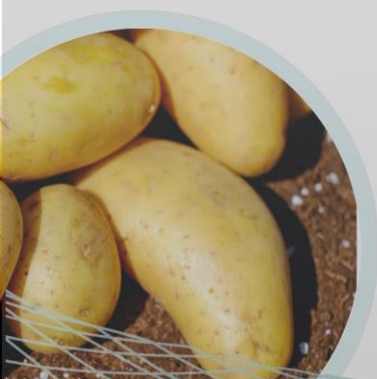


# Boletim Técnico

## Proposição da análise da abundância natural de $^{15}\text{N}$ para diagnosticar alimentos orgânicos

ISBN: 978-85-8328-077-4

Talita Trapp  
Caio de Teves Inácio  
Gustavo Brunetto  
Marlise Nara Ciotta  
Cledimar Rogério Lourenzi  
Danilo Eduardo Rozane  
Arcângelo Loss  
Jucinei José Comin  
Jean Michel Moura-Bueno  
Carina Marchezan  
Natalia Moreira Palermo  
Lessandro De Conti



# Sumário

---

Sumário.....	2
1. Introdução .....	3
2. Descrição do Estudo .....	5
3. Resultados e Discussão .....	7
3.1. Fertilizantes.....	7
3.2. Solo.....	8
3.3. Frutos, tubérculos e grãos .....	9
3.4. Folhas.....	11
4. Conclusões .....	14
Agradecimentos.....	14
Referências.....	15

# 1. Introdução

---

O estado de Santa Catarina (SC), localizado na região Sul do Brasil possui mais de 183 mil estabelecimentos agropecuários, entre eles, 2,1 mil estabelecimentos produtores de macieiras (produção de 551 mil toneladas de maçã no ano de 2017), 4,2 mil estabelecimentos produtores de bananeira (produção de 568 mil toneladas de banana no ano de 2017) (IBGE, 2017a), 5,9 mil estabelecimentos produtores de arroz (produção de 921,6 mil toneladas no ano de 2017) e 6,4 mil estabelecimentos produtores de batata (produção de 85,6 mil toneladas no ano de 2017) (IBGE, 2017b). Assim, Santa Catarina ocupa lugar de destaque na produção de alimentos 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, que representam um efetivo de 160 milhões de cabeças de aves e de 8,4 milhões de cabeças de suínos (IBGE, 2017a). Este alto número de animais gera uma grande quantidade de dejetos, que podem ser usados como fonte de nutrientes em cultivos, realizados em sistema de produção orgânico ou mesmo em produção convencional. Mas também, em sistema de produção convencional são usados fertilizantes nitrogenados industrializados, como a ureia, nitratos e formas de amônio.

A demanda por alimentos orgânicos 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. Os produtos orgânicos 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 e a batata (ORGANIS, 2017).

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão responsável por estabelecer as normas para a produção e a certificação de produtos orgânicos (BRASIL, 2009a, 2011). Mesmo certificados, os produtos orgânicos

são submetidos à fiscalizações, para atestar sua procedência orgânica e evitar possíveis fraudes. Por isso, as amostragens de 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, 2009b, 2017; Rapisarda et al., 2010).

Assim, 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 (Figura 1), podendo este valor ser refletido nas plantas (Vitória et al., 2004; Lim et al., 2010; Chalk; Magalhães; Inácio, 2013).

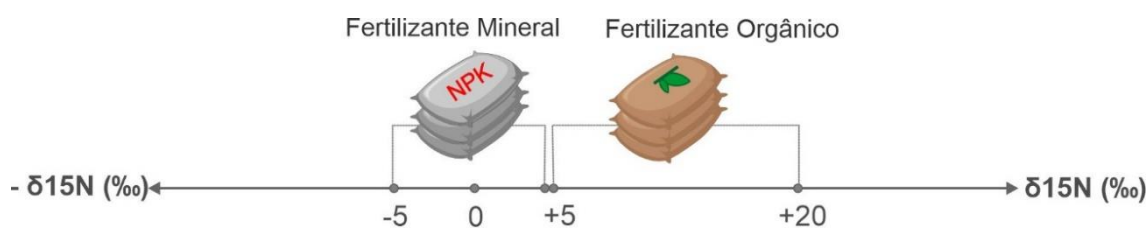


Figura 1. Representação da variação da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) em fertilizantes nitrogenados.

Alguns estudos, para avaliar o potencial uso dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  na discriminação de sistemas de produção, já foram realizados no Brasil com plantas de alface, morango e tomate (Inácio et al., 2015; Inácio et al., 2020). Por isso, torna-se necessário ampliar esse estudo para outras culturas de importância para o Brasil. Assim, o estudo objetivou avaliar o uso dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fertilizantes nitrogenados, solo e tecido vegetal (folhas e frutos/tubérculos/grãos), para diferenciar o tipo de sistema de produção agrícola, se orgânico ou convencional, nas culturas de arroz, macieira, bananeira e batata.



## 2. Descrição do Estudo

O estudo foi realizado no Estado de Santa Catarina (SC), região Sul do Brasil (Figura 2). As espécies macieira (*Malus domestica*), bananeira (*Musa spp.*), arroz (*Oryza sativa*) e batata (*Solanum tuberosum* L.) foram utilizadas. As propriedades rurais com cultivo de batata e macieira estão localizadas no município de São Joaquim (SC), Planalto Serrano de Santa Catarina. 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.

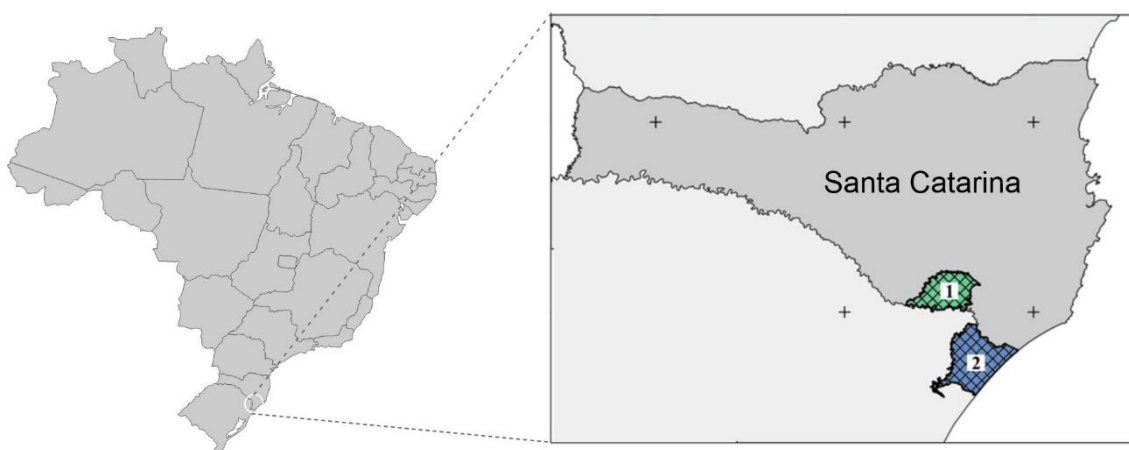


Figura 2. Mapa do Estado de Santa Catarina. Município de São Joaquim (1) e Região de Araranguá (2).  
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para as culturas da macieira e do arroz foram coletadas amostras de material em três áreas em sistema convencional e em três áreas em sistema orgânico; para a cultura da batata foram coletadas amostras em uma área conduzida em sistema convencional e uma área em sistema orgânico; e em duas áreas em sistema convencional e em duas áreas em sistema orgânico para a cultura da banana. Assim, ao total foram amostradas 18 áreas, totalizando 390 amostras de fertilizantes (orgânicos e minerais), solo, folhas e alimentos (grãos, tubérculos e frutas). Maiores detalhes sobre as áreas podem ser obtidos em Trapp et al. (2022).

Amostras de tecido vegetal (folhas, frutos, tubérculos e grãos), camada superficial do solo (0-20 cm) e fertilizantes orgânicos e sintéticos 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. A época e o procedimento das coletas seguiram as recomendações estabelecidas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo, para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS - RS/SC, 2016) para coleta de solo e de folhas de macieira e de arroz, pela Embrapa (2004) para coleta de folhas de bananeira; e por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) para coleta de folhas da cultura da batata. Maior detalhamento das amostragens pode ser encontrado em Trapp et al. (2022).

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 0,00001 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.

De posse dos resultados dos valores relativos ( $\delta$ ) de  $^{15}\text{N}$  (razão isotópica de uma amostra relativa à razão isotópica do padrão internacional - N do ar atmosférico -, que é expresso per mil ou ‰), os mesmos foram comparados por meio do intervalo de confiança (IC), com nível de significância de  $p \leq 0,05$ , 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. Isto foi realizado por meio de scripts escritos em linguagem R (v. 3.5.1).

### 3. Resultados e Discussão

#### 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 usadas nas propriedades com sistema de produção convencional (-3,55 a +1,23‰), nas culturas de arroz, bananeira e batata, com exceção da macieira (Figura 3).

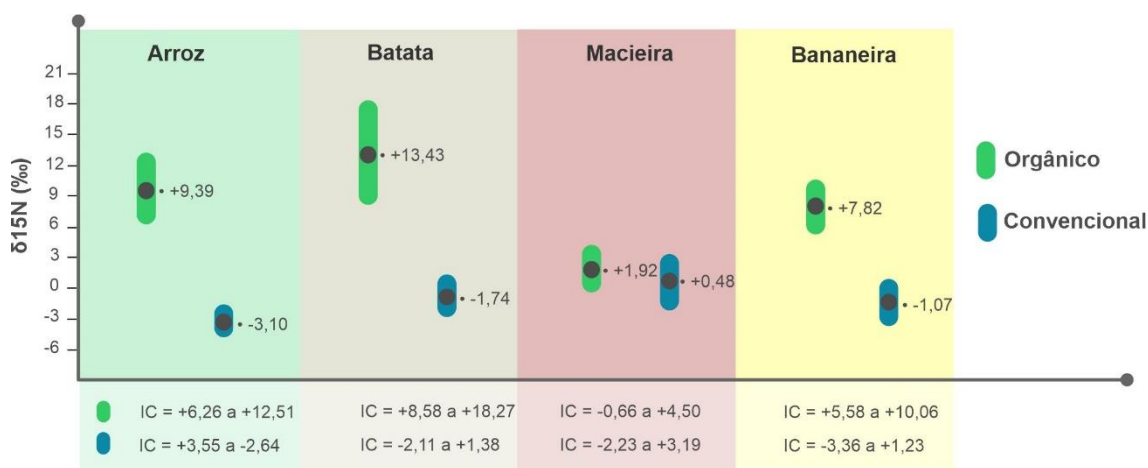


Figura 3. Intervalo de confiança (IC) registrado para valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em fertilizantes usados em sistemas de produção convencional e orgânico de arroz ( $n = 15$  para fertilizante orgânico e  $n = 30$  para fertilizante sintético), batata ( $n = 5$ ), macieira ( $n = 25$  para fertilizante orgânico e  $n = 20$  para fertilizante sintético) e bananeiras ( $n = 10$ ). As barras de erro indicam o IC 95% da média.

Os maiores valores de  $\delta^{15}\text{N}$  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, refletem as informações da literatura, que apontam valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de fertilizantes orgânicos e de fertilizantes sintéticos de, aproximadamente, +5 a +20‰ e -5 a +5‰, respectivamente (Vitória et al., 2004; Lim et al., 2010; Chalk; Magalhães; Inácio, 2013).

Estas diferenças de  $\delta^{15}\text{N}$  entre os fertilizantes ocorre 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 a amônia produzida nesse processo sai empobrecida de átomos de  $^{15}\text{N}$  e o composto restante (resíduo) fica enriquecido

(Hristov et al., 2009; Makarov; Malysheva; Menyailo, 2019). Já os fertilizantes sintéticos 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 3). Isso pode ter acontecido pela utilização de adubação mista (fertilizantes sintéticos + orgânicos) em uma propriedade do sistema convencional, e fontes orgânicas de N (pó de rocha e cobertura morta) com baixos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  em uma propriedade do sistema orgânico.

### 3.2. Solo

As amostras de solos do sistema de produção orgânico apresentaram maiores valores médios de  $\delta^{15}\text{N}$ , comparativamente às amostras dos solos do sistema de produção convencional para todas as culturas, com exceção da macieira (Figura 4). 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 sistema de produção orgânico, bem como os valores mais baixos de  $\delta^{15}\text{N}$  dos fertilizantes sintéticos se refletem nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistema de produção convencional (Celano et al., 2012).

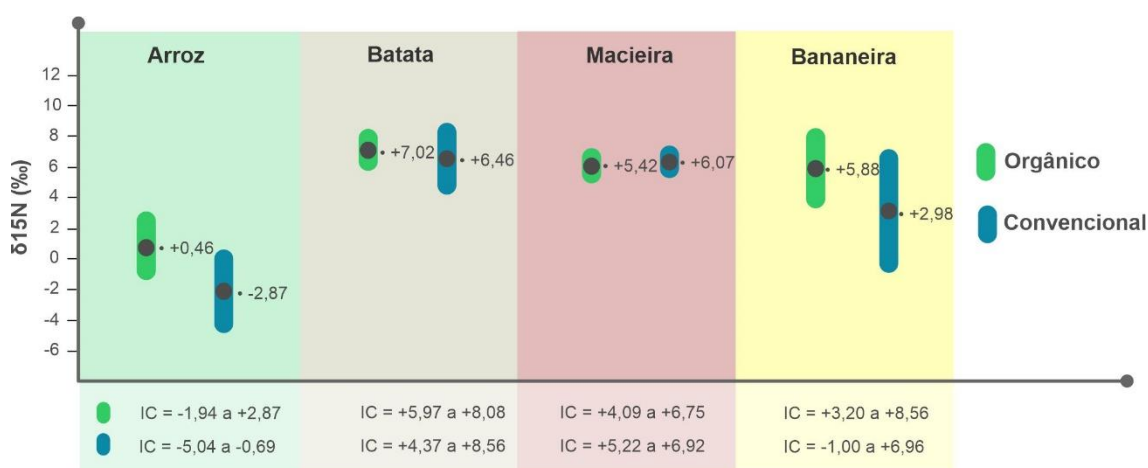


Figura 4. Intervalo de confiança (IC) registrado para valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em solo cultivado com arroz (n = 15), batata (n = 5), macieira (n = 15) e bananeira (n = 10), em sistemas de produção orgânicos e convencionais. As barras de erro indicam o IC 95% da média.



Porém, os IC's dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistema de produção orgânico se sobrepuseram aos IC's dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos solos do sistema de produção convencional, para todas as culturas (Figura 4). Isso significa que os sistemas de produção não diferem entre si 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. A limitação em discriminar os sistemas de produção pelos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  no solo pode estar relacionada as variações nos teores de matéria orgânica do solo, visto que neste constituinte está o maior reservatório de N dos solos (Knicker, 2011; Bingham; Cotrufo, 2016).

### 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 5). 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 sintéticos.

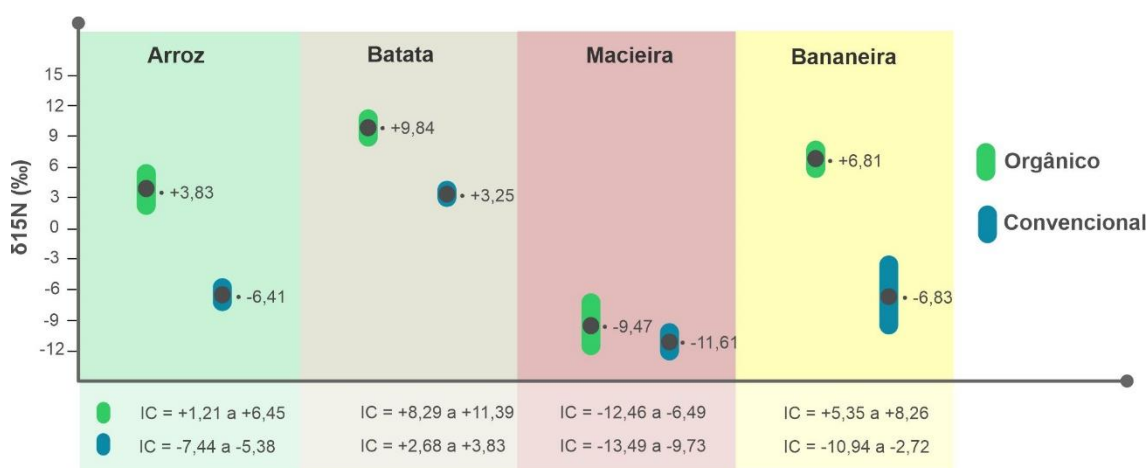


Figura 5. Intervalo de confiança (IC) registrado para valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em grãos de arroz (n = 15), tubérculos de batata (n = 5), maçã (n = 15) e banana (n = 10), cultivadas em sistemas de produção orgânicos e convencionais. As barras de erro indicam o IC 95% da média.

Nishida & 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 & 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 5), percebe-se valores mais elevados no arroz convencional cultivado no estudo de Nishida & Sato (2015), o que pode indicar a influência dos fertilizantes orgânicos utilizados juntamente com os fertilizantes sintéticos no estudo desses autores, uma vez que as fazendas que adotaram o sistema de produção convencional amostradas no nosso estudo utilizaram apenas fertilizantes sintéticos.

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 positivas (+3,83‰ e +6,81‰, respectivamente). Por outro lado, as médias dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  nestes mesmos alimentos (arroz e banana) produzidos no sistema de produção convencional foram negativos (-6,41‰ e -6,83‰, respectivamente) (Figura 5).

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 5). 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 e ambos foram negativos, -9,47‰ e -11,61‰, respectivamente (Figura 5). Este resultado pode representar uma limitação da técnica em diferenciar os alimentos orgânicos e convencionais das plantas com longo período

de crescimento. Isto provavelmente ocorre devido ao fato da maior massa dessas plantas (por exemplo, a macieira) gerar uma distribuição de N mais diluída, sendo geralmente as folhas, os ramos do ano/casca e as raízes os drenos mais importantes do N aplicado (Brunetto et al., 2016; Dong et al., 2002).

### 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 e os valores médios de  $\delta^{15}\text{N}$  nas folhas cultivadas no sistema de produção convencional foram todos negativos (Figura 6).

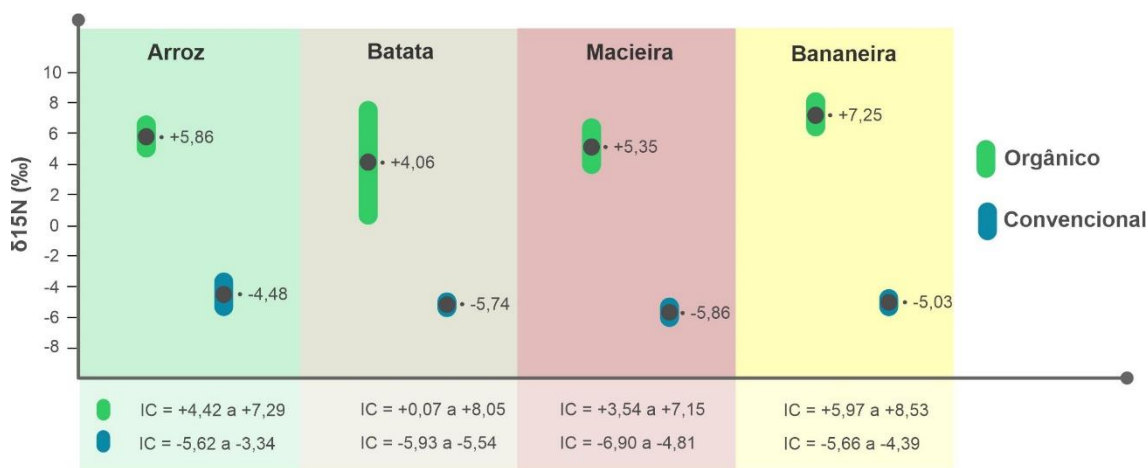


Figura 6. Intervalo de confiança (IC) registrado para valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) em folhas de arroz (n = 15), batata (n = 5), macieiras (n = 15) e bananeiras (n = 10), cultivadas em sistemas de produção orgânicos e convencionais. As barras de erro indicam o IC 95% da média.

Estes resultados mostram que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  em folhas dessas culturas permitem a diferenciação do tipo de sistema de produção usado. Inclusive para a macieira, que não foi possível observar essa distinção através de seus frutos (Figura 5). 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).

Também deve-se atentar para a possível limitação da técnica de  $\delta^{15}\text{N}$  em diferenciar produtos orgânicos de convencionais derivados de plantas leguminosas, como por exemplo a soja. No estudo de Oberson et al. (2007) se observou valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de +2,4‰ e +2,1‰ para soja orgânica e convencional, respectivamente, não apresentando diferença significativa entre os sistemas de cultivo.

A Tabela 1 resume os valores referência de  $\delta^{15}\text{N}$  das fontes de N, solo, folhas e alimentos gerados por este estudo.



Tabela 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	Fertilizantes	Solo	Folhas	Alimento
<b>Sistema de Produção Convencional</b>				
Arroz	-3,55‰ a -2,64‰	-5,04‰ a -0,69‰	-5,62‰ a -3,34‰	-7,44‰ a -5,38‰
Bananeira	-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‰
Macieira	-2,23‰ a +3,19‰	+5,22‰ a +6,92‰	-6,90‰ a -4,81‰	-13,49‰ a -9,73‰
<b>Sistema de Produção Orgânico</b>				
Arroz	+6,26‰ a +12,51‰	-1,94‰ a +2,87‰	+4,42‰ a +7,29‰	+1,21‰ a +6,45‰
Bananeira	+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‰
Macieira	-0,66‰ a +4,50‰	+4,09‰ a +6,75‰	+3,54‰ a +7,15‰	-12,46‰ a -6,49‰

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 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 sistema 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 em folhas quanto nos alimentos, para o arroz, a batata e a bananeira.

A abundância natural de  $^{15}\text{N}$  das folhas foi significativa para diferenciar os sistemas de produção de todas as espécies analisadas neste estudo. No caso da macieira, que apresentou uma sobreposição expressiva entre os diferentes sistemas de produção a partir dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos frutos, poderá ser proposto a substituição dos frutos pelas suas folhas, em caso de inspeção à campo.

A técnica da análise da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  pode ser utilizada para diferenciar produtos de diferentes sistemas de produção.

## Agradecimentos

---

Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora. Ao CNPq pelo apoio financeiro. Os autores agradecem a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) pela assistência técnica, especialmente aos colaboradores Carlos Magno de Almeida, Diego Adilio da Silva, Douglas George de Oliveira, Fernando Lock Silveira, Mariele Duarte Anastácio e Reginaldo Ghellere. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) através do edital ARD-04/2019 (Projeto - 19/2551-0001310-8) pelos recursos financeiros.

## Referências

---

- BINGHAM, A. H.; COTRUFO, M. F. Organic nitrogen storage in mineral soil: Implications for policy and management. **Science of The Total Environment**, v. 551–552, p. 116–126, 2016.
- 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**, v. Seção 1, p. 1–20, 2009a.
- 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**, v. Seção 1, p. 2–3, 2009b.
- 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**, v. 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. 2017b**, v. Seção 1, p. 41–44, 2017.
- BRUNETTO, G. et al. Contribution of nitrogen from urea applied at different rates and times on grapevine nutrition. **Scientia Horticulturae**, v. 207, n. 2, p. 1–6, 2016.
- CAMIN, F. et al. 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. et al. 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. p. 107–144.
- 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 <sup>15</sup>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. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016.

DONG, S. et al. Nitrogen absorption, translocation and distribution from urea applied in autumn to leaves of young potted apple (*Malus domestica*) trees. **Tree Physiology**, v. 22, n. 18, p. 1305–1310, 2002.

EMBRAPA. **O cultivo da bananeira**. 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. v. 26.

FLORES, P. et al. 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. et al. 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**. 2017a. 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)>.

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**. 2017b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?=&t=resultados>>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados definitivos Brasil**. 2017c. 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)>.

INÁCIO, C. de T., URQUIAGA, S. **Aplicações da Análise de Isótopos Estáveis na Agricultura**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2017. 52 p. (Documentos/ Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 198).

INÁCIO, C. T. et al. 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. et al. 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. 109219, 2020.

KNICKER, H. Soil organic N - An under-rated player for C sequestration in soils? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 6, p. 1118–1129, 2011.



LIM, S.-S. et al. 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.

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.

OBERSON, A. et al. Symbiotic  $\text{N}_2$  fixation by soybean in organic and conventional cropping systems estimated by  $^{15}\text{N}$  dilution and  $^{15}\text{N}$  natural abundance. **Plant and Soil**, v. 290, n. 1–2, p. 69–83, 2007.

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: Organix, 2017. 57 p. Disponível em: <<http://marketanalysis.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Pesquisa-Consumo-de-Produtos-Orgânicos-no-Brasil-Relatório-V20170718.pdf>>.

RAPISARDA, P. et al. 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.

TRAPP, T. et al. Natural abundance analysis of the role played by  $^{15}\text{N}$  as indicator for the certification of organic-system deriving food. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 1, p. 330–340, 2022.

UNKOVICH, M. Isotope discrimination provides new insight into biological nitrogen fixation. **New Phytologist**, v. 198, n. 3, p. 643–646, 2013.

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