



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

Talita Trapp

**Similaridade nutricional entre frutíferas e o uso da abundância natural do isótopo estável  $^{15}\text{N}$  para diagnosticar alimentos derivados de diferentes sistemas de produção**

Florianópolis  
2020

Talita Trapp

**Similaridade nutricional entre frutíferas e o uso da abundância natural do isótopo estável  $^{15}\text{N}$  para diagnosticar alimentos derivados de diferentes sistemas de produção**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Gustavo Brunetto, Dr.

Coorientador: Prof. Cledimar Rogério Lourenzi, Dr.

Coorientador: Prof. Danilo Eduardo Rozane, Dr.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

TRAPP, TALITA

Similaridade nutricional entre frutíferas e o uso da abundância natural do isótopo estável  $^{15}\text{N}$  para diagnosticar alimentos derivados de diferentes sistemas de produção / TALITA TRAPP ; orientador, GUSTAVO BRUNETTO, coorientador, CLEDIMAR ROGÉRIO LOURENZI, coorientador, DANILO EDUARDO ROZANE, 2020.

91 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Nutrição mineral de plantas. 3. Adubação de frutíferas. 4. Variáveis multinutrientes. 5. Assinatura isotópica de N. I. BRUNETTO, GUSTAVO. II. LOURENZI, CLEDIMAR ROGÉRIO . III. ROZANE, DANILO EDUARDO IV. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas. V. Título.

Talita Trapp

**Similaridade nutricional entre frutíferas e o uso da abundância natural do isótopo estável  $^{15}\text{N}$  para diagnosticar alimentos derivados de diferentes sistemas de produção**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Caio de Teves Inácio, Dr.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos

Prof. Arcângelo Loss, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Agroecossistemas.

---

Prof. Arcângelo Loss, Dr.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Gustavo Brunetto, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2020.

Dedico este trabalho aos meus pais Sônia Jucelha Guginski  
Trapp e Tarciso Trapp.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sônia e Tarciso pelo amor, carinho, educação e incentivo recebidos em todas as etapas da minha vida, serei sempre grata pela paciência e confiança que depositam em mim. Aos meus irmãos Marlon e Taciane por todos os momentos de apoio e pelas conversas de incentivo. Vocês são meus exemplos de vida.

Ao meu companheiro, Anderson, por todo amor, carinho, dedicação e paciência nos momentos difíceis, pelos conselhos e apoio nesta caminhada.

Ao professor, Dr. Gustavo Brunetto, orientador e amigo, pelos conselhos, amizade, orientação e dedicação investidos ao longo de todo o trabalho realizado. Obrigada pela confiança depositada e paciência, você é um exemplo de profissional.

Aos professores, Dr. Cledimar Rogério Lourenzi e Dr. Danilo Eduardo Rozane, coorientadores e amigos, pela dedicação, paciência e ensinamentos que me permitiram crescer profissionalmente. Muito obrigada pela confiança.

Aos pesquisadores, Dra. Marlise Nara Ciotta e Dr. Caio de Teves Inácio, pelo auxílio em diferentes etapas do projeto e leveza em compartilhar conhecimento, deixando o percurso mais fluido.

Aos amigos do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia (NEPEA-SC) pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal, escritas, leituras, seminários, debates, conversas, conselhos, auxílio nas saídas de campo, nas atividades de laboratório, nas escritas e nas apresentações e pelos muitos momentos de descontração que permitiram que a caminhada fosse mais leve.

Aos professores e amigos Jucinei José Comin, Paulo Emílio Lovato, Arcângelo Loss e Sandro Luis Schlindwein, pelas conversas e experiências compartilhadas e pela disposição em ajudar sempre.

Aos funcionários da EPAGRI de São Joaquim, Araranguá, Meleiro, São João do Sul, Jacinto Machado: Carlos, Douglas, Diego, Reginaldo, Mariele e Fernando, pela parceria e dedicação com a pesquisa e com a extensão rural.

Aos agricultores que abriram suas portas à pesquisa, pela confiança e parceria.

Aos amigos do Grupo de Estudos de Predição de Adubação e Potencial de Contaminação de Elementos em Solos (GEPACES), pela parceria e colaboração na realização do projeto.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão da bolsa durante o mestrado.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e ao Laboratório de Pesquisa em Biotransformações de Carbono e Nitrogênio da Universidade Federal de Santa Maria (LABCEN - UFSM) pela parceria institucional na realização do projeto.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, pela oportunidade e qualidade dos ensinamentos obtidos. A secretária do programa, Fabiana, pela paciência e auxílio prestado.

A todos o meu muito obrigada!

## RESUMO

A adubação equilibrada de plantas gera benefícios tanto para o ambiente quanto para a planta em relação à sanidade e aspectos nutricionais do produto gerado, sendo importante a adoção de métodos de estimativa do estado nutricional de plantas, como em frutíferas; recomendações de calagem e adubações racionais. O uso racional de adubação, como as adubações nitrogenadas, atinge todos os sistemas de produção. O sistema de produção orgânico auxilia na busca da sociedade por alimentos que promovam a saúde, os alimentos orgânicos, os quais geram desconfiança entre os consumidores com relação a sua autenticidade. Deste modo, este trabalho objetivou verificar o uso de novas metodologias para indicação de similaridade nutricional entre frutíferas e para a discriminação entre alimentos orgânicos e convencionais. Para um melhor entendimento dividiu-se o trabalho em dois estudos. O primeiro estudo abordou a similaridade nutricional entre frutíferas, em que se utilizou um banco de dados de análises foliares de diversas frutíferas, e cultivares de mangueira, pessegueiro e macieira, oriundas de áreas comerciais, para verificar a existência de similaridade nutricional entre as espécies e/ou entre as cultivares frutíferas, por meio de transformação logarítmica centralizada (clr) de nutrientes do método CND (*Compositional Nutrient Diagnosis*) e análises discriminantes. O segundo estudo abordou o uso da análise da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) para diagnosticar alimentos derivados de diferentes sistemas de produção, no qual foram comparados os dados de  $\delta^{15}\text{N}$  de tecidos vegetais, solo e adubos das culturas de arroz, banana, batata e maçã cultivados em sistemas de produção orgânicos e convencionais e empregando o intervalo de confiança na análise estatística. No estudo 1 existiam bancos de dados de composição nutricional que não possuíam os valores analíticos dos mesmos elementos, e assim foram propostos dois critérios de comparação: a exclusão de dados não englobados em todos os bancos de dados, e a comparação de espécies apenas com os mesmos nutrientes analisados. Ambos os critérios foram apropriados para a comparação de similaridade, e assim, foram observadas similaridades entre espécies frutíferas para determinados nutrientes como a bananeira e o morangueiro, que possuem teores mais altos para N e K; o morangueiro e o pessegueiro que possuem maiores teores de P, Ca e Mg; a goiabeira, a macieira e mangueira que possuem menores teores para P, Ca e Mg; a mangueira e as videiras que apontam maiores teores de Ca e Mn, e menores teores para N, P, K e Mg; a bananeira prata de SC, mangueira, morangueiro e videira, as quais possuem maiores teores de Fe e Mn e menores teores de S e Cu. Nas comparações entre as cultivares de macieira, pessegueiro e mangueira, as variáveis multinutrientes e a produtividade não foram variáveis satisfatórias para análises discriminantes. No estudo 2 o uso da análise de  $\delta^{15}\text{N}$  em alimentos permitiu a diferenciação entre sistemas de produção convencional e orgânico de arroz, batata e bananeira. Em caso de interesse de inspeção a campo, essa metodologia também pode ser realizada nas folhas das culturas, as quais se mostraram eficientes na separação dos diferentes sistemas de produção.

**Palavras-chave:** Nutrição mineral de plantas. Adubação de frutíferas. CND. Variáveis multinutrientes. Produção orgânica. Produção convencional. Assinatura isotópica.

## ABSTRACT

The balanced fertilization of plants generates benefits for both the environment and the plant in relation to the health and nutritional aspects of the product generated, so it is important to adopt methods for estimating the nutritional status of plants, as in fruit; liming recommendations and rational fertilization. The rational use of fertilization, such as nitrogen fertilizers, affects all the production systems. The organic production system assists society's search for foods that promote health, organic foods, which generate distrust among consumers regarding their authenticity. Thus, this work aimed to verify the use of new methodologies for nutritional similarity indication between fruit trees and for the discrimination between organic and conventional foods. For a better understanding, this work was divided into two studies. The first one, addresses to the nutritional similarity between fruit trees, using a database from leaf analysis of several fruit-trees, and mango, peach and apple cultivars, from commercial areas, through the transformation of the centralized logarithmic ratio (clr) of nutrients from CND (Compositional Nutrient Diagnosis) method and discriminant analyzes, to verify the existence of nutritional similarity between species and / or between fruit cultivars. The second one, addresses the use of  $^{15}\text{N}$  natural abundance analysis to diagnose foods from different tillage systems, in which data on the natural abundance of  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) of plant tissues, soil and fertilizers from rice, banana, potato and apple crops grown in organic and conventional tillage systems and using the confidence interval in statistical analysis. In the first study 1, there were databases of nutritional composition that did not have the analytical values of the same elements, and thus two comparison criteria were proposed: the exclusion of data not included in all databases, and species comparison with only the same nutrients analyzed. Both criteria were appropriate for the comparison of similarity, and thus, similarities were observed between fruit species for certain nutrients such as banana tree and strawberry, which have higher levels for N and K; strawberry and peach trees with the highest levels of P, Ca and Mg; guava, apple tree and mango tree which have lower levels for P, Ca and Mg; mango tree and the grapevines that show higher levels of Ca and Mn, and lower levels for N, P, K and Mg; cv. Prata banana tree from SC, mango tree, strawberry and grapevine, which have higher levels of Fe and Mn and lower levels of S and Cu. In the comparisons among apple, peach and mango cultivars, the variables multinutrient and yield were not satisfactory to discriminant analyzes. In the second study, the use of  $\delta^{15}\text{N}$  analysis in foods allowed the differentiation between conventional and organic rice, potato and banana production systems. In case of interest in field inspection, this methodology can also be carried out on the leaves of the crops, which have proved to be efficient in differentiation the production systems.

**Keywords:** Plant mineral nutrition. Fruit trees fertilization. CND. Multinutrient variables. Organic farming. Conventional tillage. Isotopic signature.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Análise discriminante entre frutíferas, utilizando o primeiro critério de análise, por ACP.....	54
Figura 2 - Análise discriminante entre frutíferas, utilizando o segundo critério de análise, com a variável produtividade, por ACP. ....	55
Figura 3 - Análise discriminante entre frutíferas, utilizando o segundo critério de análise, sem a variável produtividade, por ACP. ....	55
Figura 4 - Análise discriminante entre maçã e pera, utilizando o segundo critério de análise, por ACP.....	56
Figura 5 - Análise discriminante entre cultivares de maçã por ACP.....	56
Figura 6 - Análise discriminante entre cultivares de manga por ACP.....	57
Figura 7 - Análise discriminante entre cultivares de pêsego por ACP.....	57
Figura 8 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) em fertilizantes usados nos sistemas de produção orgânicos e convencional de arroz (a), batata (b), macieira (c) e bananeira (d). ....	76
Figura 9 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) em fertilizantes usados nas propriedades de macieira (a) e as médias dos valores das seis propriedades amostradas (b).....	77
Figura 10 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) no solo cultivado com arroz (a), batata (b), macieira (c) e bananeira (d), em sistema de produção orgânico e convencional.....	78
Figura 11 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) em grãos de arroz (a), tubérculos de batata (b), maçã (c) e banana (c), cultivados em sistema de produção orgânico e convencional. ....	79
Figura 12 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) em folhas de arroz (a), batata (b), macieira (c) e bananeira (d) cultivadas em sistema de produção orgânico e convencional.....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Culturas, cultivares, locais de produção, safras e número de talhões e outliers das espécies analisadas.....	44
Tabela 2 - Nutrientes presentes e ausentes nas análises das amostras foliares. ....	45
Tabela 3 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup> , positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de macronutrientes, com um arranjo dimensional de nutrientes $d = 10$ <sup>(2)</sup> , em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com arranjo $d = 11$ .....	46
Tabela 4 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup> , positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de micronutrientes, com um arranjo dimensional de nutrientes $d = 10$ <sup>(2)</sup> , em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com arranjo $d = 11$ .....	48
Tabela 5 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup> , positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de macronutrientes, com arranjo dimensional de 11 elementos <sup>(2)</sup> , em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com o mesmo tamanho de arranjo.....	50
Tabela 6 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup> , positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de micronutrientes, com arranjo dimensional de 11 elementos <sup>(2)</sup> , em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com o mesmo tamanho de arranjo.....	52
Tabela 7 - Teste Lambda de Wilks das 7 comparações realizadas.....	54
Tabela 8 - Faixas de nutrientes consideradas adequadas para a interpretação do diagnóstico nutricional.....	58
Tabela 9 - Localização das fazendas, sistema de produção e fontes e doses de nutrientes usadas nas culturas de arroz, batata, macieira e bananeira.....	74

Tabela S 1 - Resumo das faixas de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) para cada material das espécies analisadas por este estudo nos sistemas de produção orgânico e convencional..... 81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP - Análise de componentes principais

B - Boro

C - Carbono

Ca - Cálcio

Cl - Cloro

clr - *Centralized logarithmic ratio*

CND - *Compositional Nutrient Diagnosis*

CNPO - Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo

Cu - Cobre

DRIS - *Diagnosis and Recommendation Integrated System*

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

FE - Frequências esperadas

Fe - Ferro

FO - Frequências observadas

H - Hidrogênio

ha - Hectares

IC - Intervalo de confiança

IN - Instrução Normativa

K - Potássio

LANAGROs - Laboratórios Nacionais Agropecuários

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Mg - Magnésio

Mn - Manganês

Mo - Molibdênio

N - Nitrogênio

Ni - Níquel

O - Oxigênio

OCS - Organização de Controle Social

OGMs - Organismos geneticamente modificados

OPAC - Organismo Participativo de Avaliação de Conformidade

P - Fósforo

PC1 - Primeiro componente principal

PC2 - Segundo componente principal

PNCRC/Vegetal - Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal

PR - Paraná

RS - Rio Grande do Sul

S - Enxofre

SC - Santa Catarina

SDA - Secretaria de Defesa Agropecuária

SE - Sergipe

SP - São Paulo

WHO - *World Health Organization*

Zn - Zinco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS.....	20
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>20</b>
1.2	HIPÓTESES.....	21
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>22</b>
2.1	ESTUDO 1: SIMILARIDADE NUTRICIONAL ENTRE FRUTÍFERAS .....	22
<b>2.1.1</b>	<b>Exigência nutricional de plantas e frutíferas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Sistema de recomendação de adubação para frutíferas .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Estudos de similaridade nutricional.....</b>	<b>25</b>
2.2	Estudo 2: Uso do isótopo <sup>15</sup> N para diagnosticar alimentos derivados de diferentes sistemas de produção .....	25
<b>2.2.1</b>	<b>O cultivo orgânico.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Fiscalização .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Estudos e potencial uso com <math>\delta^{15}\text{N}</math>.....</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1.....</b>	<b>30</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	31
3.2	Material e Métodos .....	33
<b>3.2.1</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>36</b>
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
<b>3.3.1</b>	<b>Análises discriminantes entre espécies frutíferas .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Análises discriminantes entre cultivares de macieira, pessegueiro e mangueira .....</b>	<b>40</b>
3.4	CONCLUSÕES.....	41
	<b>Referências.....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>ARTIGO 2.....</b>	<b>59</b>

4.1	Introdução .....	60
4.2	Material e Métodos .....	62
<b>4.2.1</b>	<b>Localização do estudo, espécies e sistemas de produção .....</b>	<b>62</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Coletas de amostras de tecido vegetal, solo e fertilizantes.....</b>	<b>62</b>
4.2.2.1	<i>Folhas .....</i>	63
4.2.2.2	<i>Frutos.....</i>	64
4.2.2.3	<i>Solo .....</i>	64
4.2.2.4	<i>Fertilizantes orgânicos e minerais .....</i>	64
4.2.2.5	<i>Preparo das amostras e análises dos valores relativos (<math>\delta</math>) de <math>^{15}\text{N}</math>.....</i>	64
4.2.2.6	<i>Análise estatística .....</i>	65
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
<b>4.3.1</b>	<b>Fertilizantes.....</b>	<b>66</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Solo .....</b>	<b>67</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Frutos, tubérculos e grãos .....</b>	<b>67</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Folhas .....</b>	<b>69</b>
4.4	CONCLUSÕES .....	69
	<b>Referências .....</b>	<b>70</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>PERSPECTIVAS DE ESTUDOS FUTUROS .....</b>	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nem sempre o solo possui as quantidades suficientes de nutrientes para suprir a necessidade das culturas, como as espécies frutíferas e suas cultivares. Por isso, quando diagnosticada a necessidade, através de parâmetros de predição, como análise de solo, de tecido vegetal, expectativa de produtividade, parâmetros de crescimento, etc., realiza-se a tomada de decisão em relação a aplicação de nutrientes e a dose a ser aplicada (NATALE; ROZANE, 2018).

Os valores de interpretação dos parâmetros de predição e as doses de nutrientes são informações obtidas em experimentos de calibração. Nesses, doses de nutrientes são aplicadas em solos com baixa fertilidade natural, preferencialmente em diversos tipos de solos localizados em distintas regiões (BRUNETTO et al., 2016). No caso de experimentos de calibração com frutíferas, as doses de fontes de nutrientes, como de fontes de fósforo (P) e potássio (K), ou mesmo nitrogênio (N), podem ser aplicadas antes do transplante das mudas ou, em algumas situações, depois do transplante. As aplicações das fontes de nutrientes se repetem nos anos seguintes após o transplante das espécies frutíferas e, com isso, ao longo dos anos, se espera o incremento dos teores de nutrientes no solo, mas também no interior das plantas frutíferas. Caso isso aconteça, se espera, por exemplo, incremento da concentração dos nutrientes em folhas e até incremento de produtividade de frutos. Os resultados obtidos ao longo de várias safras são relacionados com as doses de nutrientes aplicados, como N, P e K ou com os teores no solo, por exemplo de P e K.

Em seguida, caso os resultados permitam, são usados modelos matemáticos, nos quais a partir deles é possível estimar, por exemplo, os níveis críticos ou de suficiência de nutrientes no solo ou mesmo os níveis críticos de nutrientes no tecido. Mas também os resultados dos teores de nutrientes no solo ou no tecido podem ser usados para elaboração de classes de interpretação de nutrientes no solo ou mesmo no tecido, que nortearão, junto com as informações de doses de nutrientes aplicadas, a interpretação ou as doses de nutrientes a serem aplicadas nas adubações de pré-plantio ou plantio, crescimento e produção em espécies frutíferas. Estas recomendações normalmente são apresentadas nos manuais de calagem e adubações de estados ou regiões das mais diferentes partes do Mundo (CANTARUTTI et al., 2007).

Assim, os experimentos de calibração de calagem e adubação em frutíferas, que poderão gerar os resultados para subsidiar os futuros sistemas de recomendação, devem ser de

longo prazo, e ao serem conduzidos por vários anos, possuem elevado custo de manutenção e nem sempre os dados obtidos permitem o ajuste de modelos matemáticos capazes de estimar teores ou níveis mais adequados para a obtenção de parâmetros de interesse, seja do sistema de recomendação ou do produtor, como produtividade ou qualidade.

Alternativamente, quando não existem informações sobre os critérios para definir a necessidade e dose de corretivo da acidez do solo ou mesmo de adubação em algumas culturas mais periféricas economicamente, que pode ser o exemplo das frutíferas ou mesmo de cultivares dentro desta espécie, pode-se realizar estudos para estimar a similaridade nutricional entre as espécies ou mesmo entre cultivares dentro da mesma espécie. Assim, caso sejam definidos, por exemplo, grupos com estado nutricional similar, se pode, por exemplo, definir doses de nutrientes similares para mais de uma espécie ou cultivar, até o momento da obtenção de resultados mais precisos, em experimentos de calibração que necessitam inúmeros anos de condução.

Os estudos de similaridade nutricional são realizados por meio da avaliação nutricional das culturas pela diagnose foliar, pois é na folha que normalmente ocorre a atividade fisiológica mais intensa da planta. A diagnose foliar ocorre em várias etapas, sendo a primeira delas a coleta da folha, exigindo bom critério de amostragem, a análise química padronizada de tecido, que apresenta o teor de elementos das folhas e o método de interpretação dos resultados obtidos, que podem ser métodos uni, bi ou multivariados. Os métodos bi e multivariados contemplam as relações entre os nutrientes de populações de variadas produtividades e, por isso, também é importante o monitoramento da produtividade das plantas (NATALE; ROZANE, 2018).

O método multivariado CND (*Compositional Nutrient Diagnosis*) é o mais recente método de interpretação das análises de tecido vegetal, o qual considera todos os nutrientes, gerando variáveis multinutrientes, o que permite expressar o equilíbrio (ou desequilíbrio) no tecido vegetal, empregando transformações logarítmicas e a Distância de Mahalanobis. Essa análise multivariada permite ainda a identificação e a exclusão de dados atípicos (*outliers*) (NATALE; ROZANE, 2018). A partir dos índices dos nutrientes, usando a transformação da razão logarítmica centralizada (clr), de variadas espécies e/ou cultivares pode-se realizar análises discriminantes, as quais podem definir semelhanças e/ou diferenças nutricionais entre os grupos, com objetivo de uso racional de adubações.

O uso racional de adubação, como as adubações nitrogenadas com suas variadas fontes de N, atinge todos tipos de sistemas de produção, convencional, orgânico,

agroecológico. O mercado consumidor mundial vem exigindo alimentos produzidos em sistemas de produção com menor uso de fertilizantes solúveis, fungicidas, inseticidas, etc., o que normalmente é obtido em sistemas de produção integrado ou orgânico. Por exemplo, o consumo de produtos orgânicos no Brasil mostra uma tendência de crescimento de cerca de 25% nas grandes cidades, motivado principalmente por questões ligadas à saúde. A média nacional de consumidores de produtos orgânicos é de 15%, sendo a Região Sul com maior incidência desse consumo, com 34%, mais que o dobro do consumo nacional. Os produtos mais consumidos são aqueles adquiridos *in natura*, como as verduras, as frutas e os legumes em geral, com destaque para a alface, o tomate, o arroz, a banana, a maçã, a batata, etc. (ORGANIS, 2017). Esse aumento no consumo estimula um aumento na produção e no número de produtores orgânicos brasileiros cadastrados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO), que passou de 13.840 produtores em outubro de 2016 (MUNDO NETO; RAMOS; MALAGOLLI, 2017) para mais de 20 mil em fevereiro de 2020 (BRASIL, 2020).

Apesar de todos os esforços dos órgãos governamentais para garantir credibilidade e transparência às práticas e aos princípios utilizados na produção orgânica, existe a ocorrência de fraudes no momento da produção e também na comercialização, em que produtos não orgânicos são comercializados como produtos orgânicos, os quais são sistemas que não permitem o uso de agrotóxicos e de adubos minerais de alta solubilidade (BRASIL, 2011), para minimizar os impactos ambientais e aos consumidores. Essas ocorrências refletem na demanda latente dos consumidores por maior clareza e informação sobre os produtos orgânicos e sua identificação (ORGANIS, 2017).

Atualmente 13.692, dos produtores cadastrados no CNPO, fazem parte do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (BRASIL, 2020) e estão autorizados a utilizar o selo oficial que identifica os produtos orgânicos (BRASIL, 2016). Estes são inspecionados, pelo menos uma vez ao ano, por um dos 35 organismos certificadores credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (BRASIL, 2017). Tanto os organismos certificadores, quanto os produtores orgânicos são passíveis de fiscalizações pelo Mapa, que são definidas por amostragem ou quando surgem indícios ou denúncias de possíveis irregularidades (BRASIL, 2016).

Com o objetivo de intensificar esse controle, o Mapa possui um programa de monitoramento de resíduos de agroquímicos, em que amostras de produtos orgânicos são coletadas nos locais de comercialização pelos auditores fiscais federais agropecuários e analisadas em laboratórios credenciados (BRASIL, 2016). Porém, com relação aos adubos

industrializados de alta solubilidade, como a ureia, ainda não existe metodologia padrão de análise para certificar se ela foi ou não usada. Soma-se a isso o fato que normalmente os produtores que utilizam agrotóxicos para a produção de alimentos em sistemas convencionais, também tendem a utilizar a ureia como fonte de N às plantas. Por outro lado, os produtores que cultivam alimentos em sistemas orgânicos e, por isso, não utilizam agrotóxicos, também usam fontes de resíduos orgânicos como fonte de N, ou seja, não utilizam a ureia.

Assim, vem sendo desenvolvidos estudos com relação à abundância natural de isótopos de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ), buscando discriminar produtos cultivados com aplicação de adubação mineral de alta solubilidade (exemplo, ureia) em sistema de cultivo convencional, daqueles cultivados com aplicação de adubação orgânica, em sistema de produção orgânico (RAPISARDA et al., 2010; FLORES et al., 2013; NISHIDA; SATO, 2015; INÁCIO et al., 2020).

O valor referência para  $\delta^{15}\text{N}$  é a fração atômica do isótopo no ar atmosférico, que é igual a 0,3663% ( $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}+^{14}\text{N}$ ), por definição,  $\delta^{15}\text{N} = 0\text{‰}$  (por mil). Analisando as variações da fração atômica de  $^{15}\text{N}$  de amostras (exemplo, órgãos de plantas comestíveis) de adubos com relação ao valor referência, teremos valores positivos e negativos de  $\delta^{15}\text{N}$ , ou seja, amostras enriquecidas ou empobrecidas em  $^{15}\text{N}$ . Essas variações ocorrem devido ao fracionamento isotópico de N, através de processos como a volatilização de amônia, a nitrificação e a desnitrificação, onde o átomo mais pesado ( $^{15}\text{N}$ ) reage mais lentamente e realiza ligações mais fortes que o átomo mais leve ( $^{14}\text{N}$ ). Por exemplo, os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fertilizantes orgânicos (ex. +5 a +20 ‰) são maiores do que os de fertilizantes industrializados (ex. -5 a +5 ‰) (CHALK; MAGALHÃES; INÁCIO, 2013), pois no processo da volatilização de amônia dos adubos orgânicos, a fração de N mais leve ( $^{14}\text{N}$ ) volatiliza preferencialmente em relação a mais pesada ( $^{15}\text{N}$ ), deixando as partes sólidas enriquecidas em  $^{15}\text{N}$  (FLORES et al., 2013; NISHIDA; SATO, 2015).

Essas variações permitem a possibilidade de usar  $\delta^{15}\text{N}$  como um indicador para identificar produtos orgânicos, podendo estes serem amostrados tanto a campo quanto no local de comercialização (supermercados, feiras, etc.). Além disso, o custo da análise de  $^{15}\text{N}$ , que gira em torno de 45 reais por amostra, é muito menor que o custo da análise de resíduos de agrotóxicos, que variam, aproximadamente, entre 209 e 1072 reais por amostra, dependendo do grupo químico analisado, conforme custos laboratoriais.

Assim, se identificado efeitos significativos da aplicação das análises de isótopos de  $^{15}\text{N}$  na diferenciação de alimentos derivados de sistema de produção orgânico e convencional,

os órgãos fiscalizadores, empresas, enfim, o público interessado, poderão utilizar esta técnica em um primeiro momento, evitando fazer a análise de resíduos de agrotóxicos nas amostras que apresentarem problemas já nesta etapa com relação a adubação, reduzindo os custos do processo. No Brasil, os estudos sobre o uso de  $\delta^{15}\text{N}$  ainda são exploratórios (INÁCIO et al., 2015, 2020).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Verificar o uso de novas metodologias para indicação de similaridade nutricional entre frutíferas e para a discriminação entre alimentos orgânicos e convencionais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Estabelecer a similaridade nutricional entre as espécies frutíferas, manga (*Mangifera indica* L.), atemóia (*Annona atemoya*), banana (*Musa* spp.), goiaba (*Psidium guajava*), morango (*Fragaria ananassa*), pera (*Pyrus* spp.), pêssego (*Prunus persica*), uva (*Vitis* spp.) e maçã (*Malus domestica*), e entre cultivares de manga, pêssego e maçã, visando melhorar o estabelecimento da necessidade de doses de adubação;
  
- b) Avaliar o uso de valores da abundância natural de isótopo  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) para discriminar os alimentos derivados de sistemas de cultivo orgânicos e convencionais.

## 1.2 HIPÓTESES

a) Por meio de banco de análises químicas foliares de diferentes espécies frutíferas, como de atemoieira, bananeira, goiabeira, macieira, mangueira, morangueiro, pessegueiro, pereira e videira e entre cultivares de macieira, mangueira e pessegueiro, é possível identificar grupos com similaridade nutricional e, por consequência, com exigências nutricionais semelhantes.

b) Os adubos orgânicos, utilizados no manejo dos sistemas orgânicos de cultivo, possuem uma maior concentração de isótopo estável de N ( $^{15}\text{N}$ ) e, por isso, é possível utilizar os valores da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  para diferenciar bananas, maçãs, arroz, batata e outros alimentos, derivados de um sistema de produção orgânica daqueles oriundos do sistema convencional em que se utiliza adubos solúveis.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está dividida de acordo com o tema de cada estudo realizado.

### 2.1 ESTUDO 1: SIMILARIDADE NUTRICIONAL ENTRE FRUTÍFERAS

#### 2.1.1 Exigência nutricional de plantas e frutíferas

O primeiro órgão a aparecer em uma planta é a raiz primária, pois ela necessita logo obter fontes externas de nutrientes e água. Os nutrientes da planta, além da biomassa total, influenciam de maneira específica o crescimento e a morfologia de seus órgãos. Esses nutrientes, que são indispensáveis para o desempenho vital das plantas, são chamados de nutrientes essenciais, e são classificados em constituintes orgânicos (C, H, O), macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O estado nutricional de plantas é, naturalmente, associado com a fertilidade do solo, pois esta indica a capacidade que o solo tem para oferecer às plantas condições para crescerem e produzirem. Esse estado nutricional é relacionado com os teores de elementos essenciais e tóxicos no tecido da planta, oriundos do solo e dos adubos, quando aplicados (CANTARUTTI et al., 2007).

Muitos produtores acreditam que quanto maior a quantidade de adubo aplicado no solo, maior será sua produção, porém já é sabido que aumentando-se progressivamente a dose de um adubo a produção cresce a princípio e, posteriormente, os aumentos tendem a ser cada vez menores, podendo até atingir uma queda, quando se atinge os níveis de toxidez de dado nutriente nos tecidos das plantas. E também se pensando em custo dos adubos aplicados, a partir do momento que se inicia a queda no aumento da produção e os custos continuam aumentando, o produtor não estará recebendo o lucro máximo; sendo o ideal visar uma dosagem mais baixa de fertilizante que atinja a colheita econômica máxima (CANTARUTTI et al., 2007).

Além da questão econômica, há tempos já se vem estudando as consequências de uma adubação desequilibrada, principalmente com relação ao N, o qual em níveis altos, produz tecido jovem e suculento, pode prolongar o estágio vegetativo e/ou retardar a

maturidade da planta, por meio da produção de aminoácidos, proteínas, hormônios de crescimento, etc., estabelecendo na planta uma condição favorável ao ataque de patógenos. Já uma condição de deficiência de N pode tornar a planta debilitada, com crescimento lento e também deixando-a susceptível ao ataque de patógenos (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993). Ou seja, uma adubação equilibrada poderá reduzir a aplicação de agrotóxicos, diminuindo o impacto ambiental, o custo de produção e promover a sustentabilidade da produção.

As exigências nutricionais entre as plantas são diferentes, e variam por diversos fatores como, espécie, variedade, estágio vegetativo, volume e eficiência do sistema radicular, produção, etc. Como por exemplo as diferentes exigências das frutíferas e das plantas anuais se devem por: possuírem sistemas radiculares diferentes, sendo o das frutíferas mais profundo e que consegue alcançar maior volume de solo para absorver água e nutrientes e o das culturas anuais pouco profundo, explorando mais a parte superficial do solo (BRUNETTO et al., 2016); acúmulo de nutrientes, o qual ocorre nas frutíferas em órgãos perenes, sendo redistribuídos na planta no ano seguinte (NATALE; ROZANE, 2018); exportação diferenciada de nutrientes pelos produtos, que, em geral, é mais elevada nas plantas anuais (IPNI, 2014); diferentes transportadores de nutriente, de alta ou baixa afinidade, sendo um transportador de alta afinidade aquele capaz de transportar nutrientes em baixas concentrações externas (BORGES et al., 2009); entre outros fatores.

### **2.1.2 Sistema de recomendação de adubação para frutíferas**

Os sistemas de recomendações de adubação para a maioria das frutíferas, em geral, consideram o diagnóstico da fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas, por meio de análises de solo e tecido, mas também podem ser considerados outros critérios como, por exemplo, a produtividade esperada (BRUNETTO et al., 2016).

Esses sistemas de predição são oriundos de experimentos de calibração de longa duração, conduzidos por vários anos em áreas próximas aos locais de produção comercial, no intuito de minimizar efeitos ambientais, e abranger as mais variadas classes de solo, para garantir maior segurança na indicação de calagem e adubação (BRUNETTO et al., 2016; CQFS - RS/SC, 2016). Esses experimentos de calibração relacionam o teor de nutrientes disponíveis no solo com o rendimento relativo das culturas, sendo assim definidos os teores críticos, os quais indicam que a resposta das culturas à adição de fertilizantes acima deles é muito pequena (CQFS - RS/SC, 2016).

Os experimentos de calibração de frutíferas que ocorrem por anos, observam além dos teores de nutrientes disponíveis no solo e sua produtividade, a concentração dos nutrientes nas folhas, sendo estes relacionados com as doses de nutrientes aplicados no solo. A partir dos resultados obtidos busca-se metodologias para interpretação do estado nutricional das plantas e para recomendações de calagem e adubação. Essas metodologias podem ser univariadas, que consideram a relação isolada de cada nutriente, como por exemplo a faixa de suficiência e os níveis críticos, métodos amplamente utilizados nos manuais de calagem e adubação das diferentes regiões do mundo, bivariadas, como o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), do inglês *Diagnosis and Recommendation Integrated System*, o qual utiliza relações binárias entre nutrientes, e multivariadas, como a Diagnose da Composição Nutricional (CND - *Compositional Nutrient Diagnosis*), que considera uma relação entre todos os nutrientes essenciais (NAVA; NACHTIGALL, 2017; NATALE; ROZANE, 2018).

Na região Sul do Brasil, as informações sobre estabelecimento da necessidade de calagem e adubação em frutíferas são encontradas no Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), publicado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS - RS/SC, 2016), no qual são observadas recomendações de adubações de pré-plantio, de crescimento e de manutenção (ou produção), sendo este último baseado no estado nutricional (diagnose foliar) das plantas.

O Brasil ainda é carente de informações com relação ao manejo da fertilidade do solo, de insumos e da demanda nutricional de frutíferas (NATALE; ROZANE; PRADO, 2012). Somado a isso, aplicações sem critérios e excessivas, podem provocar desequilíbrios, tanto na planta quanto no ambiente e também aumentar os custos da produção. Como os ensaios de calibração são, muitas vezes, limitados pelos recursos humanos e financeiros, além do tempo de pesquisa, uma alternativa que vem sendo estudada nos últimos anos é o aproveitamento de dados de monitoramento nutricional de áreas comerciais (NATALE; ROZANE, 2018). Com o uso desses dados é possível observar similaridade nutricional entre espécies e até mesmo entre cultivares, para que, num futuro próximo, possa-se definir doses de adubação similares, entre os grupos de espécies similares e que não possuam recomendações oficiais, como por exemplo o abacaxi, a acerola, a goiabeira, a goiabeira serrana, a lichia e a tamareira, as quais são aptas a serem cultivadas pelo zoneamento agroclimático em Santa Catarina; mas não possuem oficialmente um sistema de recomendação de calagem e adubação (THOMÉ et al., 1999; CQFS - RS/SC, 2016).

### 2.1.3 Estudos de similaridade nutricional

Os estudos de similaridade nutricional partem daqueles realizados com objetivo inicial de avaliar o estado nutricional de plantas relacionando todos os nutrientes envolvidos, inclusive aqueles não determinados analiticamente, por meio do método CND, desenvolvido por Parent e Dafir (1992), o qual emprega transformações logarítmicas, diminuindo, assim, a dependência de escala e problemas de redundância entre os nutrientes e também melhorando a distribuição normal dos dados, além de atribuir mesmo peso no desbalanço empregando a distância de Mahalanobis e identificar e excluir dados atípicos (outliers) (NATALE; ROZANE, 2018).

Esse método multivariado de diagnose nutricional relaciona as variáveis multinutrientes à uma população de referência, ou seja, uma população de alta produtividade (CANTARUTTI et al., 2007). Por isso, antes de tudo, se faz necessário que a prática da coleta de material a ser analisado (folhas) seja adequada e siga as recomendações (em geral especificados nos manuais regionais ou publicações de órgãos de pesquisa), com objetivo de realizar as análises dos teores dos nutrientes no tecido da planta, além do monitoramento da produtividade de cada área amostrada.

Os índices de desequilíbrios, gerados pelo método CND, quando tendem para zero denotam maior equilíbrio nutricional (CANTARUTTI et al., 2007). Esses índices, de variadas populações de espécies e cultivares, podem ser submetidos a análises discriminantes, as quais apresentarão semelhanças ou diferenças nutricionais entre os grupos (PARENT et al., 2013a, 2013b).

## 2.2 ESTUDO 2: USO DO ISÓTOPO $^{15}\text{N}$ PARA DIAGNOSTICAR ALIMENTOS DERIVADOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

### 2.2.1 O cultivo orgânico

O sistema orgânico de produção, que abrange os sistemas de produção denominados: ecológico, biodinâmico, natural, regenerativo, biológico, agroecológico, permacultura e outros que atendam os princípios estabelecidos por lei, corresponde a um conjunto de técnicas específicas de produção, o qual busca otimizar o uso dos recursos naturais e socioeconômicos, tendo por objetivos principais a sustentabilidade econômica e ecológica, a minimização da

dependência de energia não renovável, a eliminação de organismos geneticamente modificados (em qualquer fase do processo) e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003), sendo um sistema alternativo à produção convencional.

A agricultura orgânica vem crescendo no mundo todo, passando de 11 milhões de hectares (ha) produzidos em 1999 para 69,8 milhões de ha em 2017 em 181 países que apresentaram atividades orgânicas. Destes, apenas 93 países possuem regulações da produção orgânica (FIBL & IFOAM - ORGANICS INTERNATIONAL, 2019). No Brasil as principais normativas para a produção orgânica são: a Lei n. 10.831/2003 (Lei da Produção Orgânica); o Decreto n. 6.323/2007 (regulamenta a Lei da Produção Orgânica); e a Instrução Normativa (IN) n. 46/2011 (estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal e as listas de substâncias permitidas para uso).

Os regulamentos técnicos estabelecidos na IN n. 46 preconizam, para a produção orgânica vegetal, o uso de sementes e mudas oriundas de sistemas orgânicos e proíbem a utilização de organismos geneticamente modificados (OGMs); com relação à fertilidade do solo, é permitida somente a utilização de substâncias e produtos listados no anexo V da IN n. 46 (alterada pela IN n. 17), que somam 28 no total, dentre os quais pode-se citar o composto orgânico, os excrementos de animais compostados, os adubos verdes, os resíduos de origem vegetal, os resíduos de biodigestores, pós de rocha, fosfatos de rocha, o gesso, o calcário e a cal, etc.; já para o manejo, controle de doenças e pragas e tratamentos pós colheita, 41 substâncias e práticas são permitidas e se encontram listadas no anexo VII dessa mesma IN n. 46 (BRASIL, 2011). Em resumo, o sistema de produção orgânico proíbe o uso de produtos sintéticos, como os agrotóxicos e os adubos químicos de alta solubilidade, a ureia, por exemplo.

O quadro mundial da produção orgânica é promissor, pois o número de produtores orgânicos em todo o mundo atingiu a marca de 2,9 milhões em 2017, sendo a Índia, a Uganda e o México, os países com o maior número de produtores, com 835.000, 210.352 e 210.000 produtores orgânicos, respectivamente (FIBL & IFOAM - ORGANICS INTERNATIONAL, 2019). No Brasil, atualmente, estão inscritos mais de 20 mil produtores orgânicos no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) (BRASIL, 2020) e esse número elevado de produtores se deve, principalmente, pela crescente demanda dos consumidores por produtos orgânicos, pois estes acreditam ser produtos benéficos à saúde (ORGANIS, 2017).

Existe uma tendência de crescimento do faturamento da cadeia nacional de gêneros orgânicos de 25% ao ano, crescimento registrado desde 2015 (ORGANIS, 2018). Atualmente

a média nacional de consumidores de produtos orgânicos está em 15%, com destaque para a Região Sul do Brasil que apresentou 34% de consumidores. O consumo deste tipo de alimento é, em geral, maior em produtos frescos. A alface é o alimento orgânico mais consumido, seguido pelo tomate, arroz, rúcula, banana, maçã, brócolis, legumes, etc. Ainda assim, o consumidor apresenta uma demanda por maior clareza e informação sobre os produtos orgânicos e sua identificação (ORGANIS, 2017), reflexo da ocorrência de fraudes na produção e/ou na comercialização expostos pelas mídias, em que produtos não orgânicos são comercializados como produtos orgânicos.

### **2.2.2 Fiscalização**

Todos os produtores orgânicos cadastrados no CNPO devem estar vinculados à organismos que atestem a fidedignidade de seus produtos, os quais devem estar credenciados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (BRASIL, 2007).

Segundo o Decreto n. 6323 (BRASIL, 2007) existem três mecanismos de garantia implementados no Brasil, a Organização de Controle Social (OCS), a qual permite à agricultores familiares a venda direta ao consumidor sem necessidade de certificação (BRASIL, 2009a); o Organismo Participativo de Avaliação de Conformidade (OPAC); e a Certificação por Auditoria, sendo esses dois últimos organismos integrantes do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica.

Dos mais de 20 mil produtores cadastrados no CNPO, 13.692 fazem parte do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (BRASIL, 2020) e estão autorizados a utilizar o selo oficial que identifica os produtos orgânicos (BRASIL, 2016). Estes são inspecionados, pelo menos uma vez ao ano, por uma das 11 certificadoras ou por um dos 24 OPACs credenciados pelo Mapa (BRASIL, 2017). Os demais produtores fazem parte de OCS, os quais devem ser capazes de zelar pelo cumprimento dos regulamentos da produção orgânica, e não estão sujeitos a certificação, pois são agricultores familiares que exercem venda direta de seus produtos para o consumidor (BRASIL, 2009a).

Todo o processo que envolve os produtos orgânicos é submetido também a atividades de rotina de inspeção e fiscalização, que acontecem nas unidades de produção, estabelecimentos comerciais e industriais, cooperativas, órgãos públicos, portos, aeroportos, postos de fronteira, veículos ou meios de transporte e quaisquer outros ambientes em que se verifique a produção orgânica (BRASIL, 2007), ou seja, tanto os produtores (inclusive os

cadastrados nas OCSs), quanto os organismos certificadores e demais participantes da cadeia orgânica são passíveis de fiscalizações pelo Mapa, definidas por amostragem aleatória ou quando aparecem indícios ou denúncias de possíveis irregularidades (BRASIL, 2016).

Dentro dessas atividades de inspeção e fiscalização, o Mapa possui o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal (PNCRC/Vegetal) que conta com a colaboração de diversos setores da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) para o monitoramento de resíduos de agrotóxicos e de outros resíduos nocivos à saúde do consumidor (BRASIL, 2009b, 2017b) em amostras coletadas por servidores públicos, auditores fiscais federais agropecuários, capacitados e autorizados para as devidas funções (Brasil, 2007). O material coletado deve ser enviado para análises laboratoriais, as quais devem ser executadas por Laboratórios Nacionais Agropecuários (LANAGROs) ou por laboratórios públicos ou privados credenciados e coordenados pelo MAPA e que integram a Rede Nacional de Laboratórios Agropecuários (BRASIL, 2009b).

Com relação às substâncias e compostos para uso como fertilizantes e corretivos, que não são autorizados por lei no sistema de produção orgânico, como a ureia, que é um adubo nitrogenado de alta solubilidade, ainda não existe uma metodologia padrão para inspeção e fiscalização do uso inadequado.

### **2.2.3 Estudos e potencial uso com $\delta^{15}\text{N}$**

Estudos recentes sobre a aplicação da análise de isótopos estáveis na agricultura vêm promovendo avanços, principalmente com o uso da abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , na autenticação de alimentos orgânicos, uma vez que os fertilizantes orgânicos diferem acentuadamente dos fertilizantes nitrogenados sintéticos quanto ao teor de  $\delta^{15}\text{N}$  (INÁCIO; URQUIAGA, 2017).

Laranjas orgânicas de um campo experimental da Itália, no qual utilizou-se três diferentes tipos de adubos orgânicos (composto de subproduto de citros, composto de resíduos de gado e esterco de galinha) em comparação a uma parcela controle (adubação mineral), mostraram diferença nos teores de  $\delta^{15}\text{N}$  na polpa e no suco de laranjas oriundas de parcelas manejadas organicamente, as quais obtiveram valores estatisticamente maiores que aquelas manejadas convencionalmente. Os teores de  $\delta^{15}\text{N}$  na polpa variaram de  $4,64\% \pm 0,35$ ;  $6,74\% \pm 0,70$ ;  $8,95\% \pm 0,38$  e  $8,45\% \pm 0,61$  para a adubação mineral, composto de subproduto de

citros, composto de resíduos de gado e esterco de galinha, respectivamente (RAPISARDA et al., 2010).

Em um estudo conduzido na Espanha cultivaram-se plantas de pimenta (*Capsicum annuum* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) em estufa experimental, no qual foram utilizados três grupos de adubação: orgânica, convencional e mista, sendo a adubação orgânica composta de biosolarização e aplicação de adubos orgânicos sólidos ou líquidos, a adubação mista utilizou-se a biosolarização e adubos sintéticos, e a adubação convencional envolveu apenas a aplicação de fertilizantes sintéticos solúveis. Utilizando análises discriminantes com os parâmetros  $\delta^{15}\text{N}$  na planta e no solo e o peso da planta, os autores encontraram que 78,8% e 65,4% das amostras de pimenta e alface, respectivamente, foram classificadas corretamente entre os grupos orgânico e convencional, não apresentando boa separação com o grupo misto (FLORES et al., 2013).

Arroz orgânico e convencional foram coletados para estudo em campos de produção de agricultores no Japão, nos quais os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  refletiam os valores do solo. Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  do arroz orgânico foram 78%, 87% e 89% maiores que a linha de regressão do arroz e do solo sem a aplicação de nenhuma fonte de N nos anos de 2007, 2008 e 2009, respectivamente. Já as amostras do arroz convencional foram 90%, 88%, e 97% mais baixas que a mesma linha de regressão nos respectivos anos de 2007, 2008 e 2009, se mostrando assim um potencial método de auxílio na discriminação entre arroz orgânico e convencional (NISHIDA; SATO, 2015).

Em estudo de resposta à aplicação de fertilizantes orgânicos e químicos em solo cultivado com couve-flor, Wang et al. (2016) obtiveram que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de raízes e flores foram mais elevados com adubação orgânica do que nos outros tratamentos (controle, adubação química e adubação mista). Também mostraram correlações positivas significativas entre  $\delta^{15}\text{N}$  da planta e do solo com o aumento da proporção de fertilizante orgânico.

Como as diferentes culturas agrícolas podem mostrar maiores ou menores valores de  $\delta^{15}\text{N}$  e até mesmo um certo grau de sobreposição pode ocorrer (INÁCIO; URQUIAGA, 2017), a realização de mais testes nas mais variadas culturas tem grande potencial para discriminar produtos oriundos de sistemas de produção orgânicos e convencionais.

### 3 ARTIGO 1

#### **Análises multivariadas na predição de similaridade nutricional entre espécies frutíferas e cultivares**

##### **Resumo**

Análises discriminantes podem indicar a similaridade ou dissimilaridade nutricional entre espécies frutíferas e cultivares. Caso seja observada similaridade nutricional, critérios de predição da necessidade e dose de adubação poderão ser extrapolados de uma espécie/cultivar, com maiores informações técnicas relacionadas ao manejo da adubação, para outras com escassas informações, até a geração de novos conhecimentos. O estudo teve como objetivo avaliar a similaridade nutricional entre as espécies de frutíferas, mangueira (*Mangifera indica* L.), atemoieira (*Annona atemoya*), bananeira (*Musa* spp.), goiabeira (*Psidium guajava*), morangueiro (*Fragaria ananassa*), pereira (*Pyrus* spp.), pessegueiro (*Prunus persica*), videira (*Vitis* spp.) e macieira (*Malus domestica*), e entre cultivares de mangueira, pessegueiro e macieira. Concentrações de nutrientes em folhas transformadas pela razão logarítmica centralizada (clr) e produtividade foram submetidos a análises multivariadas, teste lambda de Wilks e análise de componentes principais (ACP). A exclusão de resultados outliers foi realizada pela distância de Mahalanobis. As variáveis utilizadas nas análises multivariadas para comparação entre cultivares não foram satisfatórias para explicar as variâncias das comparações. As análises entre espécies frutíferas permitiram apontar algumas similaridades específicas entre algumas frutíferas para alguns nutrientes como, por exemplo, a bananeira e o morangueiro, que possuem concentrações mais elevadas para N e K, o que indica a possibilidade de uso da técnica para extrapolar valores de necessidade e dose de adubação de culturas já conhecidas, para aquelas que ainda não possuem estudos conclusivos.

**Palavras-chave:** nutrição mineral de frutíferas, banco de dados, lambda de Wilks, análise de componentes principais, dissimilaridade nutricional.

##### **Abstract**

Discriminant analyzes may indicate the nutritional similarity or dissimilarity between fruit species and cultivars. If nutritional similarity is observed, criteria for predicting the need and dosage of fertilization may be extrapolated from a species/cultivar, with more technical information related to the management of fertilization, to others with scarce information, until the generation of new knowledge. The aim of this study was to evaluate the nutritional similarity among the fruit species, mango (*Mangifera indica* L.), atemoya (*Annona atemoya*), banana (*Musa* spp.), guava (*Psidium guajava*), strawberry (*Fragaria ananassa*), pear (*Pyrus* spp.), peach (*Prunus persica*), grapevine (*Vitis* spp.) and apple tree (*Malus domestica*), and among mango, peach and apple cultivars. Nutrient concentrations in leaves transformed by the centralized logarithmic ratio (clr) and productivity were submitted to multivariate analysis, Wilks lambda test and principal component analysis (PCA). The exclusion of outlier results was performed by Mahalanobis distance. The variables used in multivariate analyzes to compare cultivars were not satisfactory to explain the variances of the comparisons. The analyzes among fruit species allowed to point out some specific similarities between some fruit trees for some nutrients, such as banana and strawberry, which have higher concentrations for N and K, which indicates the possibility of using the technique to

extrapolate values of need and dosage of fertilization of already known crops, for those that do not yet have conclusive studies.

**Keywords:** mineral nutrition of fruit trees, database, Wilks lambda, principal component analysis, nutritional dissimilarity.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do Mundo (FAOSTAT, 2020), que são consumidas no mercado interno por mais de 200 milhões de pessoas na forma in natura ou são usadas na elaboração de subprodutos, como sucos, vinhos e espumantes, mas também, parte das frutas são exportadas, sendo que no período de 2018 até 2019 a exportação de frutas aumentou 16% (ABRAFRUTAS, 2020). As frutas produzidas em maior quantidade até 2018 no Brasil foram laranja, banana, melancia, abacaxi e uva (IBGE, 2018b, 2018a). Mas, frutíferas como goiabeira, macieira, morangueiro, pereira, pessegueiro e atemoieira possuem destacadas áreas de cultivado no Brasil e em outros países da América Latina.

Mesmo com o cenário de produção favorável, o Brasil, o que é verdade para outros países do Mundo, ainda está entre aqueles onde a população consome frutas em quantidades abaixo do recomendado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) e pela Organização Mundial da Saúde (WHO - *World Health Organization*), que é de no mínimo 400 g de frutas e vegetais por dia (excluindo batatas e outros tubérculos ricos em amido), para a prevenção de doenças crônicas (FAO; WHO, 2004). Por isso, a WHO e a FAO estão recomendando intensamente aos governos dos países que adotem estratégias para expandir, diversificar e aumentar a produção, bem como o consumo de frutas e legumes. Essa recomendação de novas estratégias deve abordar uma série de desafios, entre eles, desafios técnicos, que busquem novas abordagens/metodologias de produção, para o aumento de sua eficiência (FAO; WHO, 2004), como o uso racional de nutrientes através das adubações, para produzir elevadas produtividades, frutos com características-físicas adequadas, evitando riscos de contaminação ambiental.

As adubações somente devem ser realizadas em vinhedos e pomares, quando o solo não possui a quantidade suficiente de nutrientes para suprir a demanda das plantas. Isso normalmente é definido através da análise de solo e tecido, sendo considerado em alguns casos a expectativa de produção e parâmetros de crescimento vegetativo, como crescimento de ramos (NATALE et al., 2012; BRUNETTO et al., 2016). Porém, a necessidade e doses de

nutrientes a serem aplicadas em frutíferas são estimadas em experimentos de calibração de longa duração, realizados para algumas poucas espécies e cultivares e, somado a isso, possuem um custo de manutenção elevado e os resultados são obtidos, em geral, após vários anos de avaliação (NATALE; ROZANE, 2018). Associado a isso, em experimento de calibração, normalmente os teores de nutrientes no solo não possuem relação com os teores foliares e nem tampouco com a produção, especialmente, porque as frutíferas possuem raízes que absorvem nutrientes em camadas mais profundas, que aquelas consideradas diagnósticas, como 0-20 cm (BRUNETTO et al., 2016). Mas também, porque elas possuem reservas de nutrientes em órgãos perenes, como as raízes, que podem ser redistribuídas para pontos de crescimento em outros estágios fenológicos, diminuindo a dependência do nutriente do solo (NATALE et al., 2012). Também, as frutíferas podem possuir mecanismos para aumentar a solubilização/disponibilização de nutrientes no solo rizosférico, como formas não trocáveis de K, que não são estimadas pelos métodos tradicionais em laboratórios de rotina (NATALE et al., 2012). Por causa de tudo isso, a análise de tecido, normalmente a folha pode ser adequada (NATALE et al., 2012). Porém, isoladamente os teores de nutrientes em folhas nem sempre possuem relação com a produção de frutas e características químicas e físicas de frutos (AULAR; NATALE, 2013).

Assim, tem sido desenvolvidos métodos de avaliação nutricional das culturas, como o CND (*Compositional Nutrient Diagnosis*) e análises discriminantes com transformações logarítmicas das análises de tecido vegetal (PARENT et al., 2013a, 2013b). O CND é uma metodologia de interpretação do estado nutricional das plantas, que visa auxiliar nas recomendações de adubação. Esse método é multivariado, ou seja, considera vários elementos (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn e até mesmo elementos não analisados, que é chamado de valor de enchimento ou R) e a relação entre eles (NAVA; NACHTIGALL, 2017; NATALE; ROZANE, 2018). As análises discriminantes são análises estatísticas multivariadas que possibilitam a verificação de grupos de dados similares como, por exemplo, as análises de componentes principais (ACP), construídas a partir das variáveis de nutrientes transformadas pela razão logarítmica centralizada (clr), que têm origem do método CND-clr.

Os resultados obtidos por estas análises podem indicar, por exemplo, a similaridade ou dissimilaridade nutricional entre espécies e/ou entre cultivares. Caso as espécies de frutíferas sejam similares nutricionalmente ou mesmo caso exista similaridade entre cultivares, exemplo, dentro de uma mesma espécie, os critérios ou mesmo parte dos critérios de predição da necessidade e dose de adubação, usados em uma espécie/cultivar onde

informações são melhor conhecidas, poderão ser extrapolados inicialmente para outra espécie/cultivar, até a geração de informações técnicas relacionadas ao manejo da adubação.

O estudo objetivou avaliar a similaridade nutricional entre as espécies frutíferas, mangueira (*Mangifera indica* L.), atemoieira (*Annona atemoya*), bananeira (*Musa* spp.), goiabeira (*Psidium guajava*), morangueiro (*Fragaria ananassa*), pereira (*Pyrus* spp.), pessegueiro (*Prunus persica*), videira (*Vitis* spp.) e macieira (*Malus domestica*), e entre cultivares de mangueira, pessegueiro e macieira.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Bancos de dados de diversas espécies frutíferas e suas cultivares, cultivadas em diferentes regiões do Brasil foram utilizados no presente estudo. Nesses bancos constam os teores de nutrientes em folhas e a produtividade de cada área/propriedade/talhão. Os anos das safras avaliadas variaram conforme as espécies. As espécies foram atemoieira, bananeira, goiabeira, macieira, mangueira, morangueiro, pereira, pessegueiro e videira. Maiores detalhes podem ser observados nas Tabelas 1 e 2.

Após o levantamento dos bancos de dados foi realizada a técnica CND-clr. Segundo Rozane et al. (2016) esta técnica analisa dados composicionais, e como toda composição é igual a 100%, considera-se que o tecido foliar é formado por componentes conhecidos (N, P, K...) e por componentes desconhecidos (por exemplo, elementos não determinados), que são reunidos e chamados de valor de preenchimento (R), formando assim um arranjo de nutrientes composicional (S) (Equação 1):

$$S = [N + P + K + \dots + R = 100\%] \quad \text{Equação 1}$$

Onde: N, P, K... são os valores determinados em análise foliar na matéria seca e R é calculado pela diferença (Equação 2)

$$R = 100\% - (N + P + K + \dots) \quad \text{Equação 2}$$

Para deixar a composição independente de escala (matéria seca ou fresca) ou unidade ( $\text{g kg}^{-1}$  de matéria seca), comuns em análise de tecido (ROZANE; PARENT; NATALE, 2016), a técnica CND-clr define novas variáveis (V), para expressar cada nutriente, com a transformação logarítmica centrada (logaritmo natural ou neperiano), em relação à média geométrica dos valores observados (Equação 3):

$$V_N = \ln \frac{N}{G}, V_P = \ln \frac{P}{G}, V_K = \ln \frac{K}{G}, \dots, V_R = \ln \frac{R}{G} \quad \text{Equação 3}$$

Onde: G é a média geométrica dos d nutrientes, inclusive R (d+1) (Equação 4):

$$G = (N * P * K * \dots * R)^{\frac{1}{(d+1)}} \quad \text{Equação 4}$$

e, por definição (Equação 5):

$$V_N + V_P + V_K + \dots + V_R = 0 \quad \text{Equação 5}$$

A vantagem, segundo Rozane et al. (2016), das variáveis  $V_X$  é a possibilidade de uso em ferramentas de análise estatística multivariada, como por exemplo a análise de componentes principais (ACP). Porém, analisando o conjunto de dados que tínhamos e observando que nem todas as espécies possuíam análises dos mesmos nutrientes (Tabela 2), surgiu o seguinte questionamento: é possível comparar valores de índice CND de culturas diferentes, com os mesmos nutrientes não contemplados em todas elas? Caso não, como proceder?

Como o primeiro critério de análise, resolvemos excluir de todos os bancos de dados as colunas de nutrientes que não eram comuns a todas as espécies (S, B, Cu e Ni) e proceder a análise com os demais nutrientes.

Como segundo critério de análise, resolvemos elaborar um estudo de caso, que será detalhado a seguir. Inicialmente determinou-se os parâmetros da norma CND responsáveis pela determinação dos índices do balanço nutricional. Após os passos já descritos pelas equações 1, 2, 3, 4 e 5, os índices CND foram calculados pela diferença entre as variáveis multinutrientes das amostras avaliadas ( $V_X$ ) e a média da população de referência ( $\bar{V}_x$ ), dividido pelo desvio-padrão ( $\sigma_x$ ) desta variável na população de referência (alta produtividade) (Equação 6):

$$I_N = \frac{(V_N - \bar{V}_N)}{\sigma_N}; I_P = \frac{(V_P - \bar{V}_P)}{\sigma_P}; I_K = \frac{(V_K - \bar{V}_K)}{\sigma_K}; [\dots]; I_{Rd} = \frac{(V_R - \bar{V}_R)}{\sigma_R} \quad \text{Equação 6}$$

Os Índices CND são normalizados e as variáveis tornadas lineares como dimensões de um círculo ( $d + 1 = 2$ ), uma esfera ( $d + 1 = 3$ ), ou uma hiperesfera ( $d + 1 > 3$ ), em um espaço tridimensional. Os Índices de balanço dos nutrientes são utilizados para determinar o Índice geral de equilíbrio (Equação 7):

$$CND - r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + [\dots] + I_R^2 \quad \text{Equação 7}$$

Cada amostra caracteriza-se por seu raio,  $r$ , calculado a partir dos Índices de nutrientes CND. A soma de quadrados independentes  $d + 1$  com variáveis normais produz uma nova variável com distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) com  $d + 1$  graus de liberdade. Os Índices CND são independentes e o valor  $CND - r^2$  deve ter a distribuição  $\chi^2$ .

Para iniciar as simulações foram submetidos 29 talhões comerciais de uva à norma CND, determinando-se o balanço nutricional para 11 nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu,

Fe, Mn e Zn). Após obter os Índices foram registradas as características qualitativas desses Índices como sendo positivas ou negativas, que indicam se o elemento está em excesso ou em falta no tecido da planta.

O mesmo teste foi realizado retirando-se 1 dos nutrientes, cuja condição permitiu obter 10 cenários possíveis. Esse procedimento foi essencial para verificar se existe semelhança dos Índices calculados em testes com números de nutrientes diferentes. No cenário 1 foi retirado o N e registrado os Índices dos outros 10 nutrientes (IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn e IZn). No cenário 2 foi retirado o P e registrado os outros 10 nutrientes (IN, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn e IZn), e dessa forma até o cenário 10, com a remoção do zinco (IN, IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe e IMn).

Ao comparar os dados dos 10 cenários com o teste que contemplou todos os nutrientes de uma única vez (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), a frequência esperada (FE) para cada nutriente foi de 10 ocorrências positivas ou negativas. As frequências observadas (FO) resultantes dessa comparação, são mostradas nas Tabelas 3 e 4. Para a análise de semelhança, os valores encontrados foram submetidos ao teste de qui-quadrado (Equação 8):

$$\chi^2 = \sum \chi^{2'} = \sum \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FO_i} \quad \text{Equação 8}$$

Mesmo se tratando do mesmo banco de dados, ao retirar 1 elemento, os Índices para N, P, K, Ca, B, Fe e Mn, divergiram da análise contendo todos os nutrientes (teste de qui-quadrado). Isso significa que quando um elemento foi identificado como em excesso na análise completa, na análise incompleta foi apontado como em falta, e vice-versa. Esse comportamento prejudica a leitura do real estado nutricional do local analisado.

Apesar das Tabelas 3 e 4 mostrarem que não se pode comparar banco de dados cuja norma foi aplicada para quantidade de nutrientes diferentes, ainda é necessário verificar se é possível comparar banco de dados com quantidades de nutrientes iguais (mesmo valor no arranjo d, da equação 3), mas com elementos diferentes. Dessa forma, foram criados 10 cenários distintos onde em cada cenário foi retirado um dos nutrientes conhecidos e substituídos por um elemento não abordado, com teor muito pequeno (elemento X = 0,1 mg) e presença constante em todos os talhões. Esse valor muito pequeno foi utilizado apenas para manter fixo o valor de d, e poderia representar um elemento traço (sem impacto para a análise). Os resultados dessa operação permitiram obter os valores das Tabelas 5 e 6.

Observando as Tabelas 5 e 6, o teste de qui-quadrado mostrou que o tipo do nutriente abordado não influenciou nos Índices gerados pela norma CND. Para a grande maioria dos talhões avaliados, as características qualitativas dos Índices (positivo e negativo) foram semelhantes ao banco de dados de referência, não prejudicando a eficácia da norma. Esse resultado indica que é possível ampliar as comparações entre banco de dados em que apresentam nutrientes em quantidades iguais, mas com alguns elementos diferentes, além de servir como um método para ajustar os dados faltantes.

Extrapolando os resultados das Tabelas 3, 4, 5 e 6 para a Tabela 2, podemos supor que as comparações dos Índices entre as culturas poderiam ser feitas entre a atemóia, banana prata de SC, banana prata de SE; goiaba, manga, morango e uva do RS e uva de SP, que apresentaram disponíveis os teores de 11 nutrientes. Também, poderia ser feito a comparação dos Índices obtidos entre as culturas de pera com a maçã, além da comparação entre cultivares de mesma espécie que são originárias do mesmo banco de dados e, portanto, tem os mesmos parâmetros avaliados.

Com isto obtivemos 6 grupos para realizar as comparações:

- Grupo 1: atemóia, banana Cavendish, banana prata de SC, banana prata de SE, goiaba, maçã, manga, morango, pera, pêssego, uva do RS e uva de SP (utilizando o primeiro critério);
- Grupo 2: atemóia, banana prata de SC, banana prata de SE, goiaba, manga, morango, uva do RS e uva de SP (utilizando o segundo critério);
- Grupo 3: maçã e pera (utilizando o segundo critério)
- Grupo 4: maçãs cultivares Fuji e Gala
- Grupo 5: manga cultivares Palmer e Tommy Atkins
- Grupo 6: pêssego cultivares Chiripá e Eragil

Nas análises entre cultivares de mangueira e de pessegueiro foram utilizadas apenas duas cultivares, porque o número de talhões das demais cultivares foi pequeno, mesmo motivo pelo qual as cultivares de videira não foram suficientes para fazer uma análise entre cultivares.

### 3.2.1 Análise estatística

Todos os resultados foram submetidos a análise multivariada. Inicialmente foi empregado o método CND, utilizando a distância de Mahalanobis para a exclusão de *outliers*, quando da sua ocorrência (Tabela 1). Do método CND foi extraído os dados de nutrientes

transformados pela função LN (Vx), os quais foram submetidos ao teste de Lambda de Wilks e a construção de gráficos discriminantes pelo método ACP para verificar similaridade nutricional entre os grupos de dados. Todas as análises foram realizadas usando scripts escritos em linguagem R (v. 3.6.2) e as funções dos pacotes "rrcov" (TODOROV; FILZMOSER, 2009), "cluster" (TODOROV; FILZMOSER, 2009), "oompaBase" (COOMBES, 2019) e "ggplot2" (WICKHAM, 2016)

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do teste de Lambda de Wilks nos mostra que as variáveis escolhidas (VX nutrientes e produtividade) foram excelentes para explicar as variâncias nas comparações entre macieira e pereira ( $\lambda = 0,064129$ ), entre frutas utilizando o primeiro critério ( $\lambda = 0,000034$ ), o segundo critério ( $\lambda = 0,000028$ ) e entre frutas utilizando o segundo critério sem a produtividade ( $\lambda = 0,000043$ ) (Tabela 7). Porém estas mesmas variáveis foram medianas para explicar as variâncias nas comparações entre as cultivares de mangueira ( $\lambda = 0,45356$ ) e pessegueiro ( $\lambda = 0,44888$ ), e ruins para explicar as variâncias observadas na comparação entre cultivares de macieira ( $\lambda = 0,6995$ ) (Tabela 7). Com base nestes resultados se pode especular a possibilidade do uso de outras variáveis para comparação entre cultivares como, por exemplo, balanços de nutrientes, utilizados por Parent et al. (2013a), em análises discriminantes em nível de cultivar de laranja e manga.

#### 3.3.1 Análises discriminantes entre espécies frutíferas

A análise discriminante realizada com todas as espécies do banco de dados pelo primeiro critério de análise, por meio de ACP, respondeu por 51,62% da variância total, dividida por 33,07% para o primeiro componente principal (PC1) e 18,55% para o segundo componente principal (PC2) (Figura 1). No PC1 destacaram-se as variáveis N e K, e, por isso, se pode afirmar que as culturas da pereira, mangueira, macieira e videira do RS possuem menores teores de N e K, com destaque para a pereira, contrastando com as culturas de morango e banana prata de SE, que possuem maiores teores de N e K. No PC2 destacaram-se as variáveis P, Mg e Ca, onde se destaca a cultura do pessegueiro e do morangueiro, com maiores teores desses nutrientes, contrastando com as culturas da goiabeira, macieira e mangueira, que apresentaram menores teores destes nutrientes. Nove variáveis foram utilizadas nesta ACP, a qual foi capaz de reduzir as dimensões das variáveis originais para duas e três variáveis no PC1 e PC2, respectivamente.

Observando as faixas de nutrientes consideradas adequadas para a interpretação do diagnóstico do estado nutricional em frutíferas (Tabela 8), obtidas nos manuais oficiais de calagem e adubação para RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016) e Paraná (PR) (MOREIRA et al., 2017), podemos verificar que a bananeira e o morangueiro são as frutíferas que possuem as faixas de teores mais altas para N e K, conjuntamente, corroborando com o resultado observado pelo PC1. Os resultados observados pelo PC2 também corroboram com as faixas de nutrientes dos manuais, onde o morangueiro e o pessegueiro, possuem as maiores faixas para P, Ca e Mg, e as culturas goiabeira, macieira e mangueira, possuem as menores faixas para P, Ca e Mg, analisadas conjuntamente (Tabela 8).

A análise discriminante realizada entre frutíferas pelo segundo critério de análise, na qual as espécies, bananeira Cavendish, macieira, pereira e pessegueiro ficaram de fora, foi realizada de duas formas: com VX nutrientes e produtividade (12 variáveis); e apenas VX nutrientes (11 variáveis). A ACP, com e sem a produtividade como variável, respondeu por 46,8 e 49,4% da variância total, respectivamente (Figuras 2 e 3).

Dos 46,8% da variância total da ACP com a produtividade, o primeiro componente principal (PC1) respondeu por 29,52% e o segundo componente principal (PC2) respondeu por 17,29%. No PC1 destacaram-se as variáveis Ca e Mn, contrastando com as variáveis N, P, K e Mg. Assim, se pode afirmar que as culturas da mangueira e videiras possuem maiores teores de Ca e Mn, e menores teores de N, P, K e Mg, contrastando com as culturas das bananeiras, atemoieira e morangueiro, as quais apresentaram maiores teores de N, P, K e Mg, e menores teores de Mn e Ca. No PC2 destacaram-se as variáveis Fe e Mn, contrastando com as variáveis S e Cu. As culturas do morango, bananeira prata de SC, videiras e mangueira, apresentaram maiores teores de Fe e Mn e menores teores de S e Cu. O inverso foi observado na goiabeira, que apresentou maiores teores de S e Cu, e menores teores de Fe e Mn (Figura 2). Nós destacamos que as culturas do morangueiro e bananeira prata de SC, possuem maiores teores de Fe e as culturas da mangueira e videiras maiores teores de Mn. No caso das mangueiras ou videiras, os maiores teores de Mn podem ser atribuídos a aplicações de fungicidas foliares que possuem Mn na composição, que talvez não foi totalmente retirado da superfície foliar durante as lavagens (SALES JÚNIOR; MEDEIROS, 2005; BRUNETTO et al., 2017). Mas também, em alguns casos, altos teores de Mn em folhas podem ser atribuídos a mecanismos, como exsudação de ácidos orgânicos, entre outros, usados pelo sistema radicular, para solubilizar compostos que tenham P (LAMBERS; CLEMENTS; NELSON, 2013), especialmente em solos tropicais e subtropicais, com baixa disponibilidade de P.

Quando isso acontece, compostos que possuem Mn podem ser solubilizados, incrementando a sua concentração na solução do solo, o que potencializa a sua aproximação a superfície externa das raízes e posterior absorção e redistribuição até a parte aérea (TRENTIN et al., 2019). Das doze variáveis utilizadas foram descartadas 6 e 8 variáveis para PC1 e PC2, respectivamente.

Analisando conjuntamente as faixas de nutrientes da mangueira e da videira (Tabela 8), percebe-se que a análise do PC1 está correta quando aponta maiores teores de Ca e Mn, e menores teores para N, P, K e Mg. O PC2 indica uma similaridade entre as culturas de bananeira (prata de SC), mangueira, morangueiro e videira, as quais possuem as faixas mais altas de Fe e Mn e mais baixas de S e Cu, segundo a tabela de faixas de nutrientes consideradas adequadas para a interpretação do diagnóstico nutricional (Tabela 8). O contrário, aconteceu com a goiabeira, menores faixas de Fe e Mn, e maiores faixas de S e Cu (Tabela 8), analisados conjuntamente.

A ACP sem a produtividade como variável respondeu mais da variância total (49,4%), comparado aos 46,8% da análise com a produtividade. O primeiro componente principal (PC1) respondeu por 30,66% e o segundo componente principal (PC2) respondeu por 18,74%. As variáveis que se destacaram nos dois primeiros componentes foram as mesmas que da ACP com a produtividade como variável, ou seja, Ca e Mn, contrastando com N, P, K e Mg no PC1, e Fe e Mn, contrastando com S e Cu no PC2. A separação das culturas também foi a mesma da ACP com a produtividade (Figura 3).

A análise discriminante realizada entre a macieira e a pereira foi a que obteve um melhor resultado entre todas as comparações realizadas. A variância acumulada pelos dois primeiros componentes principais (PC1 – 45,64% e PC2 – 16,93%), respondeu por 62,57% da variância total e foi possível uma visível separação da macieira e da pereira, com relação a sua composição nutricional. Esta separação é representada principalmente pelo PC1, no qual destacaram-se as variáveis Ca e Mg, contrastando com as variáveis N, B, Fe e produtividade. A cultura da pereira se distanciou da cultura da macieira, em razão de possuir maiores teores de Ca e Mg e menores valores de N, B, Fe e produtividade. Por outro lado, a macieira possui maiores valores de N, B, Fe e produtividade e menores teores de Ca e Mg (Figura 4). Os menores teores de Ca e Mg em macieiras podem ser atribuídos em parte, a maior exportação destes dois nutrientes via frutos ao longo dos anos (TRANI; HAAG; CATANI, 1981), o que diminui no solo os seus teores, normalmente derivados dos corretivos da acidez do solo o que,

por consequência, reduz as reservas de Ca e Mg em órgãos perenes, se refletindo em órgãos anuais, como as folhas. Das dez variáveis utilizadas foram descartadas 4 variáveis para o PC1.

Os resultados observados pela ACP entre a cultura da macieira e da pereira foi a única comparação que não foi confirmada pelas faixas de nutrientes consideradas adequadas, para a interpretação do diagnóstico nutricional publicados nas recomendações oficiais de calagem e adubação (Tabela 8).

Com relação a análise discriminante utilizando a análise de componentes principais (ACP) o ideal, segundo Rencher (2002), é que a variância acumulada pelos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) responda por 80% da variação total. Por outro lado, Hongyu, Sandanielo e Oliveira Junior (2015), consideraram a ACP efetiva explicando 68,13% da variabilidade dos dados originais.

As variâncias acumuladas obtidas pelas ACPs do presente estudo variaram entre 40,35 a 62,57% (Figuras 1 a 7). Estudos similares que realizaram análises discriminantes utilizando composições multinutrientes com transformações logarítmicas (PARENT et al., 2013a; ROZANE; PARENT; NATALE, 2016), não citam as variâncias acumuladas obtidas, o que seria interessante para fins de comparação.

### **3.3.2 Análises discriminantes entre cultivares de macieira, pessegueiro e mangueira**

Todas as análises discriminantes entre cultivares se sobrepuseram de forma similar em torno do ponto de interseção do eixo vertical e horizontal (0, 0) (Figuras 5, 6 e 7), não indicando uma separação por conta de algum componente principal e variáveis específicas. Isto pode indicar o que o teste de Lambda nos mostrou, ou seja, que as variáveis trabalhadas não foram satisfatórias para explicar as variâncias nas comparações entre cultivares (Tabela 7).

Em forma distinta de comparação entre cultivares de mangueira, Parent et al. (2013b) diferiram as cultivares “Palmer”, “Tommy”, “Espada” e “Haden” por meio da representação da confiança sobre médias, utilizando como variáveis 11 balanços de nutrientes (por exemplo [Mn | Cu, Zn] e [P | N, S]). Ainda existem poucos estudos utilizando comparações da composição nutricional entre frutíferas e entre cultivares, e por isso, se torna importante encontrar critérios e métodos estatísticos adequados para este tipo de comparação, que podem auxiliar nas metodologias de predição de adubação como, por exemplo, se as diferentes cultivares de uma espécie devem ou não serem adubadas da mesma forma.

### 3.4 CONCLUSÕES

Algumas similaridades nutricionais entre frutíferas foram observadas para determinados nutrientes como a bananeira e o morangueiro, que possuem teores mais altos para N e K; o morangueiro e o pessegueiro que possuem maiores teores de P, Ca e Mg; a goiabeira, a macieira e mangueira que possuem menores teores para P, Ca e Mg; a mangueira e as videiras que apontam maiores teores de Ca e Mn, e menores teores para N, P, K e Mg; a bananeira prata de SC, mangueira, morangueiro e videira, as quais possuem maiores teores de Fe e Mn e menores teores de S e Cu.

Isso indica a possibilidade de uso de uma análise discriminante para uma cultura que ainda não tenha estabelecido faixas de nutrientes consideradas adequadas, para a interpretação do diagnóstico nutricional, com outra cultura já com diagnósticos nutricionais e critérios de adubações bem definidos, possibilitando extrapolar valores de necessidade e dose de adubação de culturas já conhecidas, para aquelas que ainda não possuem estudos conclusivos.

As variáveis multinutrientes transformadas por log clr e a produtividade não foram variáveis satisfatórias para análises multivariadas, que demonstrem (dis)similaridade entre as cultivares de macieira, pessegueiro e mangueira.

### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS - ABRAFRUTAS. **Comparativo de exportação de frutas no ano de 2019 e 2018**. 2020. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2020/01/28/8825/>>. Acesso em: 17 fev. 2020.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214–1231, 2013.
- BRUNETTO, G.; AVELAR FERREIRA, P. A.; MELO, G. W.; CERETTA, C. A.; TOSELLI, M. Heavy metals in vineyards and orchard soils. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, p. 1–10, 2017.
- BRUNETTO, G.; ROZANE, D. E.; MELO, G. W. B.; ZALAMENA, J.; GIROTTO, E.; LOURENZI, C. R.; COUTO, R. R.; TIECHER, T.; KAMINSKI, J. Manejo da fertilidade de solos em pomares de frutíferas de clima temperado. In: TIECHER, T. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016, v. 1, cap. 9, p. 141–158.

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. [s.l.] Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016, 376 p.

COOMBES, K. R. **oompaBase: Class Unions, Matrix Operations, and Color Schemes for OOMPA**. R package version 3.2.9., 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=oompaBase>>.

FAO; WHO. **Fruit and vegetables for health: Report of a Joint FAO/WHO Workshop**. Kobe, Japan, 2004.

FAOSTAT. **Top 10 Country Production of Fruit, tropical fresh nes**. 2020. Disponível em: <[http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity)>. Acesso em: 17 fev. 2020.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. de. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 1, n. 5, p. 83–90, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal, produção 2018 temporaria**. 2018a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal, produção 2018 permanente**. 2018b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

LAMBERS, H.; CLEMENTS, J. C.; NELSON, M. N. How aphosphorus-acquisition strategy based on carboxylate exudation powers the success and agronomic potential of lupines (*Lupinus*, Fabaceae). **American Journal of Botany**, v. 100, n. 2, p. 263–288, 2013.

MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MULLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (ed.). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NESPAR, 2017, 482 p.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S.-E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1294–1306, 2012.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. 1 ed. Registro: UNESP, Câmpus Experimental de Registro, 2018, 124 p.

NAVA, G.; NACHTIGALL, G. R. **Avanços na nutrição de frutíferas temperadas**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA TEMPERADA EM REGIÃO

SUBTROPICAL, 7, 2017, Avaré - SP. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165745/1/Gilberto-Nava-co-autor-Nachtigal.pdf>>. Acessos em: 17 fev. 2020.

PARENT, S. É.; PARENT, L. E.; EGOZCUE, J. J.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; LAPOINTE, L.; HÉBERT-GENTILE, V.; NAESS, K.; MARCHAND, S.; LAFOND, J.; MATTOS JR, D.; BARLOW, P.; NATALE, W. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1–10, 2013a.

PARENT, S. É.; PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera Indica*). **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1–12, 2013b.

RENCHER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. 2. ed., [s.l.], A John Wiley & Sons, Interscience Publication, 2002, 727 p.

ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; PARENT, S.-É.; SANTOS, E. M. H. dos; ZALAMENA, J.; PARENT, L. E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional – CND. In: MELO, G. W. B. DE et al. (Ed.). **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. 1. ed. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2016. p. 45–61.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v. 44, n. 1, p. 102–112, 2016.

SALES JÚNIOR, R.; MEDEIROS, E. V. CONTROLE QUÍMICO DE DOENÇAS DA MANGUEIRA. **Anais do I Simpósio de Manga do Vale do São Francisco**, p. 1–15, 2005.

TODOROV, V.; FILZMOSER, P. An Object-Oriented Framework for Robust Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 32, n. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/v32/i03/>>.

TRANI, P. E.; HAAG, H. P.; CATANI, C. B. Nutrição mineral da macieira. iii. Crescimento e extração de nutrientes pelos frutos. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 38, n. 1, 1981.

TRENTIN, E.; FACCO, D. B.; HAMMERSCHMITT, R. K.; AVELAR FERREIRA, P. A.; MORSCH, L.; BELLES, S. W.; RICACHENEVSKY, F. K.; NICOLOSO, F. T.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T. L.; TAROUCO, C. P.; BERGHETTI, Á. L. P.; TOSELLI, M.; BRUNETTO, G. Potential of vermicompost and limestone in reducing copper toxicity in young grapevines grown in Cu-contaminated vineyard soil. **Chemosphere**, v. 226, p. 421–430, 2019.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. R Package**. Springer-Verlag New York, 2016. Disponível em: <<http://ggplot2.org>>.

Tabela 1 - Culturas, cultivares, locais de produção, safras e número de talhões e outliers das espécies analisadas.

<b>Culturas</b>	<b>Cultivares</b>	<b>Estado produtor</b>	<b>Safras</b>	<b>Nº de talhões/ outliers</b>
Atemoieira	Thompson	São Paulo (SP)	2013/14, 2014/15 e 2015/16	50/2
Bananeira	Grupo Cavendish	Santa Catarina (SC)	2015 e 2016	56/0
Bananeira	Prata	Santa Catarina (SC)	2016 e 2017	31/0
Bananeira	Prata	Sergipe (SE)	2015 e 2016	112/18
Goiabeira	Paluma	São Paulo (SP)	-	205/13
Macieira	Fuji e Gala	Santa Catarina (SC)	2001/02, 2002/03, 2003/04, 2004/05 e 2005/06	112/0
Mangueira	Palmer, Queity, Tommy, Espada e Haden	São Paulo (SP)	-	177/7
Morangueiro	-	Paraná (PR)	-	52/3
Pereira	Packans, Rocha e Santa Maria	Santa Catarina (SC)	2015 e 2016	68/7
Pessegueiro	Chiripá, Eragil, PS10711, Pialo, PS Tardio, Chimarrita, Kampai, Barbosa, Fascínio e Della Nonna	Rio Grande do Sul (RS)	-	137/0
Videira	Pinotage, Cabernet Sauvignon, Sauvignon Blanc, Riesling, Flora, Merlot, Cabernet Franc, Sémillon, Riesling Itálico, Tannat, Saint-Émilion, Napa Gamay, Chardonnay, Colomba, Chenin Blanc, Moscato Branco, Petite Sirah e Gamay Beaujolais	Rio Grande do Sul (RS)	2007/08	63/2
Videira	Estela	São Paulo (SP)	2016/17	31/2

Tabela 2 - Nutrientes presentes e ausentes nas análises das amostras foliares.

Culturas	Nutrientes											
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni
Atemoieira	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-
Bananeira <sup>(1)</sup>	◆	◆	◆	◆	◆	-	◆	◆	◆	◆	◆	-
Bananeira <sup>(2)</sup>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-
Bananeira <sup>(3)</sup>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-
Goiabeira	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-
Macieira	◆	◆	◆	◆	◆	-	◆	-	◆	◆	◆	-
Mangueira	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-
Morangueiro	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-
Pereira	◆	◆	◆	◆	◆	-	◆	-	◆	◆	◆	-
Pessegueiro	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-	◆	◆	◆	◆	◆
Videira <sup>(4)</sup>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-
Videira <sup>(5)</sup>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-

<sup>(1)</sup> Cavendish - SC; <sup>(2)</sup> Prata - SC; <sup>(3)</sup> Prata - SE; <sup>(4)</sup> RS; <sup>(5)</sup> SP; ◆ = Presente; - = Ausente

Tabela 3 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup>, positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de macronutrientes, com um arranjo dimensional de nutrientes  $d = 10$  <sup>(2)</sup>, em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com arranjo  $d = 11$ .

<b><i>n</i></b>	<b>---- IN ----</b>		<b>--- IP ---</b>		<b>--- IK ---</b>		<b>-- ICa ---</b>		<b>--- IMg ---</b>		<b>--- IS ----</b>	
	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2'</math></b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2'</math></b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2'</math></b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2'</math></b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2'</math></b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2'</math></b>
<b>1</b>	1 (+)	8,1	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>2</b>	5 (+)	2,5	10 (-)	0	0 (+)	10	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
<b>3</b>	10 (-)	0	0 (+)	10	0 (+)	10	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>4</b>	10 (-)	0	2 (+)	8,1	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	4 (-)	3,6
<b>5</b>	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>6</b>	10 (+)	0	10 (+)	0	4 (+)	3,6	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>7</b>	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>8</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	0 (+)	10	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>9</b>	0 (+)	10	0 (+)	10	10 (+)	0	0 (-)	10	10 (+)	0	10 (+)	0
<b>10</b>	1 (+)	8,1	10 (-)	0	0 (+)	10	0 (-)	10	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>11</b>	0 (+)	10	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	1 (-)	8,1
<b>12</b>	0 (+)	10	9 (+)	0,1	10 (+)	0	1 (-)	8,1	9 (+)	0,1	9 (-)	0,1
<b>13</b>	10 (+)	0	0 (+)	10	1 (+)	8,1	0 (-)	10	10 (+)	0	10 (+)	0
<b>14</b>	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>15</b>	10 (-)	0	9 (+)	0,1	10 (+)	0	7 (-)	0,9	10 (+)	0	4 (-)	3,6
<b>16</b>	10 (-)	0	0 (+)	10	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	9 (-)	0,1
<b>17</b>	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	9 (-)	0,1
<b>18</b>	3 (+)	4,9	10 (+)	0	0 (+)	10	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>19</b>	10 (+)	0	9 (+)	0,1	0 (+)	10	10 (+)	0	10 (+)	0	2 (-)	6,4
<b>20</b>	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	9 (-)	0,1
<b>21</b>	10 (-)	0	0 (+)	10	0 (+)	10	0 (-)	10	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>22</b>	7 (+)	0,9	10 (+)	0	9 (+)	0,1	1 (-)	8,1	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>23</b>	10 (-)	0	1 (+)	8,1	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>24</b>	10 (+)	0	0 (+)	10	0 (+)	10	6 (-)	1,6	10 (+)	0	10 (+)	0
<b>25</b>	10 (+)	0	0 (+)	10	0 (+)	10	2 (-)	6,4	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>26</b>	2 (+)	6,4	1 (+)	8,1	0 (+)	10	9 (-)	0,1	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>27</b>	9 (+)	0,1	0 (+)	10	5 (+)	2,5	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0

<b>28</b>	9 (+)	0,1	0 (+)	10	0 (+)	10	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
<b>29</b>	9 (+)	0,1	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
$\chi^2$		<b>61,2*</b>	<b>114,6*</b>	<b>124,3*</b>	<b>65,2*</b>	<b>0,1<sup>ns</sup></b>	<b>22,1<sup>ns</sup></b>					

(1) quando positivo, indica excesso do nutriente e quando negativo, indica a falta do nutriente; (2) O arranjo dimensional é  $d = (11 - 1)$  para cada um dos dez cenários avaliados, contudo os valores contemplados na comparação, abordam ao todo os mesmos 11 elementos nutricionais do referencial;  $n$  = número do talhão avaliado na norma, ordenado previamente na ordem decrescente de produtividade; \* = significativo a 5%;  $ns$  = não significativo.

Tabela 4 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup>, positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de micronutrientes, com um arranjo dimensional de nutrientes  $d = 10$  <sup>(2)</sup>, em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com arranjo  $d = 11$ .

<i>n</i>	---- IB ----		---- ICu ----		---- IFe ----		---- IMn ----		---- IZn ----	
	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$
1	0 (-)	10	10 (+)	0	0 (+)	10	10 (-)	0	6 (-)	1,6
2	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
3	0 (-)	10	10 (-)	0	1 (+)	8,1	10 (+)	0	0 (-)	10
4	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	0 (-)	10	10 (+)	0
5	9 (-)	0,1	10 (-)	0	6 (+)	1,6	10 (-)	0	10 (+)	0
6	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	1 (-)	8,1	10 (-)	0
7	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
8	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
9	1 (-)	8,1	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
10	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	9 (-)	0,1	9 (-)	0,1
11	0 (-)	10	10 (-)	0	10 (-)	0	0 (-)	10	10 (-)	0
12	0 (-)	10	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
13	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
14	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
15	0 (-)	10	10 (-)	0	0 (+)	10	10 (+)	0	10 (-)	0
16	1 (-)	8,1	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
17	10 (-)	0	10 (-)	0	4 (+)	3,6	10 (-)	0	10 (+)	0
18	10 (-)	0	10 (+)	0	9 (-)	0,1	10 (+)	0	10 (-)	0
19	1 (-)	8,1	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
20	1 (-)	8,1	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
21	0 (-)	10	10 (-)	0	0 (+)	10	10 (+)	0	10 (+)	0
22	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
23	0 (-)	10	10 (-)	0	1 (+)	8,1	0 (-)	10	10 (+)	0
24	0 (-)	10	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
25	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	7 (-)	0,9
26	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
27	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0

<b>28</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>29</b>	0 (-)	10	0 (-)	10	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b><math>\chi^2</math></b>	<b>122,5*</b>		<b>10,0<sup>ns</sup></b>		<b>51,5*</b>		<b>38,2*</b>		<b>12,6<sup>ns</sup></b>	

(1) quando positivo, indica excesso do nutriente e quando negativo, indica a falta do nutriente; (2) O arranjo dimensional é  $d = (11 - 1)$  para cada um dos dez cenários avaliados, contudo os valores contemplados na comparação, abordam ao todo os mesmos 11 elementos nutricionais do referencial;  $n$  = número do talhão avaliado na norma, ordenado previamente na ordem decrescente de produtividade; \* = significativo a 5 %;  $ns$  = não significativo.

Tabela 5 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup>, positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de macronutrientes, com arranjo dimensional de 11 elementos <sup>(2)</sup>, em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com o mesmo tamanho de arranjo.

<b>n</b>	---- IN ----		---- IP ----		---- IK ----		--- ICa ---		---- IMg ---		---- IS ----	
	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$	FO	$\chi^2'$
1	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	8 (+)	0,4
2	10 (+)	0	8 (-)	0,4	9 (+)	0,1	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
3	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
4	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
5	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
6	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
7	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
8	10 (-)	0	8 (-)	0,4	10 (+)	0	10 (-)	0	9 (+)	0,1	10 (-)	0
9	5 (+)	2,5	10 (+)	0	10 (+)	0	9 (-)	0,1	10 (+)	0	10 (+)	0
10	5 (+)	2,5	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
11	2 (+)	6,4	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
12	8 (+)	0,4	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	4 (+)	3,6	10 (-)	0
13	10 (+)	0	6 (+)	1,6	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
14	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
15	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	9 (+)	0,1	10 (-)	0
16	10 (-)	0	9 (+)	0,1	10 (+)	0	10 (-)	0	9 (+)	0,1	10 (-)	0
17	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
18	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
19	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	1 (+)	8,1	10 (+)	0	10 (-)	0
20	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
21	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
22	9 (+)	0,1	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
23	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
24	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	4 (+)	3,6	10 (+)	0
25	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
26	5 (+)	2,5	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
27	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	7 (+)	0,9

<b>28</b>	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	7 (+)	0,9
<b>29</b>	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
$\chi^2$	<b>14,4<sup>ns</sup></b>		<b>2,5<sup>ns</sup></b>		<b>0,1<sup>ns</sup></b>		<b>8,2<sup>ns</sup></b>		<b>7,5<sup>ns</sup></b>		<b>2,2<sup>ns</sup></b>	

(1) quando positivo, indica excesso do nutriente e quando negativo, indica a falta do nutriente; (2) O arranjo dimensional é o mesmo do referencial, contudo os dez cenários avaliados apresentaram diferença nos tipos de nutrientes abordados, sendo removido em cada cenário 1 elemento conhecido por um valor imaginário de valor muito pequeno ( $X=0,1$  mg);  $n$  = número do talhão avaliado na norma, ordenado previamente na ordem decrescente de produtividade; \* = significativo a 5 %;  $ns$  = não significativo.

Tabela 6 - Distribuição qui-quadrado ( $\chi^2$ ) das frequências observadas (FO) das análises qualitativas <sup>(1)</sup>, positivas (+) e negativas (-), dos Índices de balanço nutricional de micronutrientes, com arranjo dimensional de 11 elementos <sup>(2)</sup>, em relação às frequências esperadas de ( $FE = 10$ ) para os Índices de cada nutriente, com base em um referencial com o mesmo tamanho de arranjo.

<b>n</b>	<b>---- IB ----</b>		<b>---- ICu ----</b>		<b>---- IFe ----</b>		<b>---- IMn ----</b>		<b>---- IZn ----</b>	
	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2</math>,</b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2</math>,</b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2</math>,</b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2</math>,</b>	<b>FO</b>	<b><math>\chi^2</math>,</b>
<b>1</b>	9 (-)	0,1	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>2</b>	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>3</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	9 (-)	0,1
<b>4</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>5</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>6</b>	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>7</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	4 (+)	3,6	10 (-)	0
<b>8</b>	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>9</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
<b>10</b>	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	9 (-)	0,1
<b>11</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>12</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>13</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	9 (+)	0,1
<b>14</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>15</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	9 (+)	0,1	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>16</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (+)	0
<b>17</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>18</b>	10 (-)	0	10 (+)	0	9 (-)	0,1	10 (+)	0	10 (-)	0
<b>19</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>20</b>	10 (-)	0	4 (+)	3,6	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>21</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	8 (+)	0,4	10 (+)	0	9 (+)	0,1
<b>22</b>	3 (+)	4,9	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>23</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	8 (-)	0,4	10 (+)	0
<b>24</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>25</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0
<b>26</b>	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>27</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (-)	0

<b>28</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
<b>29</b>	10 (-)	0	10 (-)	0	10 (+)	0	10 (-)	0	10 (+)	0
$\chi^2$	<b>5,0<sup>ns</sup></b>		<b>3,6<sup>ns</sup></b>		<b>0,6<sup>ns</sup></b>		<b>4,0<sup>ns</sup></b>		<b>0,4<sup>ns</sup></b>	

(1) quando positivo, indica excesso do nutriente e quando negativo, indica a falta do nutriente; (2) O arranjo dimensional é o mesmo do referencial, contudo os dez cenários avaliados apresentaram diferença nos tipos de nutrientes abordados, sendo removido em cada cenário 1 elemento conhecido por um valor imaginário de valor muito pequeno ( $X=0,1$  mg);  $n$  = número do talhão avaliado na norma, ordenado previamente na ordem decrescente de produtividade; \* = significativo a 5 %;  $ns$  = não significativo.

Tabela 7 - Teste Lambda de Wilks das 7 comparações realizadas.

Comparação	Lambda ( $\lambda$ )	p
Maçã x Pera	0,064129	< 2,2e-16
Fuji x Gala	0,6995	5,29e-05
Palmer x Tommy	0,45356	< 2,2e-16
Chiripá x Eragil	0,44888	1,562e-08
Frutas (1° critério)	0,000034096	<2,2e-16
Frutas (2° critério, com produtividade)	0,000027747	< 2,2e-16
Frutas (2° critério, sem produtividade)	0,000042973	< 2,2e-16

Figura 1 - Análise discriminante entre frutíferas, utilizando o primeiro critério de análise, por ACP.

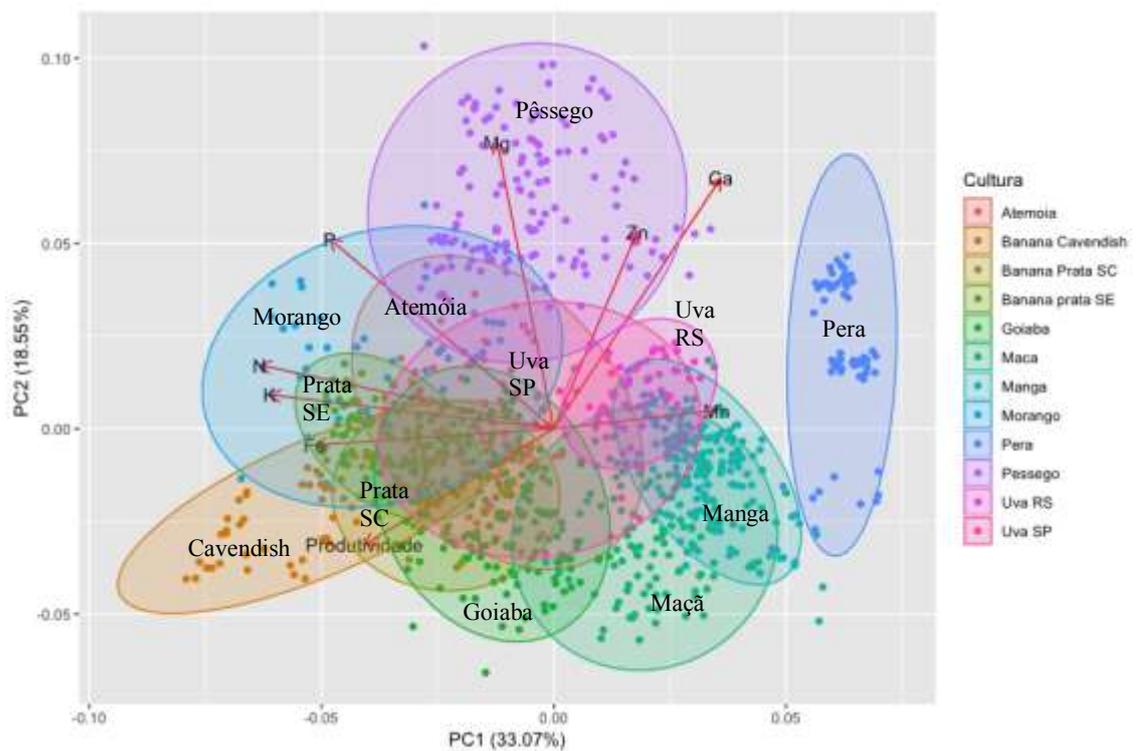


Figura 2 - Análise discriminante entre frutíferas, utilizando o segundo critério de análise, com a variável produtividade, por ACP.

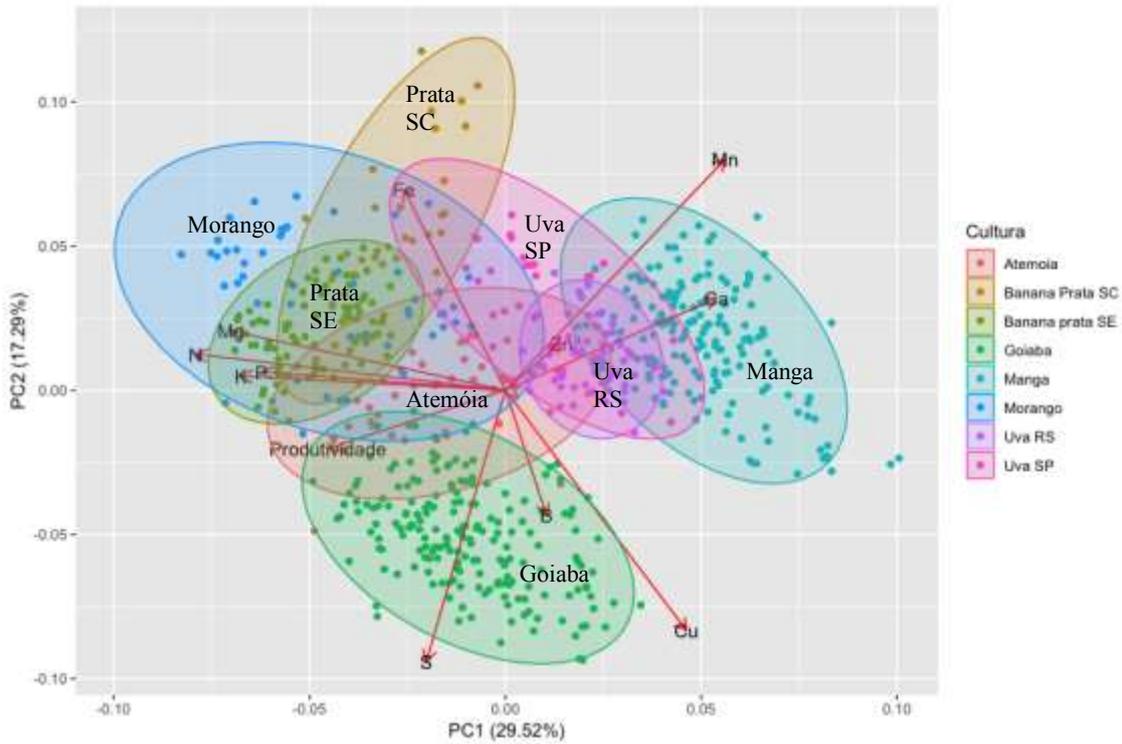


Figura 3 - Análise discriminante entre frutíferas, utilizando o segundo critério de análise, sem a variável produtividade, por ACP.

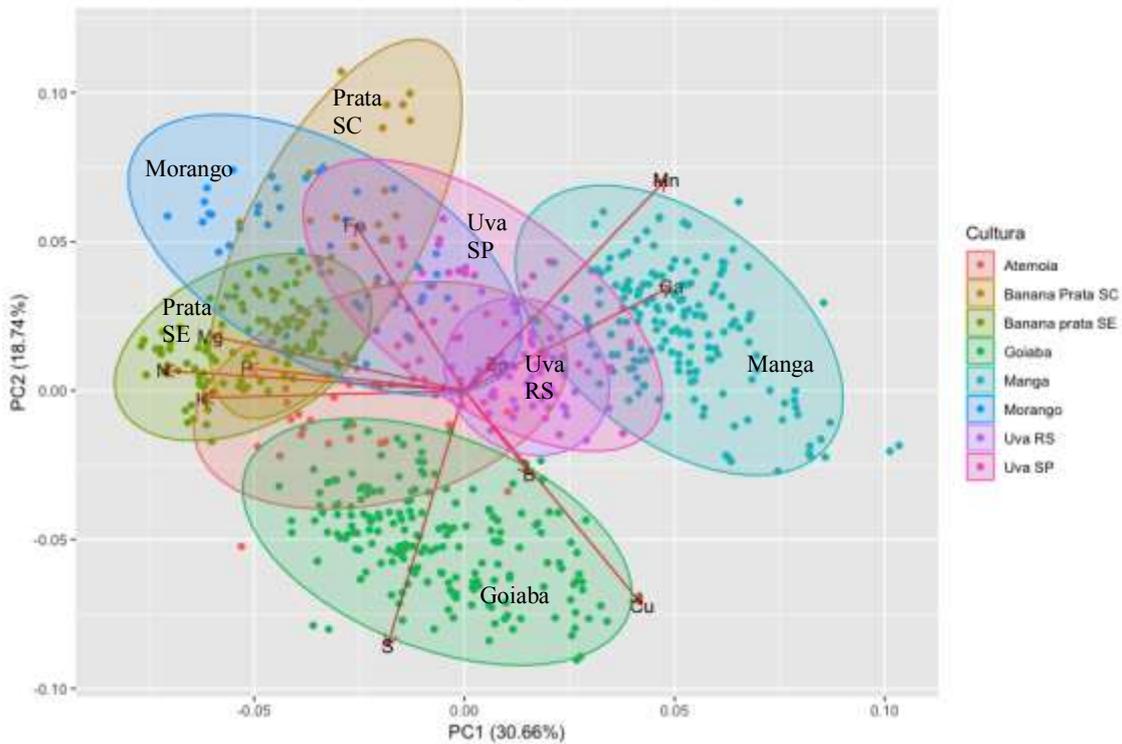


Figura 4 - Análise discriminante entre maçã e pera, utilizando o segundo critério de análise, por ACP.

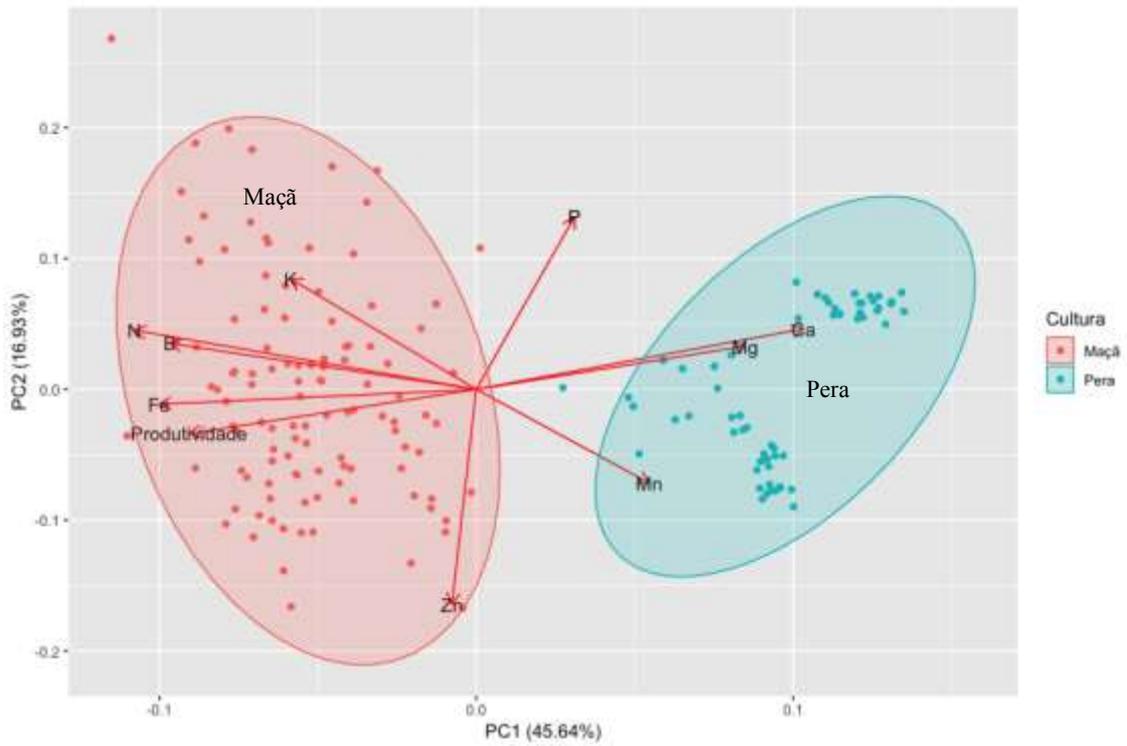


Figura 5 - Análise discriminante entre cultivares de maçã por ACP.

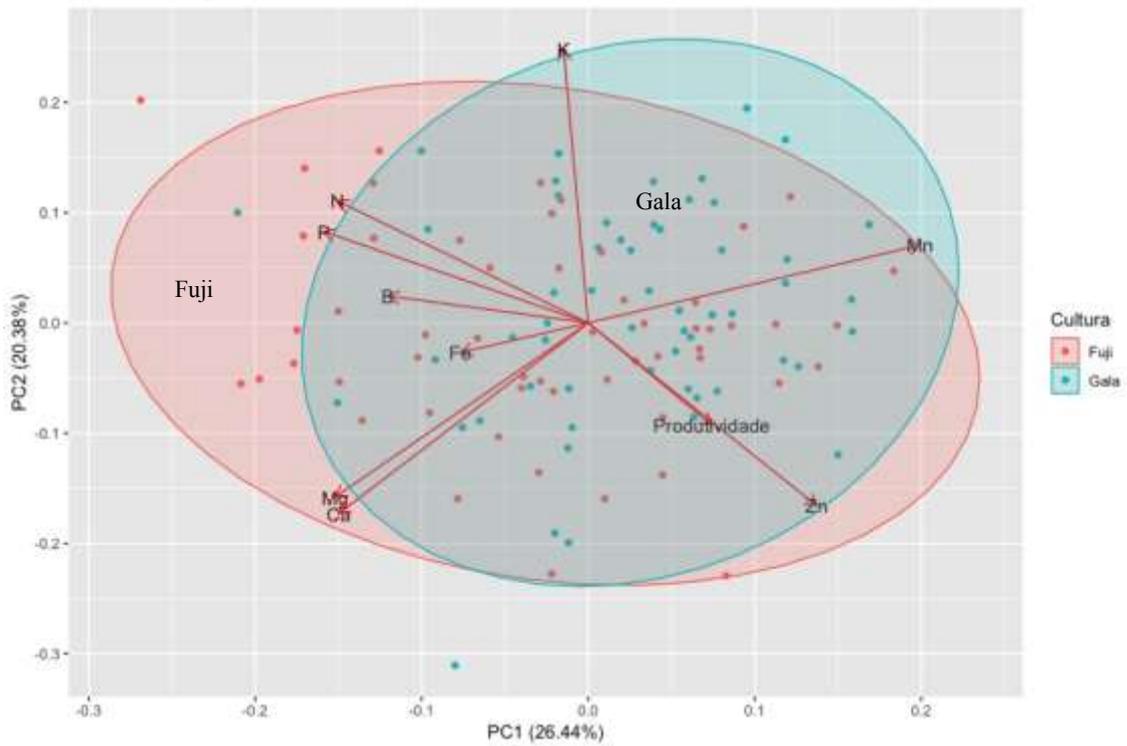


Figura 6 - Análise discriminante entre cultivares de manga por ACP.

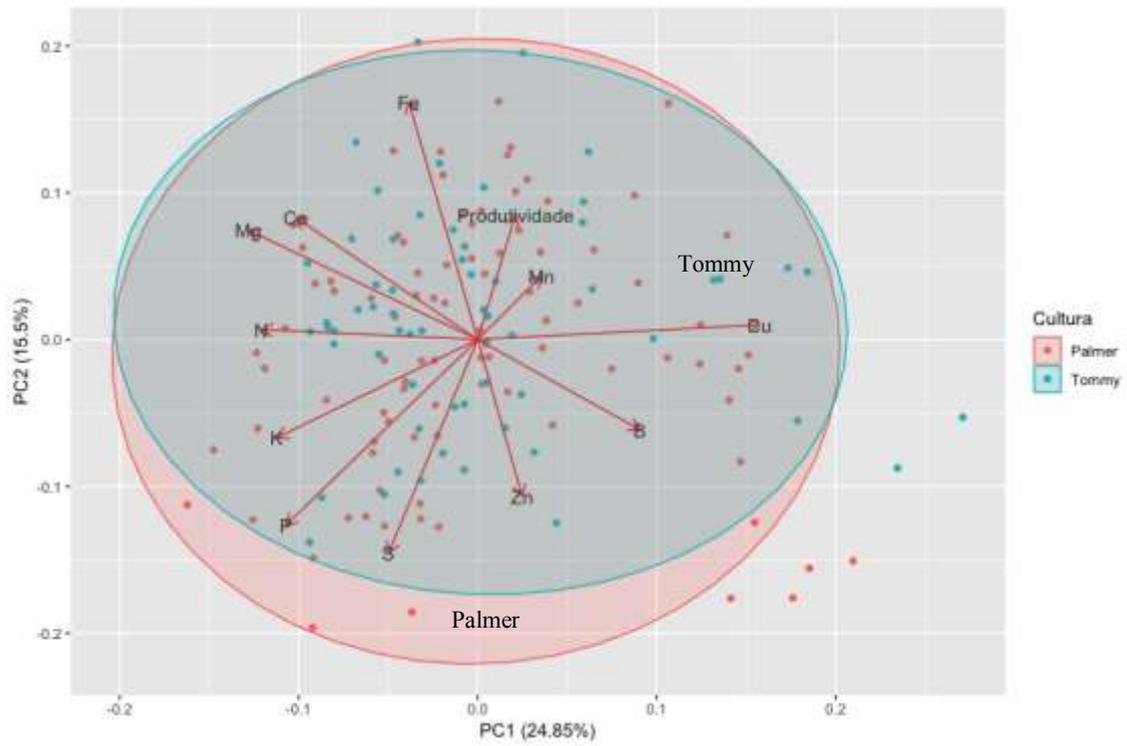


Figura 7 - Análise discriminante entre cultivares de pêsego por ACP.

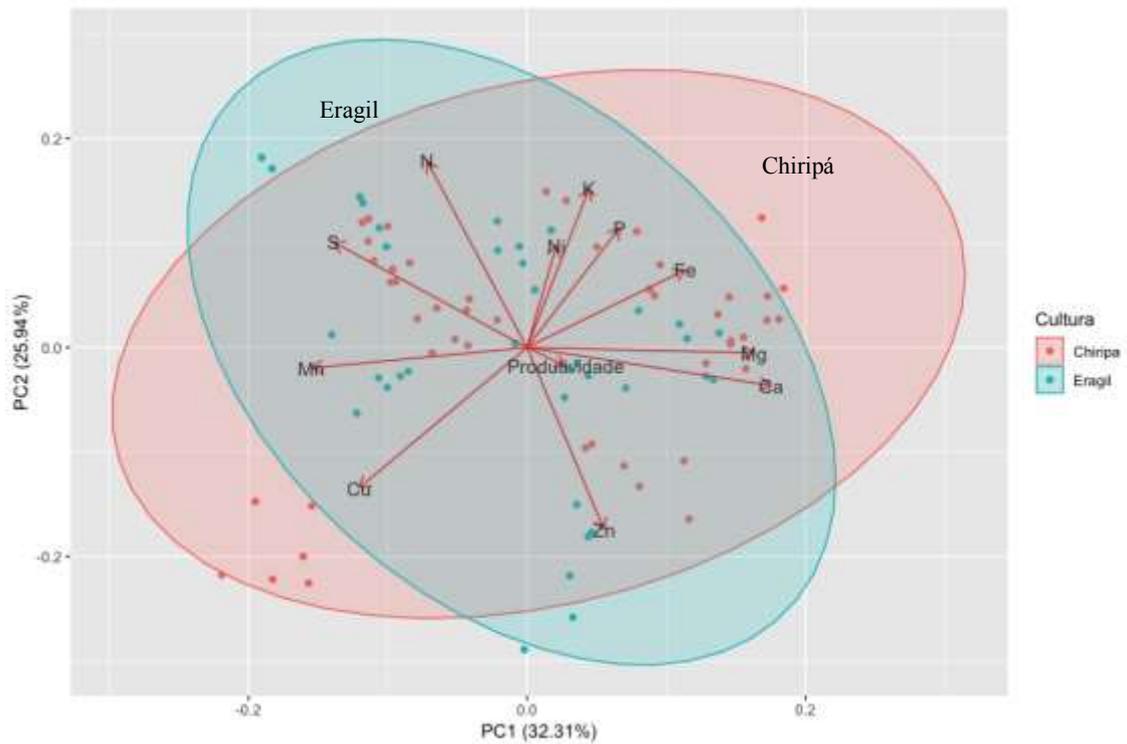


Tabela 8 - Faixas de nutrientes consideradas adequadas para a interpretação do diagnóstico nutricional.

Culturas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Atemoieira <sup>(1)</sup>	30-35	0,9-1,9	14-17	11-18	2,2-4,0	1,5-2,4	57-73	6-14	69-113	42-127	18-50
Bananeira <sup>(2)</sup>	27-36	1,8-2,7	35-54	3-12	3,0-6,0	2,5-8,0	10-25	6-30	80-360	200-2000	20-50
Goiabeira <sup>(1)</sup>	20-23	1,4-1,8	14-17	7-11	3,4-4,0	2,5-3,5	20-25	20-40	60-90	40-80	25-35
Macieira <sup>(2)</sup>	20-25	1,5-3,0	12-15	11-17	2,5-4,5	-	30-50	5-30	50-250	30-130	20-100
Mangueira cv. Palmer <sup>(1)</sup>	13-15	0,9-1,0	10-11	18-21	1,9-2,1	1,3-1,4	22-29	16-31	61-77	459-573	18-25
Mangueira cv. Tommy <sup>(1)</sup>	12-13	0,9-1,1	8-9	20-23	1,8-2,0	1,2-1,4	24-30	16-33	55-68	411-560	19-24
Morangueiro <sup>(2)</sup>	15-25	2,0-4,0	20-40	10-25	6-10	1,0-5,0	35-100	5-20	50-300	30-300	20-50
Pereira <sup>(2)</sup>	21-25	1,5-3,0	13-15	12-17	2,5-4,5	-	30-50	5-30	50-250	30-130	20-100
Pessegueiro <sup>(2)</sup>	33-45	1,5-3,0	14-20	17-26	5,0-8,0	-	30-60	6-30	100-230	30-160	24-37
Videira <sup>(2)</sup>	16-24	1,2-4,0	8-16	16-24	2,0-6,0	3,3-3,8 <sup>1</sup>	30-65	18-22 <sup>1</sup>	60-150	30-300	25-60

<sup>(1)</sup> Moreira et al. (2017); <sup>(2)</sup> CQFS - RS/SC (2016)

## 4 ARTIGO 2

### **Análise da abundância natural de $^{15}\text{N}$ como identificador para a certificação de alimentos derivados de diferentes sistemas orgânicos no sul do Brasil**

#### **Resumo**

A abundância natural do isótopo estável  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) nos sistemas de produção vem se mostrando como alternativa em diferenciar produtos orgânicos de produtos convencionais, de acordo com a adubação nitrogenada utilizada no processo de produção. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fertilizantes nitrogenados, solo e tecido vegetal (folhas e frutos/grãos/tubérculos) para diferenciar o tipo de sistema de produção agrícola, orgânico ou convencional, nas culturas de arroz, batata, macieira e bananeira. Foram coletadas amostras de fontes de N, solo e tecido vegetal (folhas, grãos de arroz, tubérculos de batata e frutos de bananeira e macieira) em diversas cidades de Santa Catarina (SC), Sul do Brasil, entre o período de dezembro de 2018 e julho de 2019. Com as amostras secas e finamente moídas foi analisada a composição isotópica de  $^{15}\text{N}$ , em espectrômetro de massa com razão isotópica (IRMS) acoplado a um analisador elementar. Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fontes de N variaram de +5,58 a +18,27‰ e de -3,55 a +3,19‰ para fertilizantes orgânicos e minerais, respectivamente. Os intervalos de confiança (IC) da média dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistema de produção orgânico se sobrepuseram aos intervalos de confiança da média dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistema de produção convencional. Já os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das amostras dos alimentos das propriedades orgânicas de arroz, batata e banana foram maiores que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das propriedades convencionais, o que também aconteceu para os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das folhas das quatro culturas (arroz, batata, bananeira e macieira). Os resultados encontrados permitiram a diferenciação dos sistemas de produção com os valores de abundância natural de  $^{15}\text{N}$  das folhas para todas as culturas e dos alimentos, para o arroz, a batata e a bananeira.

**Palavras-chave:** sistema orgânico, sistema convencional,  $\delta^{15}\text{N}$ , arroz, batata, macieira, bananeira

#### **Abstract**

Natural abundance of the stable  $^{15}\text{N}$  isotope ( $\delta^{15}\text{N}$ ) in production systems has been shown as an alternative to differentiate organic from conventional products, according to nitrogen fertilization used in the production process. The aim of this study was to evaluate the use of  $\delta^{15}\text{N}$  values of nitrogen fertilizers, soil and plant tissue (leaves and fruits / grains / tubers) to differentiate the type of agricultural production system, organic or conventional tillage, in rice, potatoes, apple trees and banana trees. Samples of N sources, soil and plant tissue (leaves, rice grains, potato tubers and banana and apple fruits) were collected in several municipalities in Santa Catarina (SC), Southern Brazil, between December 2018 and July 2019. With the dry and finely ground samples, the  $^{15}\text{N}$  isotopic composition was analyzed using an isotopic ratio mass spectrometer (IRMS) coupled to an elemental analyzer. The values of  $\delta^{15}\text{N}$  from sources of N ranged from +5.58 to + 18.27 ‰ and from -3.55 to + 3.19 ‰ for organic and mineral fertilizers, respectively. The confidence intervals (CI) of the average of the  $\delta^{15}\text{N}$  values of the soils from the organic production system overlapped the

confidence intervals of the  $\delta^{15}\text{N}$  average values from the soils of the conventional production system. The  $\delta^{15}\text{N}$  values of the food samples from the organic properties of rice, potatoes and bananas were higher than the  $\delta^{15}\text{N}$  values from conventional properties, which also happened to the  $\delta^{15}\text{N}$  values of the leaves of the four crops (rice, potato, banana and apple tree). The results found allowed the differentiation of the production systems with the values of natural abundance of  $^{15}\text{N}$  of the leaves for all the crops and food, for rice, potato and banana.

**Keywords:** Organic farming, Conventional Tillage,  $\delta^{15}\text{N}$ , rice, potatoes, apple tree, banana tree.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Santa Catarina (SC) possui pouco mais de 183 mil estabelecimentos agropecuários, entre eles estão 2,1 mil estabelecimentos produtores de maçã (produzindo 551 mil toneladas), 4,2 mil estabelecimentos produtores de banana (produzindo 568 mil toneladas) (IBGE, 2017a), 5,9 mil estabelecimentos produtores de arroz (produzindo 921,6 mil toneladas) e 6,4 mil estabelecimentos produtores de batata (produzindo 85,6 mil toneladas) (IBGE, 2017b). Este panorama permite a SC lugar de destaque no ranking do Brasil, estando na 1º, 2º, 3º e 6º posição de maior produtor brasileiro de maçã, arroz, banana e batata, respectivamente, por quantidade produzida (IBGE, 2017c).

Ainda no cenário agropecuário, SC também se destaca pela produção animal, principalmente aves e suínos, os quais contam com um efetivo de 160 milhões de cabeças de aves (exemplo, galinhas, galos, frangas e frangos) e de 8,4 milhões de cabeças de suínos (IBGE, 2017a). Este alto efetivo de animais no estado traz como consequência a produção de grande quantidade de dejetos animais, por exemplo, para suínos se estima a produção de 7 a 8 litros de dejetos líquidos por dia por suíno adulto, sendo o principal destino desses dejetos a sua aplicação como fertilizantes na produção agrícola, tanto de forma de dejetos, quanto na forma de composto orgânico (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002), que podem ser aproveitados no sistema de produção orgânico e no sistema de produção convencional. Não existem dados que apontem quanto desse tipo de fertilizante orgânico é utilizado pelos sistemas de produção, uma vez que as aplicações deste fertilizante em sua maioria não seguem parâmetros técnicos. Porém, sabe-se que os fertilizantes orgânicos, como dejetos animais e compostos, têm sido amplamente utilizados nos sistemas de produção orgânico, já nos sistemas de produção convencional prevalece o uso de fertilizantes nitrogenados minerais industrializados, como a ureia, nitratos e formas de amônio (INÁCIO et al., 2020).

A demanda por alimentos orgânicos – produzidos sem o uso de fertilizantes minerais e agrotóxicos (BRASIL, 2003, 2011) - e, conseqüentemente, sua produção vem crescendo a

cada ano, atrelada, principalmente, pela busca dos consumidores por produtos mais seguros, saudáveis e de melhor sabor (RAPISARDA et al., 2010; TOBIN; LARKIN; MOANE, 2011), além da percepção pelos consumidores que este tipo de sistema de produção agrícola gera um menor impacto ao ambiente. No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é o órgão responsável por estabelecer as normas para a produção e a certificação de produtos orgânicos (BRASIL, 2009c, 2011). Mesmo certificados, os produtos orgânicos são submetidos a fiscalizações, para atestar sua procedência orgânica e evitar possíveis fraudes. Por isso, amostragem dos produtos e análises de resíduos de agrotóxicos são realizados, porém com relação a adubação aplicada ao solo não existe um método padrão que garanta que a produção orgânica esteja em conformidade com as normas (BRASIL, 2009a; RAPISARDA et al., 2010).

Nesse sentido, a abundância natural de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) pode contribuir na discriminação de produtos oriundos do sistema de produção convencional daqueles do sistema de produção orgânico com relação a adubação, principalmente, por causa da ligação do valor de  $\delta^{15}\text{N}$  com a fonte de fertilizante nitrogenado utilizado no sistema de produção (NISHIDA; SATO, 2015; INÁCIO et al., 2020). Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fertilizantes orgânicos e sintéticos variam, segundo a literatura, entre +5 a +20‰ e -5 a +5‰, respectivamente, podendo este valor ser refletido nas plantas (VITÒRIA et al., 2004; LIM et al., 2010; CHALK; MAGALHÃES; INÁCIO, 2013).

Estudos de identificação dos sistemas de produção através dos valores  $\delta^{15}\text{N}$  foram conduzidos em alguns países, a exemplo da Itália, Espanha, Japão e Brasil (CAMIN et al., 2007; RAPISARDA et al., 2010; FLORES et al., 2013; NISHIDA; SATO, 2015; INÁCIO et al., 2020). Porém, ainda são poucos os estudos em condições tropicais e subtropicais, nas quais o Brasil se encontra. O primeiro estudo realizado no Brasil para avaliar o potencial uso dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  na discriminação de sistemas de produção foi feito no Rio de Janeiro com plantas de alface, no qual os autores concluíram que a análise de  $\delta^{15}\text{N}$  não foi suficiente para detectar os produtos orgânicos, porém observaram também uma tendência de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  um pouco mais positiva em vegetais cultivados sob condições de clima tropical do que os de clima temperado (INÁCIO et al., 2015). Posteriormente, esta mesma técnica foi utilizada para avaliar a discriminação do sistema de produção orgânico, do sistema de produção convencional e do sistema de produção hidropônico de plantas de alface, morango e tomate

(INÁCIO et al., 2020). Por isso, se torna necessário ampliar esse estudo para outras culturas de importância para o Brasil, como o arroz, a batata, a macieira e a bananeira.

O estudo objetivou avaliar o uso dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fertilizantes nitrogenados, solo e tecido vegetal (folhas e frutos/grãos/tubérculos) para diferenciar o tipo de sistema de produção agrícola, se orgânico ou convencional, nas culturas de arroz, batata, macieira e bananeira.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Localização do estudo, espécies e sistemas de produção

O estudo foi realizado no Estado de Santa Catarina (SC), região Sul do Brasil. As espécies avaliadas possuem grande importância econômica e social no Brasil. As espécies possuíam histórico de cultivo em sistema de produção convencional, onde fertilizantes minerais foram utilizados ao longo dos anos de cultivo, como fontes de N (exemplo, a ureia) e em sistemas de produção orgânico, onde ao longo dos anos resíduos orgânicos (exemplo, composto orgânico) foram utilizados como fonte de N, não sendo aplicado qualquer fonte mineral.

As espécies avaliadas no estudo foram o arroz (*Oryza sativa*), a bananeira (*Musa* spp.), a batata (*Solanum tuberosum* L.) e a macieira (*Malus domestica*). O arroz e a bananeira foram cultivados em propriedades de municípios da região de Araranguá (SC), área litorânea, sendo o arroz cultivado no sistema alagado. As propriedades de batata e macieira estão localizadas no município de São Joaquim (SC), planalto serrano. Para a cultura da batata foram coletadas amostras em uma área conduzida em sistema convencional e uma área em sistema orgânico; em duas áreas em sistema convencional e em duas áreas de sistema orgânico para a cultura da banana; e em três áreas em sistema convencional e em três áreas em sistema orgânico para a cultura do arroz e da macieira. Assim, ao total foram amostradas 18 áreas. Maiores detalhes sobre as áreas podem ser observados na Tabela 9.

### 4.2.2 Coletas de amostras de tecido vegetal, solo e fertilizantes

Amostras de tecido vegetal (folhas, frutos, grãos e tubérculos), solo e fertilizantes orgânicos e minerais utilizados nos sistemas de produção de cada espécie foram coletadas. Cinco amostras compostas foram coletadas aleatoriamente de cada material em cada área dos sistemas de produção.

#### 4.2.2.1 Folhas

Na cultura da macieira doze folhas foram coletadas no terço médio dos ramos no ano, localizados em todos os quadrantes da planta, na parte inferior, média e superior do dossel. As folhas foram unidas, formando uma amostra por planta, ou seja, cinco plantas foram amostradas. As folhas foram coletadas no período entre 11 e 14 de fevereiro de 2019, o que coincide, aproximadamente, com a maturação dos frutos. A época e procedimento de coleta de folhas para a macieira seguiu recomendação estabelecida pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo, para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS - RS/SC, 2016).

Na cultura da banana, três plantas compuseram uma amostra, nas quais a terceira folha, de cada planta, a contar do ápice foi coletada. Em cada folha foram coletados 10 a 25 cm da parte interna mediana do limbo, eliminando-se a nervura central. As folhas foram coletadas no período entre 28 de junho e 09 de julho de 2019, com a inflorescência no estágio de todas as pencas femininas descobertas (sem brácteas) e não mais de três pencas de flores masculinas. A época e procedimento de coleta seguiu recomendação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (EMBRAPA, 2004).

Na cultura do arroz a folha bandeira foi coletada no início do estágio reprodutivo da cultura, isto é, quando esta se encontra com menos de 50% de floração. Doze folhas bandeiras foram coletadas para comporem uma amostra, no dia 19 de fevereiro de 2019 nas propriedades do município de Meleiro e no dia 23 de abril de 2019 nas propriedades dos municípios de Araranguá e de São João do Sul. Esta diferença na data das coletas se deu pela diferença das datas de plantio dos municípios. A época e procedimento de coleta seguiu recomendação estabelecida pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo, para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS - RS/SC, 2016).

Na cultura da batata foi coletada a quarta folha de cada planta, sendo uma amostra composta por 6 folhas. As folhas foram coletadas no dia 11 de dezembro de 2018, aproximadamente, no meio do ciclo da cultura (35-45 dias após emergência). A época e procedimento de coleta seguiu recomendação de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Todas as folhas coletadas foram lavadas com água destilada e armazenadas em sacos de papel.

#### 4.2.2.2 Frutos, tubérculos e grãos

As respectivas amostras foram compostas em uma única, para cada espécie, conforme descrito a seguir. Em pleno período de maturação da macieira, que ocorreu meio do mês de fevereiro de 2019, foram colhidos quatro frutos por planta, compondo uma amostra. Quatro frutos de banana ainda verdes no estágio de maturação, que ocorreu entre o final do mês de junho e início do mês de julho de 2019, os frutos de banana foram coletados, na parte superior, média e inferior do cacho, em três plantas aleatoriamente. Seis panículas de arroz maduras foram coletadas no final de fevereiro e final de abril de 2019 (diferenças em decorrência das diferentes datas de plantio das propriedades), aleatoriamente em seis plantas. Seis tubérculos de batata foram coletados aleatoriamente no momento da colheita (31 de janeiro de 2019). Todos os frutos coletados foram lavados em água destilada e armazenados em sacos de papel.

#### 4.2.2.3 Solo

Amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm, usando pá-de-corte. Três subamostras foram coletadas aleatoriamente em cada área, posteriormente unidas para compor uma amostra por área. Nas macieiras e bananeiras as subamostras de solo foram coletadas na projeção da copa das plantas. As amostras de solo foram secas ao ar, moídas manualmente, passadas em peneira com malha de 2 mm e armazenadas.

#### 4.2.2.4 Fertilizantes orgânicos e minerais

Amostras compostas de cada material utilizado como fonte de N, tanto orgânico quanto mineral, em cada propriedade de cada sistema foram coletadas. As amostras de dejetos de aves, perus e bovinos, e compostos orgânicos (resíduos orgânicos e plantas espontâneas) foram secas ao ar, moídas e armazenadas.

#### 4.2.2.5 Preparo das amostras e análises dos valores relativos ( $\delta$ ) de $^{15}N$

As amostras de folhas e frutos foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 65°C. Após a secagem todas as amostras de tecido, solo e fertilizantes foram finamente moídas em moinho de bolas, com exceção do fertilizante mineral, que foi moído com pistilo e gral de pedra ágata. As amostras de frutos de maçã e tubérculos de batatas foram secas e moídas com a casca. Já as amostras de frutos de banana e grãos de arroz foram secas e moídas sem a casca.

Todas as amostras foram pesadas em balança (MX5, Mettler Toledo, Greifensee, Suíça) com precisão de 0,000001 g e acondicionadas em cápsulas de estanho. Em seguida, a análise de composição isotópica de  $^{15}\text{N}$  foi realizada em espectrômetro de massa com razão isotópica (IRMS) (Delta V Advantage), acoplado a um analisador elementar para IRMS (Flash EA 2000), ambos da Thermo Fisher Scientific, Bremen, Alemanha.

#### 4.2.2.6 Análise estatística

De posse dos resultados da composição isotópica de  $^{15}\text{N}$  foram calculados os valores relativos ( $\delta$ ) de  $^{15}\text{N}$  (COPLEN, 2011). Esse valor  $\delta$  é a razão isotópica de uma amostra relativa à razão isotópica do padrão internacional (Equação 1), que é expresso per mil ou ‰.

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{R\left(\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}}\right)_{amostra}}{R\left(\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}}\right)_{padr\tilde{a}o}} - 1 \quad (1)$$

O R da Equação 1 significa a razão isotópica ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) e é calculado usando a Equação 2:

$$R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N}) = \frac{x(^{15}\text{N})}{1-x(^{15}\text{N})} \quad (2)$$

O  $x(^{15}\text{N})$  da Equação 2 corresponde a fração atômica de  $^{15}\text{N}$ . Para os isótopos estáveis de N, o padrão internacional é o N do ar atmosférico, onde a razão isotópica R ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) é 0,00367647 (CHALK et al., 2015), e o valor relativo ( $\delta$ ) é igual a zero (0). Nesse sentido, o valor relativo de uma determinada amostra pode ser positivo ou negativo em relação ao padrão. Um valor positivo da amostra indica que ela é mais enriquecida com o isótopo  $^{15}\text{N}$  que a referência, e os valores negativos indicam que a amostra é empobrecida em isótopo  $^{15}\text{N}$  em relação à referência (COPLEN et al., 2002; INÁCIO, 2015).

Após realizar a exclusão de dados outliers, os resultados foram comparados por meio do intervalo de confiança (IC), com nível de significância de  $p = 0,05$ , para checar a diferença entre médias de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  do material coletado em propriedades que empregam o sistema orgânico de produção, daqueles que usam o sistema convencional, usando scripts escritos em linguagem R (v. 3.5.1) e as funções dos pacotes “agricolae” (MENDIBURU, 2017) e “ggplot2” (WICKHAM, 2016).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3.1 Fertilizantes

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das fontes de N utilizadas nas propriedades com sistema de produção orgânico (+5,58 a +18,27‰) foram superiores às fontes de N empregadas nas propriedades com sistema de produção convencional (-3,55 a +3,19‰), nas culturas de arroz, bananeira e batata, com exceção da macieira (Figura 8).

Os maiores valores de  $\delta^{15}\text{N}$  foram encontrados nas fontes orgânicas de nutrientes, como dejetos de animais (aves e bovinos) e compostos orgânicos, e os menores valores de  $\delta^{15}\text{N}$  observados nos fertilizantes usados nas propriedades com sistema de produção convencional (Figura 1). Estes dados refletem as informações da literatura, que apontam valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fertilizantes orgânicos e de fertilizantes minerais de, aproximadamente, +5 a +20‰ e -5 a +5‰, respectivamente (VITÒRIA et al., 2004; LIM et al., 2010; CHALK; MAGALHÃES; INÁCIO, 2013). Estas diferenças de  $\delta^{15}\text{N}$  entre os fertilizantes ocorrem devido ao fracionamento isotópico de N, principalmente através do processo da volatilização de amônia, onde o átomo mais pesado ( $^{15}\text{N}$ ) reage mais lentamente e realiza ligações mais fortes que o átomo mais leve ( $^{14}\text{N}$ ). Isso significa que o produto desse processo (exemplo,  $\text{NH}_3$ ) sai empobrecido de  $^{15}\text{N}$  e o composto restante (resíduo) é enriquecido (HRISTOV et al., 2009; MAKAROV; MALYSHEVA; MENYAILO, 2019). Já os fertilizantes minerais refletem a assinatura isotópica do N atmosférico (0‰), que é a fonte de N para produção desses fertilizantes (VITÒRIA et al., 2004; FLORES et al., 2013).

Na macieira não foi possível observar diferenças entre os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  entre as fontes de nutrientes usadas no sistema de produção orgânica e convencional (Figura 8c). Isso pode ter acontecido por causa de duas situações específicas. A “propriedade 6” (orgânica) utilizava como fonte de nutrientes apenas pó de rocha basáltica e a capina das plantas espontâneas na área. Essas duas fontes possuem valores de  $\delta^{15}\text{N}$  mais baixos (Figura 9), o que fez a média das propriedades orgânicas de macieira ficarem um pouco mais baixa (Figura 8c). Além disso, a “propriedade 3” (convencional) utilizava adubação mista, ou seja, fertilizantes minerais juntamente com resíduos orgânicos (exemplo, dejetos de aves). Os dejetos de aves possuem um valor de  $\delta^{15}\text{N}$  alto (+9,43‰) (Figura 9a), o que fez com que a média das propriedades convencionais fossem um pouco mais alta (Figura 8c), contribuindo para a não observação de diferenças significativas entre os valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , entre os fertilizantes usados no sistema de produção orgânica e convencional da macieira.

### 4.3.2 Solo

Os solos do sistema de produção orgânico apresentaram maiores valores médios de  $\delta^{15}\text{N}$ , comparativamente aos solos do sistema de produção convencional para todas as culturas, com exceção da macieira (Figura 10). Esta situação já era esperada, pois os valores mais altos de  $\delta^{15}\text{N}$  dos fertilizantes orgânicos aplicados no solo, em geral, se refletem nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistemas de produção orgânico, bem como os valores mais baixos de  $\delta^{15}\text{N}$  dos fertilizantes inorgânicos industrializados se refletem nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistemas de produção convencional (CELANO et al., 2012).

Situação semelhante foi observada por um estudo com arroz no Japão, onde os valores mais altos de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos (aproximadamente, +5 a +11‰) refletiram os valores mais altos dos fertilizantes orgânicos (aproximadamente, 0 a +17,5‰) aplicados neste solo; e os valores mais baixos de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos (aproximadamente, 0 a +8‰) refletiram os valores mais baixos dos fertilizantes sintéticos (aproximadamente, -2,5 a 0‰) aplicados neste solo (NISHIDA; SATO, 2015).

Mas, diferentemente do que ocorreu com os fertilizantes, os intervalos de confiança da média dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistema de produção orgânico se sobrepuseram aos intervalos de confiança da média dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistema de produção convencional, para todas as culturas (Figura 10). Isso significa que os sistemas de produção não se diferiram com relação aos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  do solo, apesar das diferenças existentes entre as fontes que são aportadas respectivamente à cada sistema de produção (Figura 8). A limitação em discriminar os sistemas de produção pelos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  no solo pode estar relacionado as variações nos teores de matéria orgânica do solo, visto que neste constituinte está o maior reservatório de N dos solos.

### 4.3.3 Frutos, tubérculos e grãos

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das amostras das propriedades orgânicas de arroz (grãos), batata (tubérculo) e banana (fruto) foram maiores que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das propriedades convencionais, além disso, os IC's destas três culturas cultivadas em sistema de produção orgânico não se sobrepuseram aos IC's dos cultivos em sistema de produção convencional (Figura 11a, 11b e 11d). Isto significa que a técnica da abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , para grãos de arroz, tubérculos de batata e frutos de banana foi eficiente para discriminar o sistema de

produção, neste cenário onde as propriedades que empregam o sistema de cultivo de produção convencional utilizaram apenas fertilizantes minerais.

Resultado semelhante foi obtido por Rapisarda et al. (2010) em experimento com laranjas orgânicas e convencionais realizado na Itália, onde os frutos de laranja cultivados convencionalmente apresentaram valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de +4,64‰ e os cultivados em sistema orgânico apresentaram valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variando de +6,74 a +8,95‰. No estudo de Rapisarda et al. (2010), os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  foram capazes de diferenciar não somente os sistemas de produção, como também os tipos de fertilizantes (exemplo, minerais, compostos vegetais e fertilizantes de origem animal).

Por outro lado, Nishida e Sato (2015) com o objetivo de discriminar os cultivos de arroz orgânico e convencional, utilizando a relação entre os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos grãos de arroz e de solo; tiveram dificuldades para checar a validade da abordagem em utilizar um valor limiar específico para discriminar os sistemas de produção. Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  observados foram de +5,1, +6,4 e +6,0‰ em 2007, 2008 e 2009, respectivamente, para arroz orgânico, e de +2,3, +3,1 e +3,0‰ em 2007, 2008 e 2009, respectivamente, para arroz convencional. Comparando os resultados obtidos por Nishida e Sato (2015) com os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  observados no presente estudo (+3,83‰ e -6,41‰ para arroz orgânico e convencional, respectivamente) (Figura 11a), percebe-se valores mais elevados no arroz convencional cultivado nos três anos amostrados, o que pode indicar a influência dos fertilizantes orgânicos utilizados juntamente com os fertilizantes minerais no estudo de Nishida e Sato (2015), uma vez que as fazendas que adotaram o sistema de produção convencional amostradas no presente estudo utilizaram apenas fertilizantes minerais (Tabela 9).

As médias dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos grãos de arroz e dos frutos de banana produzidos em sistema de produção orgânico foram positivos (+3,83 e +6,81‰, respectivamente). Por outro lado, as médias dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  nestes mesmos alimentos (grãos de arroz e bananas) produzidos no sistema de produção convencionais foram negativos (-6,41 e -6,83‰, respectivamente) (Figura 11a e 11d).

As médias dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos tubérculos de batata produzidos em sistema de produção orgânico e convencionais foram positivos, +9,84 e +3,25‰, respectivamente, o que não atrapalhou a diferenciação dos sistemas de produção utilizados de acordo com seus IC's (Figura 11b). Resultados semelhantes foram observados em um estudo realizado na Itália, no qual foram verificadas médias de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de +7,17 e +3,36‰ para tubérculos de batata orgânicos e convencionais, respectivamente (CAMIN et al., 2007).

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  nos frutos de maçã produzidos em sistema de produção orgânico e convencional não diferiram estatisticamente e ambos foram negativos,  $-9,47$  e  $-11,61\%$ , respectivamente (Figura 11c). Isto pode estar relacionado a variabilidade em algum dos procedimentos como amostragem, secagem/moagem dos frutos de maçã, pois foram impressos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  menores que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos fertilizantes utilizados (Figura 8c) e do que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  do solo cultivado (Figura 10c).

#### 4.3.4 Folhas

Os valores médios de  $\delta^{15}\text{N}$  observados em folhas das culturas contempladas no presente estudo (arroz, batata, macieira e bananeira) cultivadas no sistema de produção orgânico foram todos positivos (Figura 12). Por outro lado, os valores médios de  $\delta^{15}\text{N}$  nas folhas de arroz, batata, macieira e bananeira cultivadas no sistema de produção convencional foram negativos (Figura 12). Estes resultados mostram que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  das folhas dessas culturas permitem a diferenciação do tipo de sistema de produção usado. Inclusive para a macieira, a qual não foi possível observar essa distinção através de seus frutos (Figura 11c). Assim, para a macieira poderia ser substituído os frutos pelas folhas para um processo de identificação do tipo de adubação/sistema de produção empregado. Pesquisadores chegaram a conclusão similar em um estudo com tomates no Sul do Brasil, no qual afirmam que as folhas de tomateiro poderiam substituir frutos maduros em uma inspeção de campo, tendo ainda como vantagem essa substituição o fato das folhas gerarem amostras mais leves, fáceis de secar e armazenar que os frutos (INÁCIO et al., 2020).

#### 4.4 CONCLUSÕES

Os sistemas de produção orgânico e convencional selecionados no presente estudo apresentaram, de maneira geral, um padrão de fontes de N (ureia e NPK para o sistemas de produção convencional, e dejetos de animais e adubos compostados para o sistema de produção orgânico) que permitiu a diferenciação dos sistemas com os valores de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , tanto das folhas quanto dos alimentos, para o arroz, a batata e a bananeira.

A abundância natural de  $^{15}\text{N}$  das folhas de todos os alimentos foram significativos para diferenciar os sistemas de produção. No caso da macieira, que apresentou uma sobreposição expressiva entre os diferentes dos sistemas de produção a partir dos valores de

$\delta^{15}\text{N}$  dos frutos, poderá acontecer a substituição dos frutos pelas suas folhas, em caso de inspeção à campo.

Apesar de haver diferentes valores de  $\delta^{15}\text{N}$  para cada cultura no mesmo sistema de produção (orgânico ou convencional), a técnica da análise da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  mostra-se uma potencial ferramenta para diferenciar produtos de diferentes sistemas de produção, mesmo não apresentando um limite fixo de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  para o sistema de produção orgânico e um limite fixo de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  para o sistema de produção convencional.

### Material suplementar

A tabela suplementar S1 resume os valores referência de  $\delta^{15}\text{N}$  das fontes de N, solos, folhas e alimentos gerados por este estudo.

### Referências

BRASIL. Lei nº10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 dez. 2003, Seção 1, p. 8, 2003.

BRASIL. Instrução Normativa nº 42, de 31 de dezembro de 2008. Instituir o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal - PNCRC/Vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2009, Seção 1, p. 2–3, 2009a.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 19, DE 28 DE MAIO DE 2009 - Mecanismos de Controle e Informação da Qualidade Orgânica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 mai. 2009, Seção 1, p. 1–20, 2009c.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 out. 2011, Seção 1, p. 4–12, 2011.

BRASIL. Instrução Normativa nº 48, de 12 de dezembro de 2017. Definir o plano de amostragem do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal - PNCRC/Vegetal para o ano de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 dez. 2017, Seção 1, p. 41–44, 2017b.

CAMIN, F ; MOSCHELLA, A.; MISELLI, F.; PARISI, B.; VERSINI, G.; RANALLI, P.; BAGNARESI, P. Evaluation of markers for the traceability of potato tubers grown in an organic versus conventional regime. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 87, p. 1330–1336, 2007.

CELANO, G.; ALLUVIONE, F.; MOHAMED, M. A. A. A.; SPACCINI, R. The Stable Isotopes Approach to Study C and N Sequestration Processes in a Plant–Soil System. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Carbon Sequestration in Agricultural Soils: A Multidisciplinary Approach to Innovative Methods**. Springer, 2012, cap. 5, p. 107–144.

CHALK, P. M.; INÁCIO, C. T.; CRASWELL, E. T.; CHEN, D. On the usage of absolute ( $x$ ) and relative ( $\delta$ ) values of  $^{15}\text{N}$  abundance. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 85, p. 51–53, 2015.

CHALK, P. M.; MAGALHÃES, A. M. T.; INÁCIO, C. T. Towards an understanding of the dynamics of compost N in the soil-plant-atmosphere system using  $^{15}\text{N}$  tracer. **Plant and Soil**, v. 362, n. 1/2, p. 373–388, 2013.

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. [s.l.] Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016, 376 p.

COPLEN, T. B.; BÖHLKE, J. K.; BIÈVRE, P.; et al. Isotope-abundance variations of selected elements. **Pure and Applied Chemistry**, v. 74, n. 10, p. 1987–2017, 2002.

COPLEN, T. B. Guidelines and recommended terms for expression of stable-isotope-ratio and gas-ratio measurement results. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 25, n. 17, p. 2538–2560, 2011.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Boletim Informativo de Pesquisa n° 14: Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Embrapa Suínos e Aves e Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/RS**, n. 14, p. 30, 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O cultivo da bananeira**. BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S., (Ed.). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

FLORES, P.; LÓPEZ, A.; FENOLL, J.; HELLÍN, P.; KELLY, S. Classification of organic and conventional sweet peppers and lettuce using a combination of isotopic and bio-markers with multivariate analysis. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, n. 2, p. 217–225, 2013.

HRISTOV, A. N.; ZAMAN, S.; VANDER POL, M.; NDEGWA, P.; CAMPBELL, L.; SILVA, S. Nitrogen losses from dairy manure estimated through nitrogen mass balance and chemical markers. **Journal of Environmental Quality**, v. 38, n. 6, p. 2438–2448, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados definitivos Santa Catarina**. 2020a. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pdf/sc.pdf](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/sc.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTICA. **Censo Agropecuário 2017 - Tabela 6957 - Número de estabelecimentos agropecuários, Quantidade produzida**

e **Área colhida, por produtos da lavoura temporária**. 2020b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados definitivos Brasil**. 2020c. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76237](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76237)>. Acesso em: 23 jan. 2020.

INÁCIO, C. T.; URQUIAGA, S.; CHALK, P. M.; MATA, M. G. F.; SOUZA, P. O. Identifying N fertilizer regime and vegetable production system in tropical Brazil using  $^{15}\text{N}$  natural abundance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 15, p. 3025–3032, 2015.

INÁCIO, C. T. **Uso da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  em estudos com fertilizantes orgânicos**. Seropédica, 2015. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

INÁCIO, C. T.; NUNES, J. C.; ANDRIOLO, J. L.; CHALK, P. M.; GIACOMINI, S. J.; CONTI, L. de; KRUG, A. V.; PAULA, B. V. de; BRUNETTO, G. Organic, conventional and hydroponic vegetables: Can  $^{15}\text{N}$  natural abundance of farm N inputs differentiate mode of production? **Scientia Horticulturae**, v. 265, n. 3, p. 1-8, 2020.

LIM, S.-S.; LEE, S.-M.; LEE, S.-H.; CHOI, W.-J. Nitrogen Isotope Compositions of Synthetic Fertilizer, Raw Livestock Manure Slurry, and Composted Livestock Manure. **Korean Journal of Soil Science and Fertilizer**, v. 43, n. 4, p. 453–457, 2010.

MAKAROV, M. I.; MALYSHEVA, T. I.; MENYAILO, O. V. Isotopic Composition of Nitrogen and Transformation of Nitrogen Compounds in Meadow-Alpine Soils. **Eurasian Soil Science**, v. 52, n. 9, p. 1028–1037, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MENDIBURU, F. de. **Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R Package**. 2017. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=agricolae>>.

NISHIDA, M.; SATO, Y. Characteristics of the relationship between natural  $^{15}\text{N}$  abundances in organic rice and soil. **Plant Production Science**, v. 18, n. 2, p. 180–186, 2015.

RAPISARDA, P.; CAMIN, F.; FABRONI, S.; PERINI, M.; TORRISI, B.; INTRIGLIOLO, F. Influence of different organic fertilizers on quality parameters and the  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ , and  $\delta^{18}\text{O}$  values of orange fruit (*Citrus sinensis* L. osbeck). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 6, p. 3502–3506, 2010.

TOBIN, R.; LARKIN, T.; MOANE, S. The Irish organic food market: Shortfalls, opportunities and the need for research. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 12, p. 2126–2131, 2011.

VITÒRIA, L.; OTERO, N.; SOLER, A.; CANALS, A. Fertilizer characterization: Isotopic data (N, S, O, C, and Sr). **Environmental Science and Technology**, v. 38, n. 12, p. 3254–3262, 2004.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. R Package**. Springer-Verlag New York, 2016. Disponível em: <<http://ggplot2.org>>.

Tabela 9 - Localização das fazendas, sistema de produção e fontes e doses de nutrientes usadas nas culturas de arroz, batata, macieira e bananeira.

Propriedade	Localidade/Coordenada Geográfica	Sistema de produção	Tempo de cultivo (anos)	Fonte de N	Quantidade aplicada
<b>Arroz</b>					
Prop 1A	Meleiro - SC/ 28° 49' 44" S 49° 38' 09" O	Orgânico	5	Cama de aves granulado	700 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 2A	Meleiro - SC/ 28° 49' 44" S 49° 38' 09" O	Convencional	20	Ureia (46% N total)	300 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
				NPK (fórmula 7-28-14)	300 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 3A	Meleiro - SC/ 28° 49' 44" S 49° 38' 09" O	Convencional	18	Ureia (46% N total)	250 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
				NPK (fórmula 4-20-20)	280 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 4A	Meleiro - SC/ 28° 49' 44" S 49° 38' 09" O	Convencional	15	NPK (fórmula 5-20-10)	250 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
				NPK (fórmula 26-0-26)	350 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 5A	São João do Sul - SC/ 29° 13' 24" S 49° 56' 18" O	Orgânico	-	Cama de aves granulado	-
Prop 6A	Araranguá - SC (Cetrar)/ 28° 56' 06" S 49° 29' 09" O	Orgânico	36*	Composto de cama de aves	3500 kg ha <sup>-1</sup> (aplicação não é anual)
<b>Batata</b>					
Prop Org	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Orgânico	6	Composto de dejetos de aves	10000 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop Conv	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Convencional	3	NPK (fórmula 5-20-10)	2500 kg/ha/ano
<b>Maçã</b>					
Prop 1	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Orgânico	22	Dejetos de peru	1600 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 2	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Convencional	15	NPK (fórmula 11-7-35)	500 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 3	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Convencional	15	Dejetos de aves	2000 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
				NPK (fórmula 4-13-21)	300 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 4	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Convencional	26	NPK (fórmula 11-0-35)	400 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 5	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Orgânico	19	Dejetos de aves	7000 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>

				Composto orgânico + dejetos bovinos	-
Prop 6	São Joaquim - SC/ 28° 17' 38" S 49° 55' 55" O	Orgânico	14	Pó de rocha basáltica	3000 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
				Plantas espontâneas	-
<b>Banana</b>					
Prop 1B	Jacinto Machado - SC/ 28° 59' 49" S 49° 45' 50" O	Convencional	3	NPK (fórmula 18-17-18)	1000 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 2B	Jacinto Machado - SC/ 28° 59' 49" S 49° 45' 50" O	Orgânico	50	Dejetos de aves	10 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 3B	Jacinto Machado - SC/ 28° 59' 49" S 49° 45' 50" O	Orgânico	10	Dejetos de aves curtido por 6 meses	8 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Prop 4B	Jacinto Machado - SC/ 28° 59' 49" S 49° 45' 50" O	Convencional	5	NPK (fórmula 09-00-24)	750 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>

\* Sistema de produção orgânico desde a safra 2011/12.

Figura 8 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em fertilizantes usados nos sistemas de produção orgânicos e convencional de arroz (a), batata (b), macieira (c) e bananeira (d).

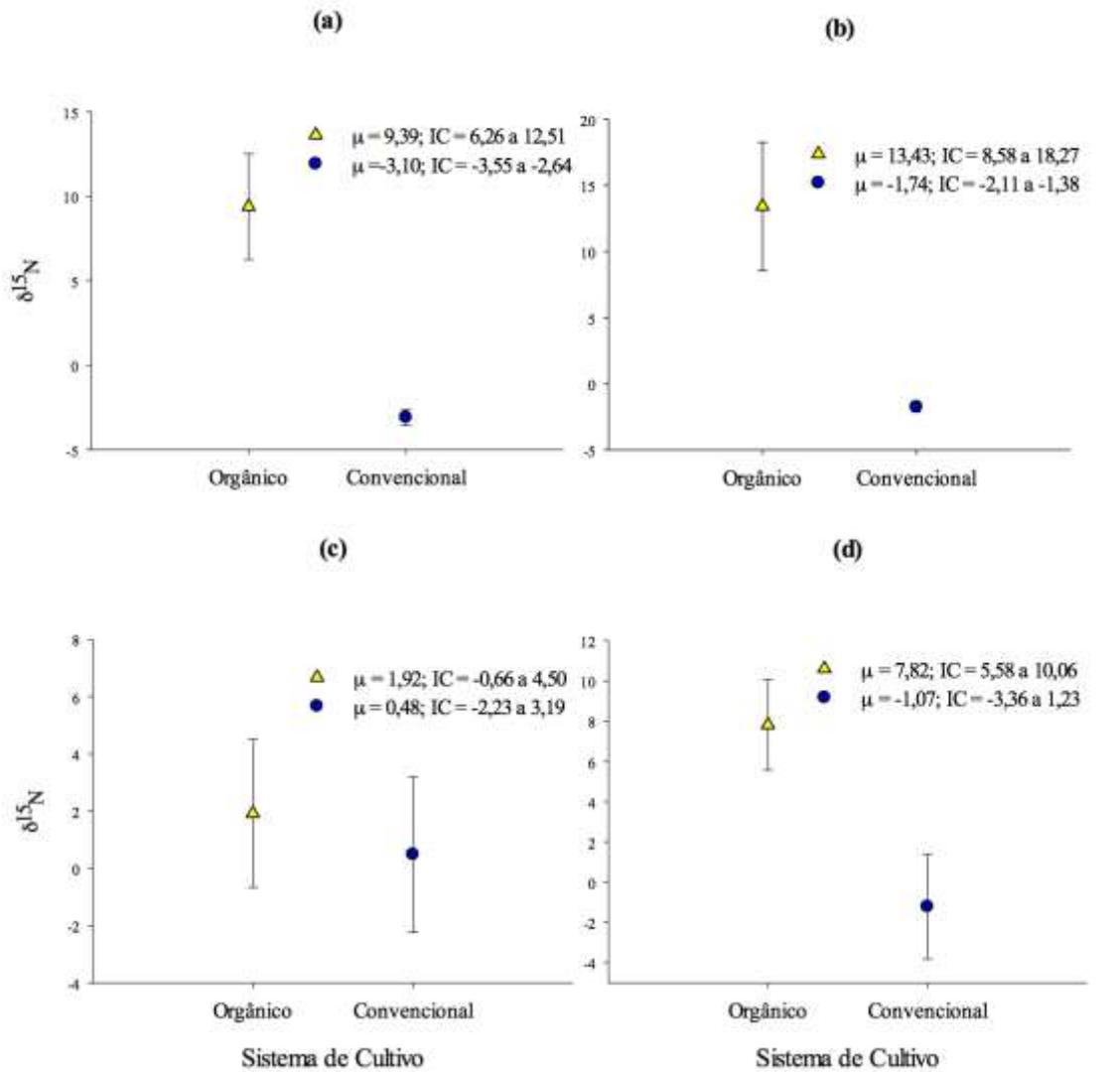


Figura 9 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em fertilizantes usados nas propriedades de macieira (a) e as médias dos valores das seis propriedades amostradas (b).

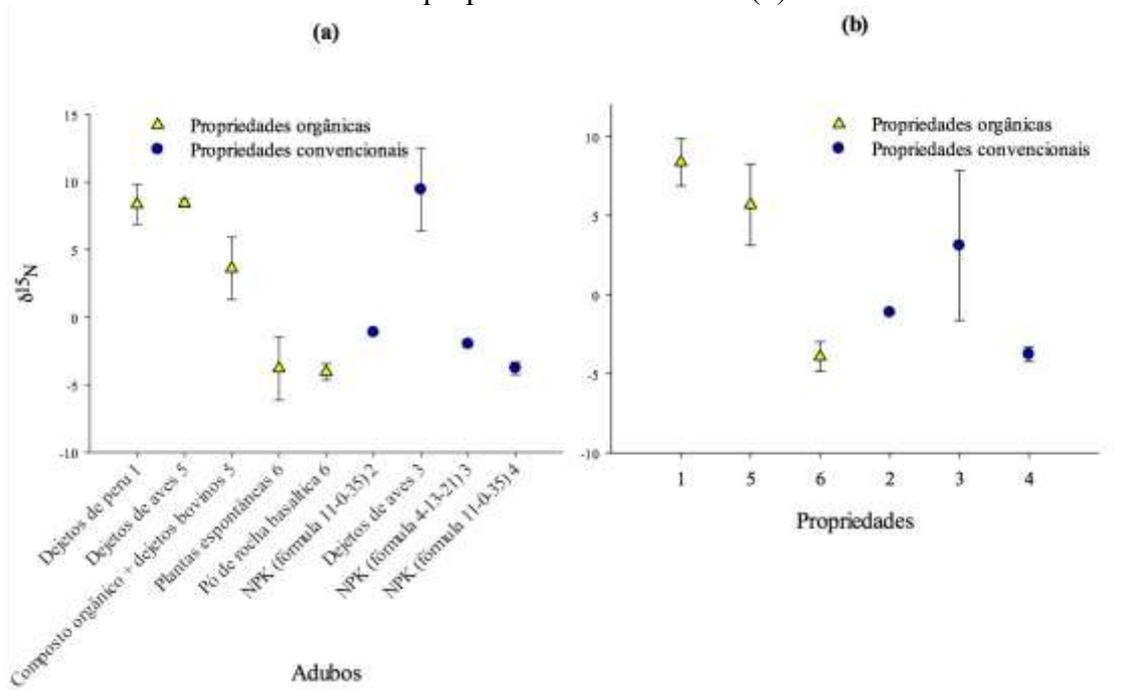


Figura 10 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) no solo cultivado com arroz (a), batata (b), macieira (c) e bananeira (d), em sistema de produção orgânico e convencional.

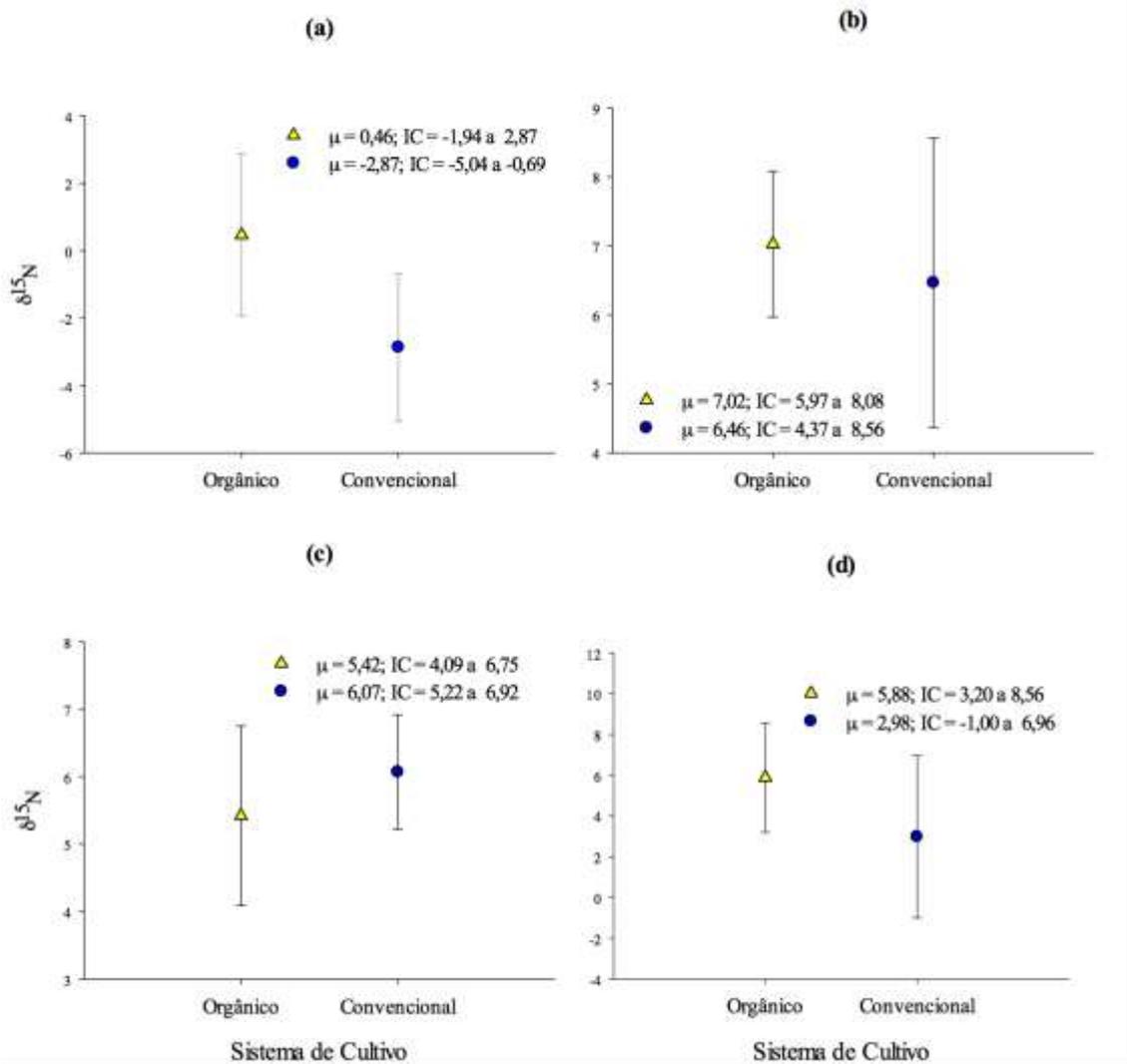


Figura 11 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em grãos de arroz (a), tubérculos de batata (b), maçã (c) e banana (c), cultivados em sistema de produção orgânico e convencional.

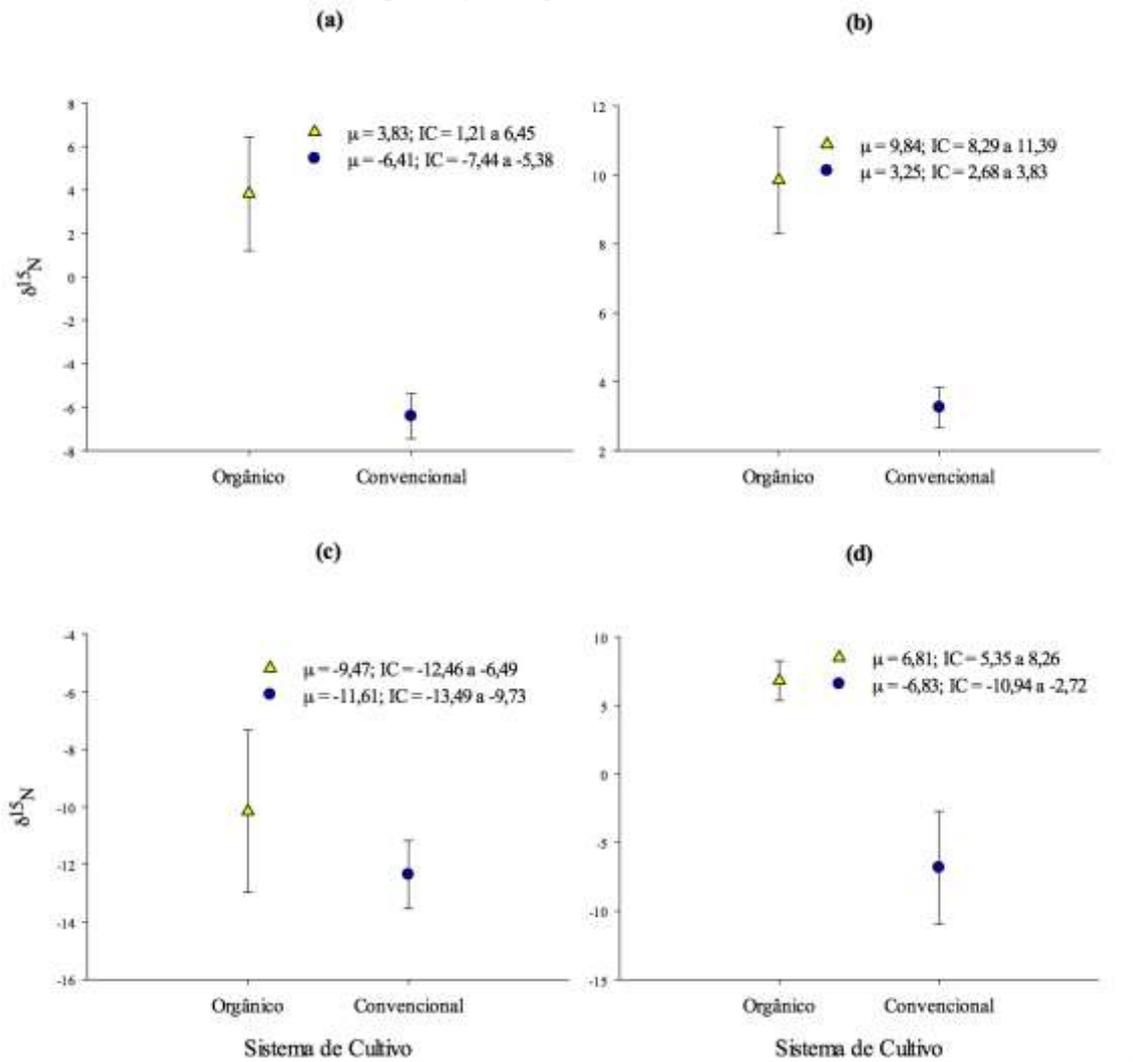
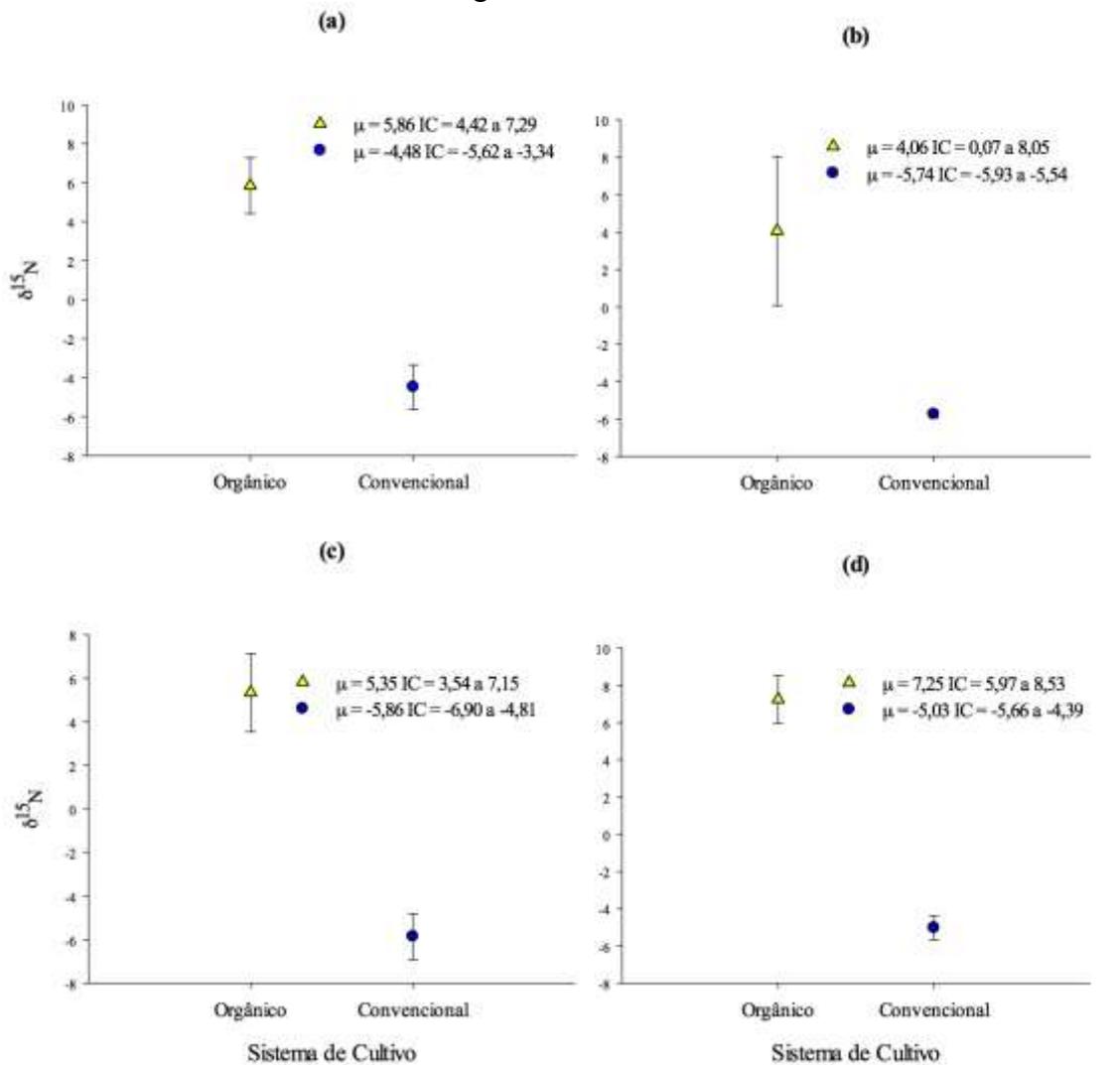


Figura 12 - Intervalo de confiança (IC de 95% para média) de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em folhas de arroz (a), batata (b), macieira (c) e bananeira (d) cultivadas em sistema de produção orgânico e convencional.



## MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S 1 - Resumo das faixas de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) para cada material das espécies analisadas por este estudo nos sistemas de produção orgânico e convencional.

Espécies/ Materiais	Fertilizantes	Solo	Folhas	Alimentos
Sistema de Produção Convencional				
Arroz	-3,55 a -2,64	-5,04 a -0,69	-5,62 a -3,34	-7,44 a -5,38
Banana	-3,36 a +1,23	-1,00 a +6,96	-5,66 a -4,39	-10,94 a -2,72
Batata	-2,11 a -1,38	+4,37 a +8,56	-5,93 a -5,54	+2,68 a +3,83
Maçã	-2,23 a +3,19	+5,22 a +6,92	-6,90 a -4,81	-13,49 a -9,73
Sistema de Produção Orgânico				
Arroz	+6,26 a +12,51	-1,94 a +2,87	+4,42 a +7,29	+1,21 a +6,45
Banana	+5,58 a +10,06	+3,20 a +8,56	+5,97 a +8,53	+5,35 a +8,26
Batata	+8,58 a +18,27	+5,97 a +8,08	+0,07 a +8,05	+8,29 a +11,39
Maçã	-0,66 a +4,50	+4,09 a +6,75	+3,54 a +7,15	-12,46 a -6,49

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo “Análises multivariadas na predição de similaridade nutricional entre espécies frutíferas e cultivares” teve como objetivo avaliar a similaridade nutricional entre as espécies frutíferas, mangueira (*Mangifera indica* L.), atemoieira (*Annona atemoya*), bananeira (*Musa* spp.), goiabeira (*Psidium guajava*), morangueiro (*Fragaria ananassa*), pereira (*Pyrus* spp.), pessegueiro (*Prunus persica*), videira (*Vitis* spp.) e macieira (*Malus domestica*), e entre cultivares de mangueira, pessegueiro e macieira. Ao nos propormos a realizar a indicação ou não de similaridade nutricional entre frutíferas e entre cultivares, nos deparamos com alguns entraves, como por exemplo, escolher os critérios de comparação de banco de dados de composição nutricional que não possuíam os valores analíticos dos mesmos elementos, e assim propusemos dois critérios de comparação: a exclusão de dados não englobados em todos os bancos de dados, e a comparação de espécies apenas com os mesmos nutrientes analisados (excluindo algumas espécies da análise). Ambos os critérios foram apropriados para a comparação de similaridade.

As variáveis escolhidas (Vx nutrientes e produtividade) para comparação foram adequadas para análises multivariadas, quando comparadas entre frutíferas, porém não foram adequadas nas comparações entre cultivares de macieira, pessegueiro e mangueira. O uso da análise de componentes principais (ACP) para discriminar a similaridade ou não das comparações estabelecidas, permitiu a identificação de algumas similaridades entre frutíferas por nutrientes específicos, como a bananeira e o morangueiro por N e K; o morangueiro e o pessegueiro por P, Ca e Mg (maiores teores); a goiabeira, a macieira e mangueira por P, Ca e Mg (menores teores), a mangueira e as videiras por Ca e Mn (maiores teores) e por N, P, K e Mg (menores teores); e a bananeira prata de SC, mangueira, morangueiro e videira por Fe e Mn (maiores teores) e menores teores de S e Cu (menores teores).

Esse estudo é um primeiro passo para um objetivo maior de auxiliar na tomada de decisão da necessidade de adubação de culturas que ainda não possuam um critério de ação bem definido. Estudos que correlacionem quantidades produzidas de cada cultura, tipo de solo, e até mesmo clima do local de produção dessas culturas que indicaram similaridade nutricional são importantes para que um critério mais adequado possa ser definido e empregado.

O estudo “Análise da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  como identificador para a certificação de alimentos derivados de diferentes sistemas orgânicos no sul do Brasil” teve como objetivo avaliar o uso dos valores de  $d^{15}\text{N}$  de fertilizantes nitrogenados, solo e tecido

vegetal (folhas e frutos/tubérculos) para diferenciar o tipo de sistema de produção agrícola, se orgânico ou convencional, nas culturas de arroz, batata, macieira e bananeira. O uso da análise da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  em alimentos permitiu a diferenciação entre sistemas de produção convencional e orgânico de arroz, batata e bananeira nas condições do Sul do Brasil. Em caso de interesse de inspeção a campo, essa metodologia também pode ser realizada nas folhas das culturas, as quais se mostraram eficientes na separação dos diferentes sistemas de produção.

As diferentes culturas e diferentes sistemas de produção apresentaram diferentes faixas de  $\delta^{15}\text{N}$  como, por exemplo, no sistema de produção orgânico as faixas de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  foram de 1,21 a 6,45; de 5,35 a 8,26 e de 8,29 a 11,39 para grãos de arroz, frutos de banana e tubérculos de batata, respectivamente. A continuidade desses estudos com a ampliação de áreas analisadas e com mais anos de produção são importantes no sentido de verificar se existe uma flutuação nessas faixas de valores ou não, e também considerar a ampliação do uso dessa técnica para outras culturas.

## 6 PERSPECTIVAS DE ESTUDOS FUTUROS

Diante dos resultados obtidos e da discussão feita sobre os temas propostos neste estudo, similaridade nutricional entre espécies frutíferas e suas cultivares, e a discriminação de sistemas de produção com a técnica da abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , criam-se perspectivas de alguns estudos futuros que poderiam ser desenvolvidos para o preenchimento de lacunas no conhecimento em torno destes temas:

a) a ampliação de bancos de dados com outras espécies e até mesmo com mais variáveis como tipo de solo e clima do local de produção, com objetivo de aprofundar o entendimento dessas relações de similaridade;

b) a correlação das similaridades de uma cultura para outra cultura pouco estudada, levando em consideração, por exemplo, a produtividade de cada uma, com objetivo de um resultado mais prático, chegando a doses de adubação para aquela cultura que ainda não possui critérios de adubação de acordo com o extrapolamento de doses utilizadas na cultura que já possui esses critérios bem definidos;

c) a utilização de outras variáveis de comparação entre cultivares de frutíferas como, por exemplo, o balanço entre nutrientes;

d) a ampliação do uso da análise da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  para outras culturas, com objetivo de verificar a adequação do uso da técnica e das faixas de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  do maior número de espécies possíveis;

e) a continuidade das análises de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  em anos consecutivos de produção com as espécies já abordadas neste estudo e a ampliação das áreas produtoras analisadas, com objetivo de verificar se existe uma flutuação nas faixas de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  encontrados.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS - ABRAFRUTAS. **Comparativo de exportação de frutas no ano de 2019 e 2018**. 2020. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2020/01/28/8825/>>. Acesso em: 17 fev. 2020.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214–1231, 2013.
- BORGES, E. de A.; LOSS, A.; SILVA, E. E. da; SOUZA, S. R. de; FERNANDES, M. S. Cinética de absorção de amônio e efluxo de prótons em variedades de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 513–526, 2009.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 dez. 2003, Seção 1, p. 8, 2003.
- BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 dez. 2007, Seção 1, p. 2, col. 3, 2007.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 42, de 31 de dezembro de 2008. Instituir o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal - PNCRC/Vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2009, Seção 1, p. 2–3, 2009a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produtos orgânicos: o olho do consumidor/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: MAPA/ACS, 2009b, 34 p.
- BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 19 , DE 28 DE MAIO DE 2009 - Mecanismos de Controle e Informação da Qualidade Orgânica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 mai. 2009, Seção 1, p. 1–20, 2009c.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 out. 2011, Seção 1, p. 4–12, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produtos vegetais e orgânicos vão ter uma nova ferramenta de fiscalização: Plataforma de gestão agropecuária servirá para aprimorar o controle**. 2016. Última modificação: 25/01/2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/produtos-vegetais-e-organicos-vao-ter-uma-nova-ferramenta-de-fiscalizacao>>. Acesso em: 16 ago. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relação dos Organismos de Avaliação da Conformidade Orgânica**. 2017a. Última modificação: 26/09/2018. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-organicos/copy6\\_of\\_ENDEREOSDECERTIFICADORASEOPAC.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-organicos/copy6_of_ENDEREOSDECERTIFICADORASEOPAC.pdf)>. Acesso em: 2 out.

2018.

BRASIL. Instrução Normativa nº 48, de 12 de dezembro de 2017. Definir o plano de amostragem do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal - PNCRC/Vegetal para o ano de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 dez. 2017, Seção 1, p. 41–44, 2017b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. 2020. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>>. Acesso em: 21 fev. 2020.

BRUNETTO, G.; ROZANE, D. E.; MELO, G. W. B.; ZALAMENA, J.; GIROTTO, E.; LOURENZI, C. R.; COUTO, R. R.; TIECHER, T.; KAMINSKI, J. Manejo da fertilidade de solos em pomares de frutíferas de clima temperado. In: TIECHER, T. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016, v. 1, cap. 9, p. 141–158.

BRUNETTO, G.; AVELAR FERREIRA, P. A.; MELO, G. W.; CERETTA, C. A.; TOSELLI, M. Heavy metals in vineyards and orchard soils. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, p. 1–10, 2017.

CAMIN, F.; MOSCHELLA, A.; MISELLI, F.; PARISI, B.; VERSINI, G.; RANALLI, P.; BAGNARESI, P. Evaluation of markers for the traceability of potato tubers grown in an organic versus conventional regime. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 87, p. 1330–1336, 2007.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, cap. XIII, p. 769–850.

CELANO, G.; ALLUVIONE, F.; MOHAMED, M. A. A. A.; SPACCINI, R. The Stable Isotopes Approach to Study C and N Sequestration Processes in a Plant–Soil System. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Carbon Sequestration in Agricultural Soils: A Multidisciplinary Approach to Innovative Methods**. Springer, 2012, cap. 5, p. 107–144.

CHALK, P. M.; INÁCIO, C. T.; CRASWELL, E. T.; CHEN, D. On the usage of absolute ( $x$ ) and relative ( $\delta$ ) values of  $^{15}\text{N}$  abundance. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 85, p. 51–53, 2015.

CHALK, P. M.; MAGALHÃES, A. M. T.; INÁCIO, C. T. Towards an understanding of the dynamics of compost N in the soil-plant-atmosphere system using  $^{15}\text{N}$  tracer. **Plant and Soil**, v. 362, n. 1/2, p. 373–388, 2013.

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. [s.l.] Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016, 376 p.

COOMBES, K. R. **oompaBase: Class Unions, Matrix Operations, and Color Schemes for OOMPA**. R package version 3.2.9., 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=oompaBase>>.

COPLEN, T. B.; BÖHLKE, J. K.; BIÈVRE, P.; et al. Isotope-abundance variations of selected elements. **Pure and Applied Chemistry**, v. 74, n. 10, p. 1987–2017, 2002.

COPLEN, T. B. Guidelines and recommended terms for expression of stable-isotope-ratio and gas-ratio measurement results. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 25, n. 17, p. 2538–2560, 2011.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. III, p. 91–132.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Boletim Informativo de Pesquisa n° 14: Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Embrapa Suínos e Aves e Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/RS**, n. 14, p. 30, 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O cultivo da bananeira**. BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S., (Ed.). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

FAO; WHO. **Fruit and vegetables for health: Report of a Joint FAO/WHO Workshop**. Kobe, Japan, 2004.

FAOSTAT. **Top 10 Country Production of Fruit, tropical fresh nes**. 2020. Disponível em: <[http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity)>. Acesso em: 17 fev. 2020.

FIBL & IFOAM - ORGANICS INTERNATIONAL. **The world of organic agriculture: statistics & emerging trends 2019**. Frick and Bonn: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL); IFOAM – Organics International, 2019.

FLORES, P.; LÓPEZ, A.; FENOLL, J.; HELLÍN, P.; KELLY, S. Classification of organic and conventional sweet peppers and lettuce using a combination of isotopic and bio-markers with multivariate analysis. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, n. 2, p. 217–225, 2013.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. de. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 1, n. 5, p. 83–90, 2015.

HRISTOV, A. N.; ZAMAN, S.; VANDER POL, M.; NDEGWA, P.; CAMPBELL, L.; SILVA, S. Nitrogen losses from dairy manure estimated through nitrogen mass balance and chemical markers. **Journal of Environmental Quality**, v. 38, n. 6, p. 2438–2448, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal, produção 2018 temporaria**. 2018a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal, produção 2018 permanente**. 2018b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados definitivos Santa Catarina**. 2020a. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pdf/sc.pdf](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/sc.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017 - Tabela 6957 - Número de estabelecimentos agropecuários, Quantidade produzida e Área colhida, por produtos da lavoura temporária**. 2020b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados definitivos Brasil**. 2020c. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76237](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76237)>. Acesso em: 23 jan. 2020.

INÁCIO, C. de T.; URQUIAGA, S. **Aplicações da análise de isótopos estáveis na agricultura**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 52 p. Documentos/Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 198.

INÁCIO, C. T.; URQUIAGA, S.; CHALK, P. M.; MATA, M. G. F.; SOUZA, P. O. Identifying N fertilizer regime and vegetable production system in tropical Brazil using <sup>15</sup>N natural abundance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 15, p. 3025–3032, 2015.

INÁCIO, C. T. **Uso da abundância natural de <sup>15</sup>N em estudos com fertilizantes orgânicos**. Seropédica, 2015. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

INÁCIO, C. T.; NUNES, J. C.; ANDRIOLO, J. L.; CHALK, P. M.; GIACOMINI, S. J.; CONTI, L. de; KRUG, A. V.; PAULA, B. V. de; BRUNETTO, G. Organic, conventional and hydroponic vegetables: Can <sup>15</sup>N natural abundance of farm N inputs differentiate mode of

production? **Scientia Horticulturae**, v. 265, n. 3, p. 1-8, 2020.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Balço de Nutrientes nas Culturas (BNC)**. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3293>>. Acesso em: 14 out. 2018.

LAMBERS, H.; CLEMENTS, J. C.; NELSON, M. N. How aphosphorus-acquisition strategy based on carboxylate exudation powers the success and agronomic potential of lupines (*Lupinus*, Fabaceae). **American Journal of Botany**, v. 100, n. 2, p. 263–288, 2013.

LIM, S.-S.; LEE, S.-M.; LEE, S.-H.; CHOI, W.-J. Nitrogen Isotope Compositions of Synthetic Fertilizer, Raw Livestock Manure Slurry, and Composted Livestock Manure. **Korean Journal of Soil Science and Fertilizer**, v. 43, n. 4, p. 453–457, 2010.

MAKAROV, M. I.; MALYSHEVA, T. I.; MENYAILO, O. V. Isotopic Composition of Nitrogen and Transformation of Nitrogen Compounds in Meadow-Alpine Soils. **Eurasian Soil Science**, v. 52, n. 9, p. 1028–1037, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MENDIBURU, F. de. **Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R Package**. 2017. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=agricolae>>.

MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MULLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (ed.). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NESPAR, 2017, 482 p.

MUNDO NETO, M.; RAMOS, R. F.; MALAGOLLI, G. A. Expansão da produção orgânica brasileira: análise a partir do cadastro nacional de produtores orgânicos. In: SEMINÁRIO DE POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL, 1, 2017, Araraquara. **Anais...** Araraquara: UNIARA, 2017. p. 1–10. ISSN 2526-8759.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S.-E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1294–1306, 2012.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. 1º ed. Registro: UNESP, Câmpus Experimental de Registro, 2018. 124 p.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PRADO, R. de M. Diagnose foliar nas culturas da goiaba e da carambola. In: PRADO, R. DE M. (Org.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas**. 1. ed. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, v. 1, 2012. p. 411–441.

NAVA, G.; NACHTIGALL, G. R. **Avanços na nutrição de frutíferas temperadas**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA TEMPERADA EM REGIÃO SUBTROPICAL, 7, 2017, Avaré - SP. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165745/1/Gilberto-Nava-co-autor->

Nachtigal.pdf>. Acessos em: 14 out. 2018 e 17 fev. 2020.

NISHIDA, M.; SATO, Y. Characteristics of the relationship between natural  $^{15}\text{N}$  abundances in organic rice and soil. **Plant Production Science**, v. 18, n. 2, p. 180–186, 2015.

ORGANIS - CONSELHO BRASILEIRO DA PRODUÇÃO ORGÂNICA E SUSTENTÁVEL (Comp.). **Consumo de produtos orgânicos no Brasil**: Primeira pesquisa nacional sobre o consumo de orgânicos. Curitiba, PR: Organisa, 2017. 57 p. Disponível em: <<http://marketanalysis.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Pesquisa-Consumo-de-Produtos-Organicos-no-Brasil-Relatório-V20170718.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

ORGANIS - CONSELHO BRASILEIRO DA PRODUÇÃO ORGÂNICA E SUSTENTÁVEL. **Em 2018, mercado orgânico deve gerar R\$ 4 bilhões no país**. 2018. Disponível em: <<http://www.organicnet.com.br/2018/08/em-2018-mercado-organico-deve-gerar-r-4-bilhoes-no-pais/>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 2, p. 239–242, 1992.

PARENT, S. É.; PARENT, L. E.; EGOZCUE, J. J.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; LAPOINTE, L.; HÉBERT-GENTILE, V.; NAESS, K.; MARCHAND, S.; LAFOND, J.; MATTOS JR, D.; BARLOW, P.; NATALE, W. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1–10, 2013a.

PARENT, S. É.; PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera Indica*). **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1–12, 2013b.

RAPISARDA, P.; CAMIN, F.; FABRONI, S.; PERINI, M.; TORRISI, B.; INTRIGLIOLO, F. Influence of different organic fertilizers on quality parameters and the  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ , and  $\delta^{18}\text{O}$  values of orange fruit (*Citrus sinensis* L. osbeck). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 6, p. 3502–3506, 2010.

RENCHER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. 2. ed., [s.l.], A John Wiley & Sons, Interscience Publication, 2002, 727 p.

ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; PARENT, S.-É.; SANTOS, E. M. H. dos; ZALAMENA, J.; PARENT, L. E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional – CND. In: MELO, G. W. B. DE et al. (Ed.). **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. 1. ed. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2016. p. 45–61.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v. 44, n. 1, p. 102–112, 2016.

SALES JÚNIOR, R.; MEDEIROS, E. V. CONTROLE QUÍMICO DE DOENÇAS DA MANGUEIRA. **Anais do I Simpósio de Manga do Vale do São Francisco**, p. 1–15, 2005.

THOMÉ, V. M. R.; ZAMPIERI, S.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; SILVA JÚNIOR, V. P.

da; BACIC, I.; LAUS NETO, J.; SOLDATELI, D.; GEBLER, E.; ORE, J. D.; ECHEVERRIA, L.; MATTOS, M.; SUSKI, P. P. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999, v. 1000, p. 1000.

TOBIN, R.; LARKIN, T.; MOANE, S. The Irish organic food market: Shortfalls, opportunities and the need for research. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 12, p. 2126–2131, 2011.

TODOROV, V.; FILZMOSE, P. An Object-Oriented Framework for Robust Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 32, n. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/v32/i03/>>.

TRANI, P. E.; HAAG, H. P.; CATANI, C. B. Nutrição mineral da macieira. iii. Crescimento e extração de nutrientes pelos frutos. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 38, n. 1, 1981.

TRENTIN, E.; FACCO, D. B.; HAMMERSCHMITT, R. K.; AVELAR FERREIRA, P. A.; MORSCH, L.; BELLES, S. W.; RICACHENEVSKY, F. K.; NICOLOSO, F. T.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T. L.; TAROUCO, C. P.; BERGHETTI, Á. L. P.; TOSELLI, M.; BRUNETTO, G. Potential of vermicompost and limestone in reducing copper toxicity in young grapevines grown in Cu-contaminated vineyard soil. **Chemosphere**, v. 226, p. 421–430, 2019.

VITÓRIA, L.; OTERO, N.; SOLER, A.; CANALS, A. Fertilizer characterization: Isotopic data (N, S, O, C, and Sr). **Environmental Science and Technology**, v. 38, n. 12, p. 3254–3262, 2004.

WANG, H.; HU, G.; LOU, Y.; SU, Z.; ZHUGE, Y.; MENG, F. Responses of natural <sup>15</sup>N abundance in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and soil to the application of organic and chemical fertilizers. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 96, n. 5, p. 819–827, 2016.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. R Package**. Springer-Verlag New York, 2016. Disponível em: <<http://ggplot2.org>>.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 1, p. 275–318, 1993.