrastante entre as duas safras, onde a maior oferta do N ao fruto causou o incremento do Mg na polpa, mas também causou o decréscimo do Mg na casca dos frutos colhidos na safra seguinte.

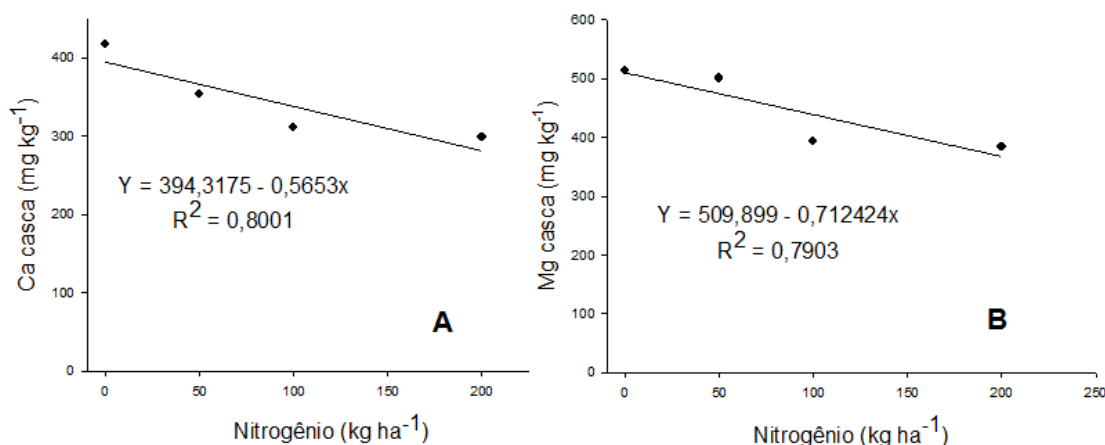
O teor de magnésio da polpa respondeu de maneira linear ($R^2 = 0,81$) a adição de N ao solo na safra 2020/2021, onde o acréscimo de N ao solo aumentou o teor de magnésio na polpa do fruto (figura 11C).

Na safra seguinte, o teor de cálcio na casca dos frutos (tabela 8 e figura 12A) respondeu de maneira quadrática ($R^2 = 0,80$) a adubação nitrogenada, onde quanto maior a dose de adubação nitrogenada, menor o teor de cálcio na casca do fruto da macieira 'Galaxy'. De maneira similar ao teor de cálcio, o teor de magnésio (figura 12B) decresceu de acordo com o aumento da dose de N acrescido ao solo de forma linear ($R^2 = 0,79$).

O incremento das doses de N diminuiu os teores de P e K, e não alterou consistentemente os teores de Ca e Mg nos frutos da cultivar 'Fuji' em Cambissolos, de maneira oposta ao observado neste estudo (SOUZA et al., 2013).

Figura 11 – Teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na casca de frutos da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo.

Lages/SC, 2022.



Fonte: O autor, 2022.

A adubação nitrogenada não alterou os teores de cálcio, potássio e magnésio nas folhas nas duas safras avaliadas. Entretanto, houve efeito

significativo da adubação nitrogenada para os teores de N na folha para as duas safras (tabela 9).

Tabela 9 - Composição mineral das folhas da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.

	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)				Pr>F	L	Q	CV (%)
	0	50	100	200				
<i>Safra 2020/2021</i>								
N (%)	0,88	3,85	3,71	3,62	0,01*	0,01*	0,01*	0,8
Ca (%)	0,65	0,54	0,59	0,59	0,37	-	-	0,4
K (%)	1,19	1,04	1,05	1,08	0,78	-	-	0,8
Mg (%)	0,25	0,26	0,26	0,24	0,36	-	-	0,1
<i>Safra 2021/2022</i>								
N (%)	4,04	5,02	5,01	5,52	0,04*	0,01*	0,28	1,1
Ca (%)	0,68	0,66	0,68	0,67	0,93	-	-	0,2
K (%)	1,09	1,28	1,17	0,93	0,45	-	-	0,9
Mg (%)	0,24	0,25	0,24	0,22	0,36	-	-	0,2

L = regressão linear; Q = regressão quadrática; *Significante a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor, 2022.

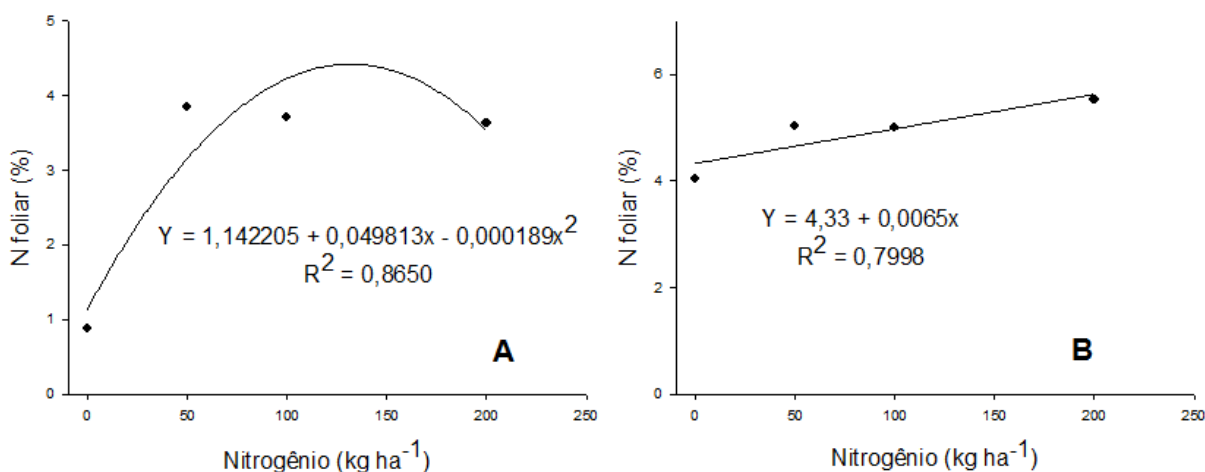
Em Latossolos, as cultivares 'Gala' e 'Fuji' não tiveram resposta a adubação nitrogenada para o teor de N nas folhas (ERNANI & DIAS, 1999; ERNANI et al., 2000). Milošević & Milošević (2015) também observaram resultados opostos aos deste presente estudo, onde a adubação não alterou os teores de N nas folhas.

Estas diferenças podem ter ocorrido pelo fato de que nos estudo citados as adubações também continham fósforo e potássio na composição dos tratamentos, bem como a mistura de adubo orgânico e zeólita natural. As cultivares estudadas também foram outras (Idared e Melrose), e a resposta das macieiras a diferentes adubações tem alta variabilidade de resposta (KUCUKYUMUK & ERDAL, 2011).

A utilização de adubação somente nitrogenada pode ter refletido na ausência de resposta dos teores de cálcio, potássio e magnésio na folha, não havendo uma diluição destes elementos nas folhas e nem sua redistribuição

para outros órgãos da folha, havendo somente o acúmulo do N em excesso nas folhas.

Figura 12 – Teores de nitrogênio (N) foliar na safra 2020/2021 (A) e safra 2021/2022 (B) da cultivar 'Galaxy' em função da adição de diferentes doses de nitrogênio ao solo. Lages/SC, 2022.



Fonte: O autor, 2022.

Na safra 2020/2021, o teor de N na folha (figura 13A) respondeu com um comportamento quadrático a adição de N ao solo ($R^2 = 0,86$), onde o menor valor deste nutriente na folha está na ausência de adubação, crescendo até o seu valor máximo na dose de 132 kg ha^{-1} , de acordo com a regressão múltipla.

Na safra seguinte, o teor de N na folha (figura 13B) respondeu de maneira linear a adição de N ao solo ($R^2 = 0,79$). Excetuando a dose 0 kg ha^{-1} na primeira safra, os demais tratamentos em ambas as safras possuem valores acima do normal (2,5 a 3% de N na folha) para o teor de N foliar (CQFS-RS/SC, 2016).

Em macieiras 'Fuji', o aumento nas doses de N (de $28,4$ a $170,5 \text{ kg ha}^{-1}$) elevou os teores de N nas folhas e nos frutos (Raese & Drake, 1997). Aproximadamente 30 a 50% do N total da macieira estão nas folhas, corroborando com o aumento do N foliar por um aumento na oferta de N para a planta pela adubação.

O teor de N nas folhas aumentou linearmente com as doses de N e somente atingiu o limite inferior da faixa normal de suficiência com doses

superiores a 50 kg ha⁻¹ de N na macieira 'Catarina', em estudo realizado por Nava et al. (2007) em São Joaquim-SC. O mesmo resultado foi encontrado por Nava et al. (2010) em macieiras 'Fuji' no mesmo local do estudo realizado em 2007.

7.4 CONCLUSÕES

De acordo com as condições do estudo, conclui-se:

A adição de N ao solo diminui a coloração vermelha dos frutos da macieira 'Galaxy'.

A adição de N ao solo aumenta a atividade respiratória e taxa de produção de etileno dos frutos da macieira 'Galaxy'.

A adição de N ao solo diminui o teor de cálcio e magnésio na casca dos frutos da macieira 'Galaxy'.

A adição de N ao solo aumenta o teor de N nas folhas da macieira 'Galaxy'.

A adubação nitrogenada em duas safras diminui a qualidade dos frutos da macieira 'Galaxy'.

8 REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C. V. T.; ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; STEFFENS, C. A. Alteração da eficiência do 1-MCP com o retardo da sua aplicação após a colheita em maçãs 'Fuji Suprema'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p. 984-992, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000131>
- AMARANTE, C. V. T.; ERNANI, P.R.; STEFFENS, C.A. ARGENTA, L.C. O teor de cálcio na casca é indicativo da suscetibilidade ao "Bitter Pit" em Maçãs 'Fuji'. Jaboticabal, Rev. Bras. Frut. V.33, n.1, p. 180-186, março 2011.
- AMARANTE, C. V. T.; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Composição mineral e severidade de "Bitter pit" em maçãs 'Catarina'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 1, p. 51-54, abril 2006.
- ANTONIOLLI, L. R.; NACHTIGALL, G.R.; FIALHO, F.B.; DOS SANTOS, H.P.; NAVA, G.; DECHEN, A.R. 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.
- BOYE, J. I.; ARCAND, Y. Current trends in green technologies in food production and processing. **Food Engineering Reviews**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2013. <https://doi.org/10.1007/s12393-012-9062-z>
- BOYER, J.; LIU, R. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, v.3, n.5, 2004.
- BRACKMANN, A.; LUDWIG, V.; THEWES, F. R.; ANESE, R. O.; SCHULTZ, E. E.; BERGETTI, M. R. P. Ethanol and nitric oxide in quality maintenance of 'Galaxy' apples stored under controlled atmosphere. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, e-322, 2017.
- CHENG, L. When and how much nitrogen should be applied in apple orchards? **New York Fruit Quarterly**, v. 18, n. 4, p. 25-28, 2010.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 376p, 2016.
- DAUGAARD, H.; GRAUSLUND, J. Fruit colour and correlations with orchard factors and post-harvest characteristics in apple cv. Mutsu. **J. Hortic. Sci. Biotechnol.**, v. 74, p. 283–287, 2000.
- DE ANGÉLIS, V.D.; SANCHÉS, E.; TOGNETTI, J. Timing of Nitrogen Fertilization Influences Color and Anthocyanin Content of Apple (*Malus domestica* Borkh. cv 'Royal Gala') Fruits. **International Journal of Fruit Science** Volume 11, 2011.

DRAKE S.R.; RAESE J.T.; SMITH T.J. Time of nitrogen application and its influence on golden delicious' apple yield and fruit quality. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v.25, p.143-157, 2002.

ERNANI, P. R.; DIAS, J. Soil nitrogen application in the spring did not increase apple yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 645-649, 1999.

ERNANI, P. R.; DIAS, J.; BORGES, M. A aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 223-227, 2000.

ERNANI, P.R.; ROGERI, D.A.; PROENÇA, M.M.; DIAS, J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high-density orchard carrying a dwarf rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 1113-1118, 2008.

FALLAHI, E. Productivity, postharvest physiology, and soil nitrate movement as influenced by nitrogen applications to 'Delicious' apple. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.512, p.149-157, 2000.

FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; RETAMALES, J. B.; TABATABAEI, S. J.; VALDES, C. Prediction of apple fruit quality using preharvest mineral nutrients. **Acta horticulturae**, Hogue, v. 721, p. 259-264, 2006.

FALLAHI, E.; RICHARDSON, D. G.; WESTWOOD, M. N. Influence of rootstocks and fertilizers on ethylene in apple fruit during maturation and storage. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 110, p. 149-153, 1985.

FERGUSON, I.B.; BOYD, L.M. Inorganic nutrients and fruit quality. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio: Wiley Blackwell, 2002. p.17-45.

GAWEDA, M., BEN, J. Dynamics of changes of starch and its components in fruitlets and maturing 'Jonagold' and 'Gala Must' apples. **J. Fruit Orn. Plant Res.**, v. 18, p. 109-119, 2010.

GE, S.; ZHU, Z.; PENG, L.; CHEN, Q.; JIANG, Y. Soil Nutrient Status and Leaf Nutrient Diagnosis in the Main Apple Producing Regions in China. **Horticultural Plant Journal**, v. 4, n. 3, p. 89-93, maio 2018. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.hpj.2018.03.009>

GOSH, S., MANNA, S., MATHEW, B. Effect of nitrogen and potassium fertilization on custard apple grown under rain fed laterite soils. **Environmental Ecology**, v.22, p. 144-147, 2004.

HAN, Y.; ZHENG, D.; VIMOLMANGKANG, S.; KHAN, MA; BEEVER, JE; KORBAN, SS. A integração de mapas físicos e genéticos em maçã confirma todo o genoma e duplicações segmentares no genoma da maçã. **Journal of**

Experimental Botany, v.62, p.5117-5130, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/err215>

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P. R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs' Fuji'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 489-496, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos anuais**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em 10 julho de 2022.

JOHNSON, R.S. Manipulating vegetative and reproductive growth with water and nitrogen. In: MAIB, K. **Tree fruit physiology: growth & development**. Washington: Good Fruit Grower, p. 81-87, 1996.

KAACK, K.; PEDERSEN, L. H. Effects of Potassium, Phosphorus and Nitrogen Fertilization on Endogenous Ethylene and Quality Characteristics of Apples (*Malus Domestica* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 7, p. 1148–1155, 2014.

KUCUKYUMUK, Z. E. L. İ. H. A.; ERDAL, I. Rootstock and cultivar effect on mineral nutrition, seasonal nutrient variation and correlations among leaf, flower and fruit nutrient concentrations in apple trees. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 17, n. 5, p. 633-641, 2011.

LI-ZHI, Y. HAI-XIA, V.; GAN, W.; XUE-YAN, S. A entrada de fertilizantes químicos e nutrientes do solo em pomar de maçã. Asiático, **Pesquisa Agrícola** v.4, p.63-65, 2012.

MILOŠEVIĆ, T.; MILOŠEVIĆ, N. Apple fruit quality, yield and leaf macronutrients content as affected by fertilizer treatment. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 15, n. 1, p. 76-83, 2015.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. Exportação e Importação Geral. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em 23 de julho de 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 5, de 9 de fevereiro de 2006. Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/classificacao/files/2012/08/INM00000005.pdf>. Acesso em 25 de julho de 2022.

MIQUELOTO, A.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; DOS SANTOS, A.; MIQUELOTO, T.; SILVEIRA, J. P. G. Physiological, physicochemical and mineral attributes associated with the occurrence of bitter pit in apples. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 689-696, 2011.

MIRANDA, JOÃO M. de S. et al. Fruit quality of 'Eva' e 'Princesa' apples grown under nitrogen fertigation in semiarid climate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online]. 2015, v. 19, n. 10, pp. 967-972.

MOTA, M. et al. Nutrient Content with Different Fertilizer Management and Influence on Yield and Fruit Quality in Apple cv. Gala. **Horticulturae**, v. 8, n. 8, p. 713, 2022.

NAVA, G.; DECHEN, A.R. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affects yield and mineral composition of 'Fuji' apple. **Scientia Agrícola**. (Piracicaba, Braz.), v.66, n.3, p.377-385, 2009.

NAVA, G.; DECHEN, A. R.; BASSO, C.; NACHTIGALL, G. R.; KATSURAYAMA, J. M. Composição mineral de folhas e vigor da macieira" Fuji" em resposta a nitrogênio e potássio. **Agropecuária Catarinense**, v.23, n. 2, p. 77-83, 2010.

NAVA, G.; DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Nitrogen and Potassium Fertilization Affect Apple Fruit Quality in Southern Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 1-2), p. 96–107, 2007.

NAVA, G.; NUERNBERG, N. J.; PEREIRA, A. J.; DECHEN, A. R. Adubação de crescimento de macieira Cv. Catarina sobre porta-enxerto marubakaido em São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 359-363, 2007.

NEILSEN, G.H.; D. NEILSEN. Nutritional requirements of apple. pp. 267-302. En: Ferree, D.C. e I.J. Warrington (eds.). **Apples - Botany, production and uses**. CABI Publishing, Wallingford, UK. 2003. 660 p.

NEILSEN, G. H., NEILSEN, D., & HERBERT, L. Nitrogen Fertigation Concentration and Timing of Application Affect Nitrogen Nutrition, Yield, Firmness, and Color of Apples Grown at High Density, **HortScience horts**, 44(5), 1425-1431. 2009.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G.H.; HERBERT, L.; MILLARD, P.; GUAK, S. Allocation of dry matter and N to fruit and shoots in dwarf apple in response to sink size and N availability. **Acta Horticulturae (ISHS)**, v. 721, p. 33–40, 2006.

NEILSEN, G.H.; HOGUE, E.J.; MEHERIUK, M. Nitrogen fertilization and orchard-floor vegetation management affect growth, nutrition and fruit quality of Gala apple. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 79, p. 379–385, 1999.

PETRI, J.L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2002. p.229-259.

RAESE, J.T.; DRAKE, S.R. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji' apples. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, p. 1797–1809, 1997.

ROUSSOS, PA; GASPARATOS, D. Crescimento da macieira e qualidade geral dos frutos sob manejo orgânico e convencional. **Scientia Horticulturae**, v.123, p.247-252, 2009.

SETE, P. B. et al. Nitrogen fertilization affects yield and fruit quality in pears. **Scientia Horticulturae**, v. 258, p. 108782, 2019.

SOARES, A. G., TRUGO, L. C., BOTREL, N., DA SILVA SOUZA, L. F. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas Comusus* L.) by Preharvest soil application of potassium. **Postharvest Biology and Technology**, v.35, p. 201-207, 2005.

SOUZA, F., ARGENTA, L.C.; NAVA, G., ERNANI, P.R., AMARANTE, C.V.T. Qualidade de maçãs 'Fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 305-315, 2013.

STEFFENS, C. A.; MIQUELOTO, T.; FERNANDES, R. C.; DEMARI, C. K. P.; ANAMI, J. M.; LUGARESI, A.; AMARANTE, C. V. T. Treatment with nitric oxide preserves the quality of cold stored 'Cripps Pink' apples. **Bragantia**, v. 80, 2021.

TROMP, J.; WERTHEIM, S. J. Fruit growth and development. In J. Tromp, A. D. Webster, & S. J. Wertheim (Eds.), **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers, p. 240-266, 2005.

WANG, H., CHENG, L. Differential effects of nitrogen supply on skin pigmentation and flesh starch breakdown of 'Gala' apple. **Hort. Sci.**, v. 46, p. 1–5, 2011.

YE, X., ABE, S., ZHANG, S. Estimation and mapping of nitrogen content in apple trees at leaf and canopy levels using hyperspectral imaging. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 198-225, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09661-x>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos em duas safras verificamos que o aumento de doses de adubação nitrogenada está associado ao estímulo de vigor vegetativo, o que causa por vezes um sombreamento dos frutos, afeta negativamente atributos de qualidade, principalmente a coloração dos frutos, além de gerar um aumento da necessidade, por exemplo, da realização de uma poda verde.

Para este estudo não houve incremento na produtividade em relação à testemunha, ou seja, em condições de clima ameno no outono e inverno, matéria orgânica do solo em teores médio a altos, a quantidade de N liberada pela mineralização do N orgânico do solo supre a demanda de N da cultura da macieira neste tipo de solo.

Os fruticultores normalmente aplicam N em doses superiores à necessidade da cultura, muitas vezes gerando gastos desnecessários sem ganho algum ou até mesmo prejudicando a qualidade dos frutos, bem como seu armazenamento, além de impacto ambiental, devido a poluição dos lençóis freáticos pelo N lixiviado.

Como o cultivo comercial da macieira no Brasil é crescente, ainda existe uma necessidade de pesquisas, para sanar dúvidas ainda existentes e para atualização do manejo, principalmente na área de nutrição das plantas, pois o cenário da maleicultura brasileira ainda carece de informação para que sejam feitas as devidas recomendações conforme a condição de cada região, solo e sistema de cultivo.

Tendo em vista todos os resultados obtidos neste trabalho, sugerem-se vindouros trabalhos realizados em maior período, para saber quando é justificável a adubação nitrogenada em pomares adultos e já implantados na região, ou se somente o N fornecido pela matéria orgânica do solo supre as necessidades da cultura.

Na região do estudo estão sendo implantados pomares mais adensados, acima de 2000 plantas ha⁻¹, bem como a utilização de novos porta-enxertos, como os da série Geneva®, o que justifica novos estudos sobre adubação nitrogenada para os pomares novos de macieira.

ANEXOS

Teste de normalidade das variáveis produtivas.

Variável	Pr<W
Produção 2021 (kg planta ⁻¹)	0,99
Produção 2022 (kg planta ⁻¹)	0,19
Massa de frutos 2021 (g)	0,55
Massa de frutos 2022 (g)	0,05
Produtividade 2021 (t ha ⁻¹)	0,99
Produtividade 2022 (t ha ⁻¹)	0,19
Frutos calibre 100 (%)	0,01
Frutos calibre 110 (%)	0,01
Frutos calibre 120 (%)	0,01
Frutos calibre 135 (%)	0,77
Frutos calibre 150 (%)	0,30
Diâmetro de fruto (cm)	0,05
Frutificação efetiva 2022 (%)	0,03
Comprimento de ramos (cm)	0,01
Índice SPAD 2022	0,39
Área foliar 2022 (cm ²)	0,20
Porcentagem de germinação de pólen (%)	0,07

Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância. Algoritmo usado: AS R94. T. Applied Statistic - Serie C (1995) vol.44, n4.

 Teste de normalidade das variáveis físico-químicas de frutos da safra de 2021.

Variável	Pr<W
Luminosidade	0,89
Cromaticidade	0,63
Ângulo <i>Hue</i> ^o	0,36
Luminosidade*	0,61
Cromaticidade*	0,01
Ângulo <i>Hue</i> *	0,93
Índice de Cor Vermelha	0,51
Sólidos solúveis (°Brix)	0,62
Acidez titulável (% Ác. málico)	0,96
Firmeza de polpa	0,23
Índice iodo-amido	0,01
Atividade respiratória (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)	0,11
Etileno (pmol C ₂ H ₄ kg ⁻¹ s ⁻¹)	0,02

*Lado menos verde do fruto

Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância. Algoritmo usado: AS R94. T. Applied Statistic - Serie C (1995) vol.44, n4.

 Teste de normalidade das variáveis físico-químicas de frutos da safra de 2022.

Variável	Pr<W
Luminosidade	0,07
Cromaticidade	0,57
Ângulo <i>Hue</i>	0,03
Luminosidade*	0,11
Cromaticidade*	0,66
Ângulo <i>Hue</i> *	0,02
Índice de Cor Vermelha	0,63
Sólidos solúveis (°Brix)	0,46
Acidez titulável (meq L ⁻¹)	0,47
Firmeza de polpa	0,08
Índice iodo-amido	0,01
Atividade respiratória (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)	0,01
Etileno (pmol C ₂ H ₄ kg ⁻¹ s ⁻¹)	0,61
Incidência de <i>Bitter pit</i> (%)	0,68

*Lado menos verde do fruto

Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância. Algoritmo usado: AS R94. T. Applied Statistic - Serie C (1995) vol.44, n4.

 Teste de normalidade das variáveis minerais de frutos da safra de 2021.

Variável	Pr<W
Ca casca 2021	0,06
Ca polpa 2021	0,68
Ca casca 2022	0,18
Ca polpa 2022	0,34
Mg casca 2021	0,40
Mg polpa 2021	0,15
Mg casca 2022	0,52
Mg polpa 2022	0,96
K casca 2021	0,27
K polpa 2021	0,98
K g casca 2022	0,01
K polpa 2022	0,35
N casca 2021	0,28
N polpa 2021	0,84
N casca 2022	0,72
N polpa 2022	0,26

Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância. Algoritmo usado: AS R94. T. Applied Statistic - Serie C (1995) vol.44, n4.

 Teste de normalidade das variáveis minerais de folhas.

Variável	Pr<W
Nitrogênio 2021	0,01
Potássio 2021	0,28
Cálcio 2021	0,18
Magnésio 2021	0,75
Nitrogênio 2022	0,82
Potássio 2022	0,01
Cálcio 2022	0,79
Magnésio 2022	0,12

Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância. Algoritmo usado: AS R94. T. Applied Statistic - Serie C (1995) vol.44, n4.