

# Agropecuária Catarinense



ISSN 0103-0779 (impresa)  
ISSN 2525-6076 (on-line)  
DOI 10.52945/rac  
Vol. 37, nº 1, jan./abr. 2024



© Andre Sezerino

## Parasitóides de moscas-das-frutas

Cultivares polinizadores  
semissilvestres de macieira

Estudos com pó de rocha  
como fertilizante

Cultivo da macroalga  
*Kappaphycus alvarezii*

# Agropecuária Catarinense

Agrobase (Mapa); Agris (FAO); Diadorim (Ibict); CAB internacional; DOAJ; FSTA, PKP Index; Periódicos da Capes; Revistas de Livre Acesso (CNEN); Redib (Rede ibero americana de inovação e conhecimento científico; Latindex (catálogo 2.0), Oasis (Ibict) and La referencia (Rede Federada de Repositórios Institucionais de Publicações Científicas).



**Governador do Estado**  
Jorginho dos Santos Mello

**Secretário de Estado da Agricultura, da Pesca  
e do Desenvolvimento Rural**  
Valdir Colatto

**Presidente da Epagri**  
Dirceu Leite

## Diretores

**Célio Haverth**  
Desenvolvimento Institucional

**Fabírcia Hoffmann Maria**  
Administração e Finanças

**Gustavo Gimi Santos Claudino**  
Extensão Rural e Pecuária

**Reney Dorow**  
Ciência, Tecnologia e Inovação



## Comitê de Publicações/Publication Committee

Alexandre C. M. Netto, Dr., Epagri/EEV  
Ana L. Hanisch, Epagri, Dra., Epagri/EEC  
Bruno C. da Silva, Dr., CEPCamboriú  
Cristiano J. Arioli, Dr., Epagri/EESJ  
Cristiano Nunes Nesi, Dr., Cepaf  
Fabia Tonini, Epagri/DERP  
Fabiana Schmidt, Dra., EECN  
Fábio S. Higashikawa, Dr., EEIt  
Gilson J. M. Gallotti, M.Sc., Epagri/EEC  
Henrique B. Petry, Dr., EEU  
João P. P. Gardin, Dr., EEV  
José C. Gelsleuster, bibliotecário  
Júlio C. Ramos, Dr., Epagri/EECN  
Leandro Hahn, Dr., Epagri/EECD  
Léo T. Kroth, Dr., Cepa  
Leonardo Araújo, Dr., Epagri/EESJ  
Lucia M. Kinceler, Dra., Epagri/DEMOC (Presidente)  
Luiz A. M. Peruch, Dr., Epagri/DEMOC  
Luiz F. Vianna, Dr., Epagri/Ciram  
Marcelo A. de Sá, Cepa  
Marcelo M. de Haro, Dr., Epagri/EEI  
Márcia C. Varaschin, M.Sc., Epagri/DEMOC  
Maria C. C. R. da Silva, Dra., Cepaf  
Marlise N. Ciotta, Dra., Epagri/EEL  
Mauro F. B. Junior, Dr., Epagri/EEU  
Murilo D. Costa, Dr., Epagri/EEL  
Natália da C. Marchiori, Dra., Cedap  
Paulo S. Tagliari, M.Sc., Epagri/DEMOC  
Rodoldo V. Castilhos, Dr., Cepaf  
Rosana Kokuszka, M.Sc., Epagri/DEMOC  
Rose M. Gerber, Dra., Epagri/DERP

## Conselho Editorial/Editorial Board

Alvadi Balbinot Jr., Dr. – Embrapa – Londrina, PR  
Ana Cristina Portugal de Carvalho, Dra. – Embrapa – Fortaleza, CE  
Bonifácio Hideyuki Nakasu, Dr. – Embrapa – Pelotas, RS  
César José Fanton, Dr. – Incaper – Vitória, ES  
Cristiano Cortes, Dr. – ESA – França  
Fernanda Vidigal Duarte Souza, Dra. – Embrapa – Cruz das Almas, BA  
Fernando Mendes Pereira, Dr. – Unesp – Jaboticabal, SP  
Flávio Zanetti, Dr. – UFPR – Curitiba, PR  
Guilherme Sabino Rupp, Dr. – Epagri – Florianópolis, SC  
Gustavo de Faria Theodoro, Dr. – UFMS – Chapadão do Sul, MS  
Luís Sangoi, Dr. – Udesc/CAV – Lages, SC  
Mário Ângelo Vidor, Dr. – Epagri – Florianópolis, SC  
Miguel Pedro Guerra, Dr. – UFSC – Florianópolis, SC  
Moacir Pasqual, Dr. – UFLA – Lavras, MG  
Roberto Hauagge, Dr. – Iapar – Londrina, PR  
Sami Jorge Michereff, Dr. – UFCA – Crato, CE

## Colaboraram como revisores técnico-científicos nesta edição

Abelino Souza  
Alex Alves Santos  
Álvaro Luiz Mafra  
Andressa Ana Ansiliero  
Caio Takiyta  
Dahise Brilinger  
Diego Nicolau Follmann  
Djalma Schmitt  
Elisângela Benedet da Silva  
Fernando Marcos Brignoli

Jessica Carolina Faversani  
Juliano Dutra Schmitz  
Juliano Perottoni  
Leandro José Grava de Godoy  
Mari Silvia  
Marlise Nara Ciotta  
Mateus Pereira Gonzatto  
Murilo Dalla Costa  
Nelson Antonio Menezes  
Regis Luis Missio

Rodrigo Gioovanni  
Rogério de Oliveira Anese  
Sérgio Dias Lannes  
Suzany Aguiar Leite  
Thallis Felipe Boa Ventura  
Vagner Brasil  
Valéria Cress Gelli  
Vanderlei Both

## Lista dos editores de seção

Dr. Alexander de Andrade, Epagri/EEI  
Dr. André B. Soares, Epagri/UTFPR  
Dra. Cristiane de Lima Wesp, Epagri/EEV  
Dr. Douglas da Cruz Mattos, UENF  
Dr. Felipe Rafael Garcés Fiallos, UTM, Equador  
Dra. Gláucia A. Padrão, Epagri/Cepa  
Dr. Gustavo Brunetto, UFSM  
Dr. Haroldo T. Elias, Epagri/Cepal  
Dr. João F. M. dos Passos, Epagri/EEL  
Dr. João Guzanski, Epagri/Cedap  
Dr. Joatan M. da Rosa, UFPR  
Dr. Juracy C. Lins Junior, Epagri/EECD  
Dr. Keny H. Mariguelo, Epagri/EEI  
Dr. Leandro Hahn, Epagri/EECD  
Dr. Leonardo Araujo, Epagri/EESJ  
Dr. Luiz C. P. Martini, UFSC  
Dr. Marcio Sonogo, Epagri/EEU  
Dra. Marina L. M. Daltoé, UTFPR  
Dr. Matheus Deniz, UTFPR  
Dra. Marlise N. Ciotta, Epagri/EESJ  
Dr. Paulo A. de S. Gonçalves, Epagri/EEI  
Dr. Rafael R. Sábão, Epagri/Cepaf  
Dra. Renata S. Resende, Epagri/EEI  
Dr. Rogerio Luiz Backes, UFSM  
Dr. Tiago C. Baldissera, Epagri/EEL  
Dr. Ubirajara M. da Costa, Udesc  
D.Sc. Vinícius Caliar, Epagri/EEV  
Dr. Luis Cessar Cassol, UTFPR  
Dr. Virgílio G. Uarrota, Universidad de O'Higgins, Chile  
Dra. Vanessa Ruiz Fávoro, Epagri/EEL

# Sumário

<b>Influenza aviária de alta patogenicidade: um alerta global para a saúde animal, humana e do meio ambiente .....</b>	<b>5</b>
José Henrique de Oliveira, Carolina Damo Bolsanello, Daniel Remor Moritz e Cláudia Scotti Ducioni Matos	
<b>Trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’: potencial de uso e limitações.....</b>	<b>7</b>
Luana Aparecida Castilho Maro	
<b>Composição físico-química do vinho elaborado com a videira ‘Sauvignon Blanc’ em função do aumento da carga de gemas .....</b>	<b>10</b>
Douglas André Wurz, Alberto Fontanella Brighenti e Leo Rufato	
<b>Fertilização boratada aumenta produtividade da soja em solo argiloso .....</b>	<b>14</b>
Eduardo César Medeiros Saldanha	
<b>Série Felix: cultivares semissilvestres de macieira com indicação de uso exclusivo para polinização .....</b>	<b>19</b>
Frederico Denardi, Marcus Vinicius Kvitschal e Marcelo Couto	
<b>Potencial do pó de basalto como remineralizador de solo em sistemas de produção de hortaliças .....</b>	<b>25</b>
Ana Lúcia Hanisch, Rafael Ricardo Cantú, Juliane Garcia Knapik Justen e Guilherme Luis Scaramella Gonçalves	
<b>Cultivo da macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i> em diferentes sistemas de plantio no litoral norte de Santa Catarina .....</b>	<b>31</b>
Robson Cardoso da Costa, Eliziane Silva, Giovana Rodrigues Willem e Gilberto Caetano Manzoni	
<b>Growth and yield of the Murcott tangor in different rootstocks along the first six years in the orchard.....</b>	<b>38</b>
Eduardo Cesar Brugnara, Rafael Roveri Sabião and Luana Aparecida Castilho Maro	
<b>Multi-character nutraceutical selection aiming for the ideal wheat genotype .....</b>	<b>45</b>
Tamires Silveira Martins, Ivan Ricardo Carvalho, Kassiana Kehl, Willyan Júnior Adorian Bandeira, Leonardo Cesar Pradebon, Murilo Vieira Loro <sup>4</sup> and Marlon Vinicius da Rosa Sarturi	
<b>Utilização da espectroscopia no infravermelho próximo e calibração multivariada para determinação da composição nutricional de azevém .....</b>	<b>55</b>
Ângela Fonseca Rech e Simone Silmara Werner	
<b>Parasitoids associated with South American fruit fly in native fruits in the state of Santa Catarina, Brazil .....</b>	<b>63</b>
Janaína Pereira dos Santos, Alexandre Carlos Menezes-Netto and Juracy Caldeira Lins Junior	
<b>A aplicação do remineralizador de varvito afeta a disponibilidade do N de composto orgânico.....</b>	<b>71</b>
Rafael Ricardo Cantú, Alexandre Visconti, Rafael Gustavo Ferreira Morales e Euclides Schallenberger	
<b>Melhoramento de campo nativo: tecnologia fundamental para a preservação dos campos naturais.....</b>	<b>77</b>
Ulisses de Arruda Córdova, Nelson Eduardo Prestes, Jefferson Araújo Flaresso e Vilmar Francisco Zardo	

Indexadores/repositórios: Agrobases (Mapa); Agris (FAO); Diadorim (Ibict); CAB internacional; DOAJ; FSTA, PKP Index; Periódicos da Capes; Revistas de Livre Acesso (CNEN); Redib (Rede ibero americana de inovação e conhecimento científico; Latindex (catálogo 2.0), Oasis (Ibict) and La referencia (Rede Federada de Repositórios Institucionais de Publicações Científicas).

AGROPECUÁRIA CATARINENSE é uma publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502, 88034-901 Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, fone: (48) 3665-5000, fax: (48) 3665-5010, site: www.epagri.sc.gov.br.

A RAC tem por missão divulgar trabalhos de pesquisa e extensão rural de interesse do setor agropecuário nacional.

**EDITOR-CHEFE:** Adriana Tomazi Alves

**EDITORES TÉCNICOS:** Lucia Morais Kinceler  
Luiz Augusto M. Peruch  
João Vieira Neto  
Paulo Sergio Tagliari

Contatos com a Editoria: editoriarac@epagri.sc.gov.br, fone: (48) 3665-5449, 3665-5367.

**DIAGRAMAÇÃO E ARTE-FINAL:** Victor Berretta

**REVISÃO TEXTUAL:** Laertes Rebelo (português) e Tikinet (inglês)

**FOTO DA CAPA:** Parasitoide *Doryctobracon areolatus* por André Amarildo Sezerino

**DOCUMENTAÇÃO:** José Carlos Gelsleuster

**EXPEDIÇÃO:** DEMC/Epagri, C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5357, 3665-5361, e-mail: demc@epagri.sc.gov.br

## FICHA CATALOGRÁFICA

Agropecuária Catarinense – v.1 (1988) – Florianópolis: Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária 1988 - 1991)

Editada pela Epagri (1991 – )

Trimestral

A partir de março/2000 a periodicidade passou a ser quadrimestral.

1. Agropecuária – Brasil – SC – Periódicos.

I. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária, Florianópolis, SC. II. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

CDD 630.5

## Editorial

Vivemos em um mundo em transformação. A história da humanidade é uma narrativa de transformação contínua. Ao longo dos séculos, invenções e inovações cruciais têm remodelado drasticamente tanto as nossas vidas quanto o ambiente que habitamos. Desde a descoberta do fogo e a invenção da roda até o surgimento da penicilina e o desenvolvimento da energia atômica, descobertas impactantes têm continuamente impulsionado a humanidade para frente.

Mais recentemente a emergência da inteligência artificial (IA) tem sido aclamada como mais um momento crucial, dada sua capacidade de revolucionar vários aspectos do empreendimento humano. Um destes aspectos sem dúvida é o domínio da produção científica, com ferramentas como o ChatGPT – uma ferramenta que demonstra a capacidade de gerar textos de alta qualidade com facilidade.

Os debates em torno da integração de tais ferramentas no discurso acadêmico, no entanto, apenas começaram, levantando questões sobre as implicações éticas e a aceitação de conteúdo gerado por IA dentro dos círculos acadêmicos. Poderia o ChatGPT, por exemplo, ser reconhecido como um autor legítimo? As revistas científicas aceitarão artigos escritos e/ou aprimorados com essas ferramentas? Esses e outros pontos estão longe de ser um consenso.

O debate está apenas começando...

Nesta edição da revista Agropecuária Catarinense, destacamos a aplicação do controle biológico através do uso de parasitoides de insetos. Considerado como uma prática sustentável alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, o controle biológico deixou de ser uma inovação laboratorial e tornou-se uma realidade tangível nas lavouras. Inúmeras empresas agora oferecem produtos nessa área, englobando desde bactérias antagonistas até insetos predadores para culturas específicas. No entanto, ainda há amplo espaço para avanço. É imperativo continuar explorando as diversas aplicações do controle biológico, como evidenciado pelo estudo apresentado nesta edição, onde vários parasitoides de moscas das frutas foram identificados, incluindo a descoberta de uma espécie de parasitoide não documentada anteriormente apontando uma contribuição significativa para o campo.

Além disso, abordamos a utilização de pós de rocha como fontes de fertilizantes na agricultura. Os pós de rocha têm ganhado destaque como fertilizantes, especialmente em sistemas de cultivo orgânico. Dois estudos apresentados nesta edição destacam os efeitos benéficos de sua aplicação em culturas testadas e seu impacto na dinâmica do nitrogênio do solo.

Esta edição de nossa revista aborda diversos outros tópicos importantes para Santa Catarina, incluindo desde o aprimoramento do trigo para uma qualidade nutricional superior até a série Felix de macieiras, sistemas de cultivo de macroalgas, etc.

Não deixe de ler a revista Agropecuária Catarinense.

A ciência não pode parar!

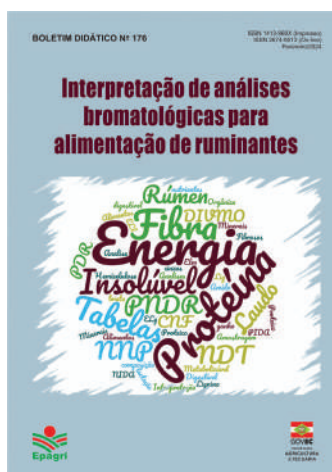
Science cannot stop!

Nota: este editorial foi aprimorado com uso de inteligência artificial via ChatGPT



### Implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) em regiões de clima frio (Impresso/*On-line*) - 2023 24p. BD 175

Entre as demandas levantadas pelo setor rural para aderir ao Programa de Regularização Ambiental e se adequar à legislação vigente, destaca-se a limitação de alternativas tecnológicas e a possibilidade de as áreas irregulares serem cercadas e deixadas para recuperação da vegetação nativa. Em regiões de clima frio as opções de sistemas produtivos florestais que possam ser adotados como estratégias de regularização ambiental são ainda mais limitadas que no restante do país. Neste cenário, a Epagri apresenta, neste boletim, resultados iniciais de uma pesquisa sobre implantação de diferentes sistemas agroflorestais, com foco na produção de erva-mate. Além de apresentar sistemas que atendam às demandas de restauração florestal exigidas pela legislação, a publicação visa contribuir para a geração de renda e de serviços ecossistêmicos ao meio rural.



### Interpretação de análises bromatológicas para alimentação de ruminantes (Impresso/*On-line*) - 2024 32p. BD 176

O Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Epagri/Estação Experimental de Lages (EEL) realiza análises bromatológicas de alimentos para pesquisadores, extensionistas rurais, técnicos, produtores e empresas. Os relatórios com os resultados das análises contêm termos técnicos específicos que nem sempre são compreendidos – faltam informações práticas, de livre acesso, concisas e de fácil compreensão. Além de gerar dúvidas, isso provoca erros na tomada de decisão em atividades simples e básicas. Para evitar esse tipo de problema, pesquisadores da EEL envolvidos na área de nutrição e alimentação animal desenvolveram este boletim. Além de fonte de consulta rápida e de fácil manuseio, a publicação traz informações básicas que certamente irão ajudar na interpretação de laudos de análises bromatológicas e tabelas de composição de alimentos.



### Avaliação de cultivares para o estado de Santa Catarina 2023-2024 (*On-line*) - 2023 101p. BT 212

Para obter financiamento e seguro agrícola privado ou público (Proagro ou Seaf) é essencial consultar os cultivares indicados para plantio em Santa Catarina. As avaliações de desempenho dos cultivares das diferentes culturas apresentadas são realizadas anualmente em diferentes regiões edafoclimáticas de Santa Catarina. Nessas avaliações se identificam aqueles com melhor sanidade, maior potencial de produtividade, boa adaptação regional e tolerância ou resistência às principais pragas e doenças. O uso de cultivares com essas características é o pontapé inicial para de uma boa colheita. Este Boletim apresenta o esforço dos pesquisadores das unidades de pesquisa da Epagri a fim de oferecer aos produtores catarinenses opções com maior qualidade e rendimento que sejam competitivas tanto no mercado catarinense como no brasileiro.

Nota: Estas publicações podem ser visualizadas no site da Epagri através do link: <https://publicacoesepagri.sc.gov.br/>



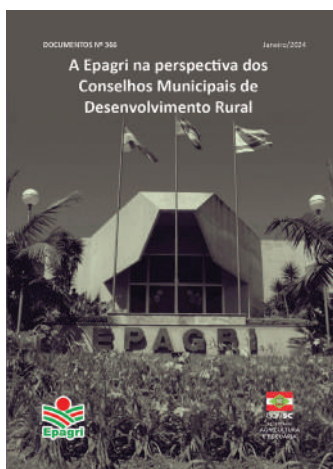
### Artrópodes benéficos nas lavouras catarinenses de arroz irrigado (Impresso/On-line) - 2024 36p. BT 213

O arroz é um produto importante da agricultura catarinense. Dentre os diversos problemas limitantes ao cultivo do arroz, a incidência de pragas destaca-se como altamente relevante, pois interfere diretamente na produtividade das lavouras e na qualidade final do arroz colhido. O avanço do conhecimento mostrou que o combate às pragas não pode mais ser relegado ao simples uso curativo ou preventivo de agrotóxicos. Na agricultura moderna, os diversos métodos de controle de pragas devem ser integrados, a fim de minimizar os danos às plantas, à saúde humana e à integridade do meio ambiente. Atenta a esta situação, a Epagri lança o presente Boletim Técnico, onde foram reunidas informações técnicas e imagens sobre os inimigos naturais das pragas do arroz, bem como orientações visando à preservação destes artrópodes benéficos nas áreas de produção.



### Cultivares de macieira desenvolvidos pela Epagri. (Impresso/On-line) - 2023 97p. BT 211

Esta publicação tem por objetivo apresentar todos os cultivares de macieira desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Macieira da Epagri – um trabalho de pesquisa que vem desenvolvendo tecnologias aplicadas ao setor da maçã brasileira há mais de 50 anos. A obra é destinada aos técnicos da área de agronomia, produtores de maçã, pesquisadores, estudantes e demais pessoas interessadas em conhecer esses cultivares de macieira de forma detalhada. Além de uma descrição minuciosa de cada cultivar, este Boletim Técnico apresenta as características das plantas e dos frutos, bem como as vantagens agrônômicas e o potencial de uso pelos fruticultores em associação com ‘Gala’ e ‘Fuji’, que são os cultivares tradicionalmente mais plantados no país.



### A Epagri na perspectiva dos Conselhos Municipais de Desenvolvimento Rural. (On-line) - 2024 21p. DOC 366

Os Conselhos Municipais de Desenvolvimento Rural – CMDRs são os fóruns legítimos para o controle social e a proposição de políticas públicas para o meio rural no âmbito dos municípios. A Epagri, além de animadora do processo de organização dos conselhos, submete as políticas públicas estaduais e federais de sua competência de execução para a apreciação e apoio dos CMDRs. Nesta publicação é apresentado o relato da pesquisa realizada junto aos conselhos municipais de desenvolvimento rural com vistas à revisão do Plano diretor da Epagri. Este documento servirá de base para a elaboração da proposta do novo Plano Diretor, a ser apresentado ao Conselho de Administração, que é a instância deliberativa da Epagri.

Nota: Estas publicações podem ser visualizadas no site da Epagri através do link:  
<https://publicacoesepagri.sc.gov.br/>

# Influenza aviária de alta patogenicidade: um alerta global para a saúde animal, humana e do meio ambiente

José Henrique de Oliveira<sup>1</sup>, Carolina Damo Bolsanello<sup>2</sup>, Daniel Remor Moritz<sup>3</sup> e Cláudia Scotti Ducioni Matos<sup>4</sup>

A influenza aviária de alta patogenicidade (IAAP) é uma doença contagiosa de distribuição global. Muitas vezes referida como gripe aviária, a IAAP representa uma ameaça significativa para a saúde animal e humana, podendo causar um desequilíbrio ambiental sem precedentes. Embora seja mais comumente associada a surtos em aves, sua capacidade de infectar humanos e outros mamíferos levanta preocupações adicionais, especialmente em relação à saúde pública e à segurança alimentar.

Historicamente, a IAAP tem sido responsável por surtos devastadores em aves comerciais em todo o mundo, resultando em enormes perdas econômicas para a indústria avícola. Os casos recentes em diferentes continentes destacam a necessidade urgente de vigilância e medidas eficazes de controle.

O Brasil é o maior exportador e segundo maior produtor de aves e produtos avícolas. Santa Catarina está em segundo lugar no ranking nacional de produção de aves e seus produtos. Diante da importância econômica e social desta atividade, a introdução de novas doenças em nossos rebanhos pode causar um enorme impacto para toda a cadeia produtiva avícola nacional.

Um dos maiores desafios associados à influenza aviária (IA) é sua capacidade de mutação rápida e adaptabilidade a diferentes espécies hospedeiras. Essa variabilidade genética torna difícil prever e controlar sua disseminação. Especial atenção deve ser dada às aves

silvestres migratórias, principalmente as aquáticas, reservatórios naturais da gripe aviária, uma vez que elas carregam e trocam diferentes cepas virais ao longo de suas rotas de migração, dificultando assim o seu controle.

A transmissão da IAAP ocorre pelo ar, água, alimentos, materiais contaminados e através do contato com animais doentes. Os principais sinais clínicos nas aves são a alta mortalidade, dificuldade respiratória, edema e cianose de crista e barbeta, corrimento nasal e ocular, diarreia, torcicolo, dificuldade locomotora, depressão, falta de apetite, queda na produção de ovos e diminuição do consumo de ração e água.

A legislação brasileira trata a IA como doença de notificação obrigatória imediata, ou seja, qualquer cidadão que souber de um caso suspeito, conforme os sinais clínicos descritos, deve informar imediatamente a Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc) mais próxima.

Em maio de 2023, o Brasil registrou os primeiros focos de IA no estado do Espírito Santo, todos em aves silvestres: Atobá-pardo (*Sula leucogaster*), no município de Cariacica, e Trinta-réis-de-bando (*Thalasseus acufavidus*), nos municípios de Maratáizes e Vitória. Nas semanas e meses seguintes, outros focos em aves silvestres foram confirmados no ES, RJ, BA, PR e RS.

Santa Catarina teve o primeiro registro de IA em uma ave silvestre da espécie Trinta-réis-real (*Thalasseus*

*maximus*) (Figura 1), em junho de 2023, no município de São Francisco do Sul. Ao longo dos meses do referido ano, o Estado registrou 21 casos, sendo 19 em aves de vida livre, 1 em mamífero marinho (leão-marinho-da-patagônia [*Otaria flavescens*]) e 1 em aves domésticas de fundo de quintal. A última ocorrência no Estado foi em dezembro de 2023, porém no Brasil houve 12 ocorrências em 2024, a última em abril.

O foco em aves de fundo de quintal em Santa Catarina aconteceu em uma propriedade rural do município de Maracajá, localizado no sul do Estado. O acontecimento mobilizou os governos federal (Mapa - Ministério da Agricultura e Pecuária) e estadual que, através da Cidasc, foi responsável pela execução das ações de saneamento do foco e vigilância do entorno. Ao longo de 10 dias, com o apoio dos setores privado e produtivo, foram realizadas ações de vigilância em 1.516 propriedades rurais no raio de 10km do foco e não foram detectados novos focos da doença, considerando encerrados os trabalhos deste caso de Maracajá.

É notório o papel das aves silvestres migratórias na dinâmica de disseminação da IA, sendo, portanto, dever de todos manter a vigilância e as barreiras de biossegurança em todas as propriedades catarinenses, sejam elas de subsistência ou avicultura comercial, no setor público ou privado. Ações de biossegurança no dia a dia, como manter as aves em local cercado,

<sup>1</sup>Médico-veterinário, Cidasc/Departamento Regional de Criciúma, Rua General Lauro Sodré, 200, Criciúma, SC, e-mail: jose\_oliveira@cidasc.sc.gov.br

<sup>2</sup>Médica-veterinária, Esp. Cidasc/Escritório Central, Rod. Admar Gonzaga, 1588 - Itacorubi - Florianópolis, SC, e-mail: cdamo@cidasc.sc.gov.br

<sup>3</sup>Eng.-agr., M.Sc., Cidasc/Departamento Regional de Criciúma, Rua General Lauro Sodré, 200, Criciúma, SC, e-mail: daniel@cidasc.sc.gov.br

<sup>4</sup>Médica-veterinária, Esp. Cidasc/Escritório Central, Rod. Admar Gonzaga, 1588 - Itacorubi - Florianópolis, SC, e-mail: csdmatos@cidasc.sc.gov.br



Figura 1. Trinta-reis-real e Trinta-reis-de-bando em praia do litoral catarinense  
Foto: Marzia Antonelli

sem acesso a aves de vida livre, granjas comerciais com *checklists* de biossegurança aprovados e a notificação imediata à Cidasc de casos suspeitos são alguns exemplos.

Além dos aspectos de saúde, há impactos econômicos e sociais nos surtos de IAAP. Regiões dependentes da

avicultura muitas vezes sofrem perdas significativas quando ocorrem focos da doença, pois a sua disseminação pode ter efeitos duradouros sobre a segurança alimentar e o sustento das pessoas.

Em última análise, a IAAP representa uma ameaça global que requer uma

abordagem integrada, multidisciplinar e coordenada. A colaboração entre governos, iniciativa privada, profissionais de saúde e da área ambiental, veterinários e a sociedade civil é essencial para mitigar seus impactos e proteger a saúde e o bem-estar de todas as espécies.

<sup>6</sup> Expressão utilizada pelo poeta Sérgio Napp no poema musicado por Mário Barbará Dornelles.



# Trifoliateiro ‘Flying Dragon’: potencial de uso e limitações

Luana Aparecida Castilho Maro<sup>1</sup>

**Resumo** – Diferentemente de outros estados que se destacam quanto a área plantada de citros, as áreas de cultivo dos citricultores catarinenses são, em média, inferiores a dois hectares. Espera-se, portanto, que estas pequenas áreas sejam economicamente rentáveis para manutenção da atividade. Cultivares altamente adaptados, produtivos e com frutos de qualidade com boa aceitação pelo mercado consumidor aliado ao correto manejo da cultura são premissas importantes para o sucesso da atividade. Uma maneira de otimizar o uso de pequenas áreas é aumentar a densidade de plantio. Plantas de porte baixo podem ser obtidas pelo uso de porta-enxertos ananizantes como ‘Flying Dragon’, possibilitando acomodar mais plantas por unidade de área do que os sistemas de plantio tradicionais em que se utilizam porta-enxertos de maior vigor. Porém, algumas ressalvas devem ser consideradas quanto à formação de mudas cítricas enxertadas neste porta-enxerto como o fato de serem excessivamente pequenas e apresentarem sistema radicular débil.

**Termos para indexação:** Vigor; Plantios de alta densidade; Citricultura; Viveiro de citros.

## Production of citrus seedlings in trifoliata ‘Flying Dragon’: potential use and limitations

**Abstract** – Unlike other states that stand out in terms of citrus planted area, the cultivation areas of citrus growers in Santa Catarina are, on average, less than 2 hectares. It is expected, therefore, that these small areas will be economically profitable to maintain the activity. Highly adapted, productive cultivars with quality fruits that are well accepted by the consumer market combined with correct crop management are important premises for the success of the activity. One way to optimize the use of small areas is to increase planting density. Short plants can be obtained by using dwarfing rootstocks such as ‘Flying Dragon’, making it possible to accommodate more plants per unit area than traditional planting systems. However, some restrictions must be considered regarding the formation of citrus seedlings grafted to this cultivar such as the fact that they are excessively small and have a weak root system.

**Index terms:** Vigor; High-density plantings; Citriculture; Citrus nursery.

## Introdução

Dados recentes apontam que o principal porta-enxerto utilizado na produção de mudas cítricas em Santa Catarina é o citromeleiro “Swingle” (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf x *Citrus paradisi* Macf) (MARO et al., 2023). Outros materiais foram citados neste levantamento como limoeiro “Cravo”, tangerineira “Sunki BRS Tropical” e citrangeiro “C13”. Em São Paulo, estado que detém a liderança nacional na quantidade de mudas produzidas e onde se concentra o maior número de viveiros, observa-se essa mesma predominância do “Swingle” (55%) na participação no total de mudas

produzidas, seguido de “Cravo” (27%), “Sunki” (9%), ‘Flying Dragon’ (3%), “Cleópatra” (<1%), e outros (5%) (GIRARDI et al., 2021). Essa diversificação é fundamental, visto os fracassos históricos da citricultura quando a produção de mudas era feita sobre os porta-enxertos laranjeira “Caipira” e “Azeda”.

## Origem e características

‘Flying Dragon’ ou FD, *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. = *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swingle, é um porta-enxerto conhecido por mutação do trifoliateiro *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. ocorrida no Japão. No Brasil, sua introdução se deu em 1982 a partir de sementes do

Citrus Research and Education Center, na Flórida. Em Santa Catarina, em 2011, a Epagri requereu seu registro no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), estando o cultivar registrado sob o número 28082. A Epagri é mantenedora do cultivar e possui jardim clonal de plantas fornecedoras de sementes para o setor viveirista. As principais características da planta são ramos tortuosos e espinhos curvos que remetem à semelhança com garras de dragão, sendo possivelmente a razão de sua denominação. Assim como o trifoliateiro pelo qual se originou, FD possui tolerância ao frio, imunidade à tristeza, boa adaptação a solos pesados e resis-

Recebido em 23/01/2024. Aceito para publicação em 05/04/2024.

Editora de seção: Cristiane de Lima Wesp

<sup>1</sup>Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri / Estação Experimental de Itajaí (EEI), Rod Antônio Heil, n. 6800, 88318-112, Itajaí, SC. e-mail: luanamaro@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1809>

tência a gomose de *Phytophthora*. Menores tamanhos de lesões causadas por *Phytophthora nicotianae* foram observadas para FD em ensaio envolvendo 15 genótipos em Itajaí, SC (BELTRAME et al., 2020). Além dessas características, FD é reconhecido como o único porta-enxerto verdadeiramente ananicante para as principais cultivares copa de *Citrus* spp., sendo capaz de formar árvores de até 2,5m (HAYAT et al., 2022).

## Potencial

A realidade da epidemia do *huan-glongbing* (HLB) vem redesenhando a pesquisa científica com citros no mundo. Embora se saiba que não há combinação copa x porta-enxerto tolerantes ou resistentes ao HLB, foram encontradas evidências de que a incidência acumulada da doença é menor para plantas enxertadas em FD (STUCHI et al., 2018). Além disso, em função da menor altura, plantas enxertadas em FD facilitam os tratamentos culturais, tais como pulverizações com inseticidas, inspeções e erradicação, quando necessário.

Sua viabilidade comercial tem sido comprovada, sobretudo, em condições tropicais, especialmente para copas mais vigorosas como limeiras ácidas e limoeiros. Em condições subtropicais como em Santa Catarina, pouco se sabe sobre o desempenho de diferentes cultivares copa enxertados em FD. Em Itajaí, a Epagri mantém acessos do Banco Ativo de Germoplasma sob FD desde 2013, em espaçamento de 1,80m entre linhas. Porém, os acessos em triplicata limitam as inferências sobre questões de produção, incompatibilidades, qualidade do fruto, reação a doenças, etc. Em Jaguaruna, ensaios com os genótipos de limeiras ácidas “BRS Passos”, “CNMPF 01”, “CNMPF 02”, “CNMPF 5059” e “Persian 58” vêm sendo conduzidos para avaliar a interação copa x porta-enxerto. Em Chapecó, Brugnara & Sabião (2021) observaram que o uso do FD possibilita a redução do espaçamento entre plantas de 2m (em porta-enxertos convencionais) para 1m no cultivo da tangerineira Ponkan. No entanto, a lacuna de respostas para porta-enxertos com potencial ananicante é relatada na literatura no que diz respeito a aspectos fisiológicos, comunicação hormonal, ca-

pacidade de absorção mineral e desempenho agrônomo (HAYAT et al., 2022).

Os viveiristas catarinenses destinam 65% de suas mudas para formação de pomares domésticos e 62% deles são também produtores de mudas de outras frutíferas e plantas ornamentais (MARO et al., 2023). Eis aqui um mercado em potencial para absorção de mudas enxertadas em FD, pois se podem cultivar plantas cítricas em vasos como bonsais para atender a fruticultura urbana e periurbana. Ainda na linha ornamental, há de se destacar cercas de FD (Figura 1) propiciam bom fechamento de áreas em função das características de seus ramos e a beleza da floração que ocorre antecipadamente ao período vegetativo, uma vez que o cultivar se comporta como espécie de clima temperado, de hábito caducifólio com gemas floríferas com menor exigência de frio que gemas vegetativas.

## Limitações

**Tempo de formação das mudas** - Uma das maiores limitações do FD pelo setor viveirista diz respeito ao maior tempo para formação das mudas. A legislação vigente (Instrução Normativa 48 do Mapa, de 24 de setembro de

2013) prevê que, quando da utilização de trifoliato e seus híbridos, o tempo máximo de formação das mudas seja de 24 meses da semente à comercialização. Ao se utilizar FD, este prazo pode ser aumentado para 36 meses (SCHÄFER et al., 2006).

**Época de maturação dos frutos x sementeira** - A maturação dos frutos de FD coincide também com a redução das temperaturas que, na região Sul, são mais acentuadas que em outras partes do Brasil. Temperaturas mais baixas influenciam o crescimento das plântulas e germinação. Ao avaliar a taxa de acúmulo de matéria seca da parte aérea e sistema radicular de 28 genótipos, Marigule & Maro (2017) confirmaram as menores médias para FD. Para contornar questões de dormência das sementes, sugere-se evitar a sementeira ao final da safra deste porta-enxerto (maio/junho). Outra recomendação é evitar o armazenamento das sementes, procedendo sua sementeira logo após a extração haja vista as dificuldades com sua conservação.

**Poliembrionia nucelar** - Estudos envolvendo a caracterização horticultural das sementes de FD também relatam empe-



Figura 1. Gema florífera aberta (A), vista parcial de cerca viva (B), detalhe da floração (C) e folhas senescentes na entrada do inverno (D) de plantas de “Flying Dragon”

Fotos: Luana Aparecida Castilho Maro

Figure 1. Open flowering bud (A), partial view of hedge (B), detail of the flowering (C) and senescent leaves at the entrance of winter of “Flying Dragon” plants

Photos: Luana Aparecida Castilho Maro

cilhos como a baixa poliembrionia nuclear. Sementes colhidas de plantas cultivadas em Santa Catarina apresentam de 1 a 3 embriões (RAU & MARO, 2023; MARO et al.; 2016). Isso traduz em alta frequência de plantas zigóticas, requerendo uma seleção criteriosa por parte do viveirista no momento do transplante da sementeira para o recipiente definitivo para enxertia. Tal característica das sementes requer também a semeadura de uma quantidade maior de sementes para se chegar ao número de porta-enxertos necessário.

**Incompatibilidades** – Limeira da Pérsia (*Citrus limettioides*), cunquateiro (*Fortunella* spp.) e laranjeira ‘Pera’ apresentam incompatibilidade com FD. Ao contrário do que se observa em regiões de clima mais frio como Sul, ‘Murcott’ também apresenta incompatibilidade com trifoliatas no estado de São Paulo (POMPEU JÚNIOR, 2005). Para contornar essas questões de incompatibilidade a interenxertia pode ser uma alternativa. Guilherme et al. (2014) constataram o sucesso do limoeiro ‘Cravo’ como interenxerto para obtenção de mudas de laranjeira ‘Pera’ em FD. No entanto, há de se considerar o tempo de formação dessas mudas com interenxerto que, no caso de laranjeiras, podem chegar a cinco meses de atraso, em comparação com mudas produzidas sem interenxerto (GIRARDI & MOURÃO FILHO, 2006).

## Considerações finais

Como região de clima subtropical, o uso de FD nos pomares catarinenses requer estudos em longo prazo, inclusive sobre necessidade de irrigação em ambientes com períodos secos. Para o setor viveirista, produzir mudas enxertadas em FD requer bom conhecimento técnico e disponibilidade de espaço nos viveiros haja vista que é necessário maior tempo para a formação das mudas. Tais dificuldades podem ser compensadas pelo valor de mercado da muda em função de suas vantagens. Além disso, o material possui potencial ornamental, considerando-se que grande parte dos produtores de mudas cítricas também produz plantas ornamentais.

## Referências

BELTRAME, A. B.; MARO, L. A. C.; MARI-GUELE, K. H. Reação de porta-enxertos à gomose de *Phytophthora*. In: CONGRESSO VIRTUAL DE AGRONOMIA, 8., Online, 2020, São Paulo, SP. **Anais [...]** São Paulo, SP, 2020. p.1-4.

BRUGNARA, E.C.; SABIÃO, R.R. Viabilidade de redução do espaçamento de plantio da tangerina Ponkan enxertada em trifoliato Flying Dragon. **Citrus Research Technology**, v.42, e1070, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/crt.24421>

GIRARDI, E.A.; MOURAO FILHO, F. de A. A. Production of interstocked Pera sweet orange nurse trees on Volkamer lemon and Swingle citrumelo rootstocks. **Scientia Agricola**, v.63, n.1, p.5-10, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162006000100002>

GIRARDI, E. A.; POMPEU JUNIOR, J.; TEOFILO SOBRINHO, J.; SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S.; CRISTOFANI-YALY, M.; SEMPIONATO, O. R.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; MATTOS JUNIOR, D. de; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. A. P.; AYRES, A. J. **Guia de reconhecimento dos citros em campo: Um guia prático para o reconhecimento em campo de variedades de laranjeira-doce e outras espécies de citros cultivadas no estado de São Paulo e Triângulo Mineiro**. Araquara : Fundecitrus, 2021. 158p. il.

GUILHERME, D. DE O.; MARINHO, C. S.; BIAZATT, M. A.; CAMPOS, G. S.; BREMENKAMP, C. A. Produção de mudas de laranjeira Pêra por meio do método de interenxertia. **Ciência Rural**, v.44, n.3, p.414–417, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000300005>

HAYAT, F.; LI, J.; IQBAL, S.; PENG, Y.; HONG, L.; BALAL, R.M.; KHAN, M.N.; NAWAZ, M.A.; KHAN, U.; FARHAN, M.A.; et al. A Mini Review of Citrus Rootstocks and Their Role in High-Density Orchards. **Plants**, v.11, p.2876, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11212876>

MARIGUELE, K. H.; MARO, L. A. C. Comparação entre genótipos potenciais para porta-enxertos cítricos em Santa Catarina - Brasil. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE HORTICULTURA, 1., 2017, Lisboa. **Resumos [...]** Lisboa, 2017. p.1-6.

MARO, L. A. C.; MARI-GUELE, K. H.; BELTRAME, A. B. Caracterização horticultural de híbridos naturais e segregantes com potencial de utilização como porta-enxertos para citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., 2016, São Luís, MA. **Anais [...]** São Luís, MA, 2016. p.1-4.

MARO, L.A.C.; MARI-GUELE, K. H.; BONACOLSI, D.D.; SILVA, D.A. Diagnóstico da produção de mudas cítricas no estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 28., 2023, Pelotas - RS. **Anais [...]** Jaboticabal – SP, 2023. p.1-4.

POMPEU JÚNIOR, J. **Porta-enxertos. Citros**. Campinas: IAC: FUNDAG, 2005. p. 63 104.

RAU, J.E.; MARO, L.A.C. Porta-enxerto Flying Dragon na produção de mudas cítricas: características e potencial de uso. In: SIMPÓSIO DA PRODUÇÃO VEGETAL, 1., 2023, Lages, SC. **Anais [...]** Lages, SC, 2023. p.201-205.

SCHÄFER, G.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C.; SCHWARZ, S. F. Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1723-1729, 2006.

STUCHI, E.S., BASSANEZI, R.B., GIRARDI, E.A., MOREIRA, A.S., PAROLIN, L.G., REIFF, E.T.; SEMPIONATO, O.R. **Incidência de huanglongbing (HLB) em pomares experimentais de combinações de porta-enxertos e cultivares de laranjeira doce e outros citros**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 33p. (Documentos, 227).

# Composição físico-química do vinho elaborado com a videira 'Sauvignon Blanc' em função do aumento da carga de gemas

Douglas André Wurz<sup>1</sup>, Alberto Fontanella Brighenti<sup>2</sup> e Leo Rufato<sup>3</sup>

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do aumento da carga de gemas na composição físico-química do vinho elaborado com a videira 'Sauvignon Blanc'. O trabalho foi conduzido durante o ciclo 2016/2017, em um vinhedo comercial, localizado no município de São Joaquim, SC. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de poda: 15, 30, 50 e 75 gemas planta<sup>-1</sup>. Após seis meses do processo de elaboração, as amostras foram analisadas em triplicata quanto a acidez total, açúcares redutores, teor alcoólico, densidade relativa, extrato seco, cinzas, pH, glicerol, polifenóis totais e coloração. Verificou-se que cargas de 30 a 50 gemas plantas<sup>-1</sup> resultaram em vinhos com maiores teores de glicerol e pH, com redução da acidez total. Os dados observados em todos os tratamentos são considerados adequados para vinhos brancos de qualidade, indicando, portanto, que é possível aumentar os índices produtivos, o que possibilita maior rentabilidade ao viticultor.

**Termos de indexação:** *Vitis vinifera* L.; Glicerol; Composição química; Coloração.

## The physicochemical composition of wine elaborated from 'Sauvignon Blanc' grapevine as a result of increased bud load

**Abstract** – This study aims to evaluate the effect of increasing bud load on the physicochemical composition of wine made from the 'Sauvignon Blanc' grapevine. This work was carried out during the 2016/2017 harvest in a commercial vineyard in the São Joaquim municipality, SC. The treatments consisted of four pruning levels: 15, 30, 50 and 75 buds plant<sup>-1</sup>. Six months after production, the wine samples were analyzed in triplicate for total acidity, reducing sugars, alcohol content, relative density, dry extract, ash, pH, glycerol, total polyphenols, and color. It was found that loads of 30 to 50 buds plant<sup>-1</sup> resulted in wines with higher glycerol and pH contents with lower total acidity. The data observed for all bud loads plant<sup>-1</sup> are considered adequate for quality white wines, thus indicating that it is possible to increase production rates by increasing the bud load plant<sup>-1</sup> during winter pruning, making it more profitable for the winegrower.

**Index terms:** *Vitis vinifera* L.; Glycerol; Chemical composition; Coloring

As regiões de altitude de Santa Catarina (SC) caracterizam-se por apresentar vinhedos entre 900 e 1400 metros acima do nível do mar (WURZ et al. 2017a), sendo que, na última década, estas áreas têm-se destacado como uma região para a produção de uvas com elevada aptidão enológica (WÜRZ et al., 2018). Dentre as variedades brancas, a videira 'Sauvignon Blanc' (*Vitis vinifera* L.) é uma das mais importantes e pode ser considerada a mais bem adaptada às condições edafoclimáticas da região

(BRIGHENTI et al., 2013).

Apesar do potencial vitícola da região (Wurz et al. 2017b), observa-se baixa fertilidade de gemas das videiras. Em muitas ocasiões, a produção é inferior a um cacho por gema, o que, associado com outros fatores (elevada disponibilidade hídrica, elevado conteúdo de matéria orgânica, sistema de condução em espaldeira, porta-enxerto vigoroso), favorece o crescimento excessivo em detrimento à produtividade (VIANNA et al., 2016).

A poda invernal é um manejo realizado anualmente em regiões de clima temperado com o objetivo de regular a produção da videira (MIELE & MANDELLI 2012). Em função da intensidade e do tipo da poda, observam-se diferenças no vigor vegetativo e na composição final das bagas, tanto para consumo *in natura* quanto para vinificação (O'DANIEL et al., 2012). Conforme trabalho realizado por Greven et al. (2015), o aumento de 24 para 72 gemas por planta resultou em aumento da produ-

Recebido em 04/01/2024. Aceito para publicação em 16/02/2024.

Editor de seção: Vinicius Caliar

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., IFSC / Campus Canoinhas, Avenida dos Expedicionários, 2150, 89466-312, Canoinhas, SC, e-mail: douglas.wurz@ifsc.edu.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., UFSC/ CCA, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, 88034-000Lages, SC, fone: (49) 3721-5404,

e-mail: alberto.brighenti@ufsc.br.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., UDESC/CAV, Av. Luís de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, 88520-000 Lages, SC, fone: (49) 2101-22121,

e-mail: leo.rufato@udesc.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1802>

tividade de 4,8 para 12,7ton ha<sup>-1</sup>.

Apesar de haver publicações relacionadas ao aumento da carga de gemas com desempenho agrônomico e qualidade da uva, são escassas as informações que relacionam essa prática de manejo e sua influência na qualidade do vinho. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do aumento da carga de gemas na qualidade físico-química dos vinhos elaborados com uvas 'Sauvignon Blanc' cultivadas em São Joaquim, SC.

O trabalho foi conduzido durante o ciclo 2016/2017, em um vinhedo comercial, localizado no município de São Joaquim, coordenadas (28°17'39" S e 49°55'56" O), a 1.230 metros de altitude acima do nível do mar. Utilizaram-se plantas de 'Sauvignon Blanc' enxertadas sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103'. O vinhedo foi implantado em 2004 e caracteriza-se por apresentar plantas espaçadas de 3,0 x 1,5m, conduzidas em espaldeira, podadas em cordão esporonado duplo.

O clima da região é classificado, segundo Koppen-Geiger, como 'Frio, Nortes Frias e Úmido', Índice Heliotérmico de 1,714, precipitação média anual de 1.621mm e umidade relativa média anual de 80% (TONIETTO & CARBONNEAU, 2004).

Os tratamentos consistiram na elaboração de vinhos com uvas colhidas

provenientes de planas submetidas a quatro níveis diferentes de carga de gemas: 15, 30, 50 e 75 gemas planta<sup>-1</sup>. Após a poda foram deixados 8, 15, 25 esporões com duas gemas cada para os tratamentos 15, 30 e 50 gemas por planta; para o tratamento 75 gemas por planta, foram deixados 30 esporões com duas gemas, cada uma era composta de duas varas com 8 gemas cada. A poda foi realizada no dia 1º de setembro de 2016. A data da colheita foi determinada seguindo os padrões da vinícola, ocorrendo no dia 6 de março de 2017, sendo colhidos 50kg de cada repetição para a elaboração dos vinhos. A produtividade do vinhedo, bem como a maturação de colheita, estão descritos na Tabela 1. As microvinificações foram realizadas no Laboratório de Enologia da Universidade Estadual de Santa Catarina, no município de Lages, SC, seguindo o protocolo adaptado de Pszczolkowski & Lecco (2011) e Makhotkina et al. (2013), descrito por Wurz et al. (2018). Os vinhos foram fermentados a uma temperatura de 18°C.

Depois de finalizado o processo de elaboração dos vinhos, estes foram envasados em garrafas de 375ml, as quais foram acondicionadas em sala climatizada a 15°C. Não se realizou correção com Metabissulfito no momento do envase. Após seis meses

do processo de elaboração, as amostras de vinho foram analisadas em triplicata quanto a acidez total (g L<sup>-1</sup>), açúcares redutores (g L<sup>-1</sup>), teor alcoólico (%), densidade relativa, extrato seco (g L<sup>-1</sup>), pH, glicerol (g L<sup>-1</sup>), polifenóis totais (mg L<sup>-1</sup>) e coloração dos vinhos (Abs 420nm).

A acidez total, o pH, a densidade relativa e o teor alcoólico foram determinados conforme a metodologia proposta pelo *Office International de la Vigne et du Vin* (OIV, 2016). O teor de antocianinas foi determinado pelo método de espectrofotometria, descrito por Rizzon (2010).

A cor foi determinada pelo método de espectrofotometria, descrito por Rizzon (2010), analisado em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 420nm. O teor alcoólico foi determinado com um refratômetro de imersão e os açúcares redutores foram determinados segundo metodologia de Meyer & Leygue-Alba (1991), o extrato seco, segundo Ribéreau-Gayon et al. (1975). A concentração de polifenóis totais das amostras foi determinada pelo método de espectrofotometria, descrito por Singleton & Rossi (1965), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Vetec) e o ácido gálico como padrão, com leituras da absorbância em 760nm.

O delineamento experimental utilizado no vinhedo foi o de blocos ao acaso, com quatro blocos e cinco plantas por blocos. Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) e comparados pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observou-se efeito das cargas de gemas planta<sup>-1</sup> em algumas das variáveis químicas avaliadas, conforme Tabela 2. Não se observou efeito das cargas de gemas planta<sup>-1</sup> para as variáveis: açúcares redutores, teor alcoólico, densidade relativa, polifenóis totais.

Tabela 1. Produtividade média das diferentes cargas de gemas e ponto de colheita, seguindo padrões da vinícola

Table 1. Average productivity of different loads of buds and harvest point, following winery standards

	Carga de Gemas (gemas planta <sup>-1</sup> )			
	15	30	50	75
Produtividade (ton ha <sup>-1</sup> )	2,2	6,5	10,1	14,7
Sólidos Solúveis (°Brix)	21,3	21,6	21,4	21,1
Acidez Total (meq L <sup>-1</sup> )	101,6	98,6	98,9	93,6

Fonte: adaptado de Wurz et al. (2023).

O teor alcoólico apresentou valores entre 12,9 a 13,1% e, segundo a legislação brasileira, os teores alcoólicos mínimo e máximo permitidos variam de 8,6 a 14,0% (BRASIL, 2018). Os resultados obtidos no presente trabalho, apesar de estarem dentro do estabelecido, podem ser considerados elevados para vinhos brancos.

A acidez total foi influenciada pelas diferentes cargas de gemas planta<sup>-1</sup>, verificando-se uma maior acidez total do vinho para as cargas de 50 e 75 gemas planta<sup>-1</sup>, apresentando valores de 74,3 e 72,5 meq L<sup>-1</sup>, respectivamente. As cargas de 15 e 30 gemas planta<sup>-1</sup> apresentaram valores de 70,3 e 67,8 meq L<sup>-1</sup>, respectivamente. A acidez total dos vinhos é definida pela legislação brasileira, que estipula valores máximos e mínimos de 130 meq L<sup>-1</sup> e 55 meq L<sup>-1</sup>, sendo, de acordo com Bender et al. (2017), fundamental no vinho, pois participa das características organolépticas da bebida, sendo desejada em vinhos brancos.

Para a variável extrato seco, observaram-se valores superiores para as cargas de 15 e 50 gemas planta<sup>-1</sup>, com 19,2 g L<sup>-1</sup> e 19,4 g L<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto as cargas de 30 e 75 gemas planta<sup>-1</sup> apresentaram valores de 18,6 e 18,5 g L<sup>-1</sup>, respectivamente.

O valor de pH nos vinhos variou de 3,05 a 3,10, sendo os maiores valores (3,10) observados nas cargas de 30 e 50 gemas planta<sup>-1</sup>, enquanto os menores valores foram observados nas cargas de 15 e 75 gemas planta<sup>-1</sup>, com valores de 3,05 e 3,06, respectivamente. Segundo Bender et al. (2017), apesar de o pH não ser uma variável exigida pela legislação, ele é importante, pois apresenta influência sobre sabor e na proporção entre SO<sub>2</sub> livre e combinado, bem como no crescimento e na sobrevivência de microrganismos ao longo do processo de elaboração do vinho.

A coloração dos vinhos avaliados

pela Abs de 420nm foi influenciada pelas diferentes cargas de gemas planta<sup>-1</sup>, na safra 2017. Observou-se que o aumento da carga de gemas resultou em aumento da coloração dos vinhos. A carga de 15 gemas planta<sup>-1</sup> apresentou leituras de Abs 420nm de 0,08, enquanto para as cargas de 30, 50 e 75 gemas planta<sup>-1</sup>, apresentaram valores de 0,11, 0,18 e 0,22, respectivamente. Ressalta-se que os valores observados no presente trabalho podem ser considerados baixos, indicando a ausência do processo de oxidação dos vinhos. O processo de oxidação que ocorre frequentemente nos vinhos brancos é um problema bem conhecido na indústria vinícola, pois a cor dos vinhos pode ser alterada (CEJUDO-BASTANTE et al., 2010).

O conteúdo de glicerol (g L<sup>-1</sup>) foi influenciado pelas diferentes cargas de gemas planta<sup>-1</sup>, nas quais se observou maior valor, de 8,55 g L<sup>-1</sup> para a carga de 50 gemas planta<sup>-1</sup>, seguidas do tratamento

30 gemas planta<sup>-1</sup>, que apresentaram valor de 8,36 g L<sup>-1</sup>, enquanto valores extremos de 15 e 75 gemas planta<sup>-1</sup> apresentaram os menores conteúdos de glicerol, com valores de 8,02 e 7,89 g L<sup>-1</sup>, respectivamente. O glicerol é um dos compostos relevantes que, devido à sua natureza não volátil, contribui para a sua suavidade (EUSTACE & THORNTON 1987).

Deve-se salientar que os dados observados em todas as cargas de gemas planta<sup>-1</sup> são considerados adequados para vinhos brancos de qualidade, indicando portanto que é possível aumentar os índices produtivos através do aumento da carga de gemas planta<sup>-1</sup>, sem detrimento da qualidade do vinho, o que possibilita maior rentabilidade ao viticultor.

Concluiu-se que o aumento da carga de gemas resultou em vinhos com maior teor de acidez total, sendo que vinhos de plantas com carga de gemas

Tabela 2. Efeito da carga de gemas na composição química dos vinhos elaborados com a videira Sauvignon Blanc (*Vitis vinifera* L.) em região de elevada altitude de Santa Catarina. Na safra 2017

Table 2. Effect of bud load on the chemical composition of wines made with the Sauvignon Blanc vine (*Vitis vinifera* L.) in a high altitude region of Santa Catarina in 2017 season

	Carga de Gemas				CV
	15	30	50	75	(%)
Acidez Total (meq L <sup>-1</sup> )	70,3 bc	67,8 c	74,3 a	72,5 ab	7,2
Açúcares Redutores (g L <sup>-1</sup> )	1,56 ns	1,54	1,28	1,49	13,4
Teor Alcoólico (%)	12,9 ns	13,1	12,9	12,9	5,4
Densidade (g L <sup>-1</sup> )	0,990 ns	0,990	0,990	0,991	0,2
Extrato Seco (g L <sup>-1</sup> )	19,2 ab	18,6 bc	19,4 a	18,5 c	1,5
pH	3,05 b	3,10 a	3,10 a	3,06 b	0,4
Glicerol (g L <sup>-1</sup> )	8,02 b	8,36 ab	8,55 a	7,89 b	2,5
Polifenóis Totais (mg L <sup>-1</sup> )	290,8 ns	311,1	303,2	285,4	10,2
Coloração (Abs 420 nm)	0,080 d	0,117 c	0,188 b	0,224 a	7,7

\*Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

planta<sup>1</sup> intermediárias apresentaram maiores valores de pH e glicerol. Vinhos elaborados com uvas de plantas submetidas a menores cargas de gemas apresentaram menor coloração amarela.

## Referências

BENDER, A.; SILVA, R.S.; MALGARIM, M.B.; MARTINEZ, J.F.; COSTA, V.B. Avaliação Físico-Química e Compostos Bioativos de Vinho Tinto Colonial produzido em São Lourenço do Sul (RS). **Revista Eletrônica Científica UERGS**, v.3, n.2, p.249-265, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 14, de 8 de fevereiro de 2018. **Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho e Derivados da Uva e do Vinho**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 abr. 2023.

BRIGHENTI, A.F.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V.; RUFATO, L. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina – Brasil. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1162-1167, 2013.

CEJUDO-BASTANTE, M.J.; PÉREZ-COELLO, M.S.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Identification of new derivatives of 2-S-glutathionylcaftaric acid in aged white wines by HPLC-DAD-ESI-MS. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.58, n.21, p.11483- 11492, 2010.

EUSTACE, R.; THORNTON, R.J.; Selective hybridisation of wine yeasts for higher yields of glycerol. **Canadian Journal of Microbiology**, v.33, p.112-117, 1987.

GREVEN, M.M; NEAL, S.M.; HALL, A.J.; BENNETT, J.S. Influence of retained node number on Sauvignon Blanc grapevine phenology in a cool climate. **Australian**

**Journal of Grape and Wine Research**, v.21, n.2, p.209-301, 2015.

MAKHOTKINA, O.; HERBST-JOHNSTONE, M.; LOGAN, G.; TOIT, W.; KILMARTIN, P. A. Influence of sulfur dioxide additions at harvest on polyphenols, C6-compounds and varietal thiols in Sauvignon blanc. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.64, n.2, p.203-213, 2013.

MIELE, A.; MANDELLI, F. Manejo do dossel vegetativo e seu efeito nos componentes de produção da videira Merlot. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.964-973, 2012.

O'DANIEL, S.B.; ARCHBOLD, D.D.; KURTURAL, K.S. Effects of balanced pruning severity on Traminette (*Vitis* spp.) in a warm climate. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.63, n.2, p.284–290, 2012.

OIV – Office International de la Vigne et du Vin. **Recueil des Méthodes Internationales d'Analyse des Vins et des Moûts**. Office International de la Vigne et du Vin: Paris, 2016.

PSZCZOLKOWSKI, P.; LECCO, C.C. de; **Manual de vinificación**: Guía práctica para la elaboración de vinos. Universidade Católica do Chile: Santiago, 2011, 113p.

RIZZON, L.A. **Metodologia para análise de vinho**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 120 p., 2010.

RYBÉREAU-GAYON, P.; STONESTREET, E. Le dosage des anthocianes dans le vin rouge. **Bulletin de la Société Chimique de France**, v.9, n.419, p.2.649-2.652, 1965.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic and phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and**

**Viticulture**, v.16, p.144–158, 1965.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.124, p.81-97, 2004.

VIANNA, L.F.; MASSIGNAN, A.M.; PANDOLFO, C.; DORTZBACH, D.; VIEIRA, V. F. Caracterização agronômica e edafoclimática dos vinhedos de elevada altitude. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n.3, p.215-226, 2016.

WURZ, D.A.; BEM, B.P.; ALLEBRANDT, R.; BONIN, B.; DALMOLIN, L.G.; CANOSSA, A.T.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A. New wine-growing regions of Brazil and their importance in the evolution of Brazilian wine. *In*: World Congress of Vine and Wine, 40, 2017, Sofia. **BIO Web of Conferences[...]** Sofia, v.9, p.1-4, 2017a.

WURZ, D.A.; BRIGHENTI, A.F.; MARCON FILHO, J.L.; ALLEBRANDT, R.; BEM, B.P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A. Agronomic performance of 'Cabernet Sauvignon' with leaf removal management in high-altitude region of Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.10, p. 69-876, 2017b.

WÜRZ, D.A.; ALLEBRANDT, R.; MARCON FILHO, J.L.; BEM, B. P.; BRIGHENTI, A.F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A. Época de desfolha e sua influência no desempenho vitícola da uva 'Sauvignon Blanc' em região de elevada altitude. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.17, p.91-99, 2018.

WURZ, D.A.; BRIGHENTI, A.F.; ALLEBRANDT, R.; RUFATO, L. Agronomic performance of 'Sauvignon Blanc' grapevine with different bud loads, in an altitude region of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.58, e03336, 2023.

# Fertilização boratada aumenta produtividade da soja em solo argiloso

Eduardo César Medeiros Saldanha<sup>1</sup>

**Resumo** – A maioria dos cultivos de importância agrícola tem mostrado respostas a aplicação de boro (B), em diferentes regiões e ambientes de produção do Brasil, certamente como resposta às baixas reservas deste nutriente nos solos. Objetivou-se com o estudo avaliar os efeitos de doses de boro sobre os aspectos nutricionais e produtivos da cultura da soja. O experimento foi conduzido na safra 2022/2023 no município de Santa Carmem – MT em Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa. Utilizaram-se seis tratamentos com quatro repetições, dispostos em blocos ao acaso. Os tratamentos consistiram em 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de B, foi utilizado o tetraborato de sódio pentahidratado como fonte fertilizante. A aplicação de 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de B propiciou maior produtividade de soja cujo percentual de incremento foi de 10,6% em comparação ao tratamento controle (acréscimo de 8,3 sacos ha<sup>-1</sup>). Este resultado certamente está associado ao baixo teor de B no solo e ao favorecimento do pegamento de flores após o seu fornecimento.

**Termos para indexação:** Micronutrientes; Adubação corretiva; Nutrição de plantas.

## Borate fertilization increases soybean productivity in clay soil

**Abstract** – Most crops of agricultural importance have shown responses to the application of boron (B) in different regions and production environments in Brazil, certainly in response to the low reserves of this nutrient in the soil. The objective of the study was to evaluate the effects of boron doses on the nutritional and productive aspects of soybean crops. The experiment was conducted in the 2022/2023 harvest in the municipality of Santa Carmem – MT in a Red-Yellow Oxisol, with a clayey texture. Six treatments with four replications were used, arranged in randomized blocks. Treatments consisted of 0.0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 and 3.0 kg ha<sup>-1</sup> of B, sodium tetraborate pentahydrate was used as a fertilizer source. The application of 2.0 kg ha<sup>-1</sup> of B provided greater soybean productivity, with a percentage increase of 10.6% compared to the control treatment (an increase of 8.3 bags ha<sup>-1</sup>). This result is certainly associated with the low B content in the soil and the favored flower setting after supply.

**Index terms:** Micronutrients; Corrective fertilization; Plant nutrition.

O Boro é requerido para o crescimento e desenvolvimento de todas as plantas, sendo a nutrição adequada com este nutriente fundamental para assegurar maior produção e qualidade das colheitas. A deficiência de B resulta em alterações bioquímicas, anatômicas e fisiológicas nas plantas. Desta forma, o nutriente tem sido objeto de investigações ao longo das últimas décadas. O B garante a adequada formação da estru-

tura vascular, possibilitando o fluxo de água, nutrientes e compostos orgânicos nas plantas (MESQUITA et al., 2016). A formação do tubo polínico, a germinação e a viabilidade dos grãos de pólen são também severamente afetadas em situações de baixo suprimento, resultando em polinização e fecundação incompletas e posterior abortamento floral. O fornecimento de B nesta fase aumenta a retenção de flores e o desen-

volvimento de frutos e sementes.

A disponibilidade deste micronutriente depende de fatores como pH, material de origem, teor de matéria orgânica e material de origem do solo (GUPTA, 1993). Ocorrem reações de adsorção que controlam a concentração de B na solução do solo, definindo, assim, o potencial do nutriente disponível e que pode ser absorvido pelas plantas, influenciando, ainda, a sua mobilida-

Recebido em 26/12/2023. Aceito para publicação em 09/04/2024.

Editor de seção: João Frederico Mangrich dos Passos

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, Dr., Rio Tinto/Desenvolvimento Técnico, Rua Aspigueta Navarro, 120, Caruaru, PE, CEP 55014-706, e-mail: eduardo.saldanha@riotin.com

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1798>



de no perfil do solo (GOLDBERG et al, 1993). Os hidróxidos de ferro, alumínio e manganês normalmente apresentam alta capacidade de adsorção do B, sendo os picos de adsorção máxima encontrados em valores de pH 7 a 8, enquanto a caulinita se caracteriza por uma baixa capacidade de adsorção deste nutriente (GOLDBERG, 1999). Assim, em solos de textura argilosa, podem ocorrer redução na disponibilidade de B, em razão dos fenômenos de adsorção química, sendo a forma não dissociada de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) de ocorrência predominantemente em solos de regiões tropicais.

Objetivou-se com o estudo avaliar os efeitos de doses de B sobre os aspectos nutricionais e produtivos da cultura da soja, no estado do Mato Grosso. O experimento foi conduzido na safra 2022/2023, no município de Santa Carmem – MT, em Latossolo Vermelho-Amarelo. O volume total de precipitação pluviométrica durante a condução do experimento foi de 1.189mm, e temperatura média de 27°C. A caracterização química do solo para a camada de 0-20cm, realizada antes da instalação do experimento, mostrou os seguintes resultados: pH ( $CaCl_2$ ) = 4,9 ; Matéria orgânica = 19,6g  $dm^{-3}$  ; P = 9,6g  $dm^{-3}$  ; K = 34,5g  $dm^{-3}$  ; Ca = 2,1cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$  ; Mg = 0,6cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$  ; Al = 0,0cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$  ; H+Al = 3,4cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$  ; S = 16g  $dm^{-3}$  ; B = 0,16g  $dm^{-3}$  ; Cu = 1,5g  $dm^{-3}$  ; Fe = 37g  $dm^{-3}$  ; Mn = 2,0g  $dm^{-3}$  ; Zn = 5,1g  $dm^{-3}$  ; CTC a pH 7,0 = 6,1cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$  ; V = 44,9 % e m = 0,0%. A análise granulométrica mostrou os seguintes resultados: areia = 510g  $kg^{-1}$  ; silte = 82g  $kg^{-1}$  e argila = 408g  $kg^{-1}$ . As determinações laboratoriais foram realizadas conforme Embra-pa, 1997. De acordo com as classes de interpretação da fertilidade do solo, o teor de B do solo se enquadra na clas-

se de disponibilidade considerada baixa (SOUZA & LOBATO, 2004).

A semeadura foi realizada diretamente sobre os restos culturais do milho cultivado em segunda safra em 2022. Utilizou-se o cultivar BMX Bônus IPRO. Empregaram-se seis tratamentos com quatro repetições, dispostos em blocos ao acaso. Cada parcela foi constituída por 8 linhas (0,5m entre linhas x 0,10m entre plantas) de 9,0m de comprimento. Os tratamentos consistiram em 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0kg  $ha^{-1}$  de B e foi utilizado o tetraborato de sódio pentahidratado (15% de B) como fonte fertilizante. As aplicações foram feitas a lanço no momento da semeadura. De acordo com o teor de B encontrado no solo utilizado no experimento, a dose recomendada, conforme a indicação oficial, seria de 2kg  $ha^{-1}$  de B, sendo esta dose parcelada e aplicada no sulco de semeadura, em três ciclos de cultivos (SOUZA & LOBATO, 2004).

No estágio de desenvolvimento R2 (florescimento pleno: maioria dos racemos com flores abertas) foram coletados 12 trifólios por parcela. Adotou-se, como folha índice, o terceiro trifólio completamente expandido com pecíolo, a partir do ápice da planta (haste principal). As folhas coletadas foram lavadas por três vezes em água deionizada e acondicionadas em sacos de papéis pré-identificados e secadas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 48 horas. Em seguida, determinou-se o teor de B, segundo método descrito por Bataglia et al. (1983). Na colheita delimitou-se um ponto amostral no centro de cada parcela, constituído por três linhas adjacentes com 4,0m de comprimento. Em seguida, a produtividade foi obtida a partir da trilha mecânica e pesagem dos grãos, a qual foi convertida para kg  $ha^{-1}$  e corrigida para 13% de umidade.

Após a colheita da soja foram coletadas amostras de solo aleatoriamente oito amostras simples nas entrelinhas de semeadura em cada parcela na camada de 0 - 20cm para compor uma amostra composta por parcela. As amostras foram secadas à sombra, destorroadas e peneiradas. Realizou-se o quarteamento das amostras e foram coletadas subamostras para determinar os teores de B disponível. Na extração do B disponível, foi utilizada água fervente, sendo a dosagem feita com azometina-H (BATAGLIA & RAIJ, 1990). O peso de mil grãos (PMG) foi determinado por ocasião da colheita, pesando uma subamostra de 100 grãos por parcela, a qual foi submetida à pesagem em balança de precisão (0,01g). Os resultados foram extrapolados para mil grãos e o peso corrigido para 13% de umidade. A produtividade foi determinada na colheita, delimitando-se um ponto amostral no centro de cada parcela, constituído por três linhas adjacentes com 4,0m de comprimento. Em seguida, a produtividade foi obtida a partir da trilha mecânica e pesagem dos grãos, a qual foi convertida para kg  $ha^{-1}$  e corrigida para 13% de umidade.

A adubação de semeadura foi realizada utilizando 400kg  $ha^{-1}$  da mistura de grânulos PK 00.18.18 (+ 9,8% de Ca e 4,9% de S) aplicado a lanço em pré-semeadura. Para a adubação de cobertura utilizaram-se 80kg  $ha^{-1}$  de cloreto de potássio, aplicado a lanço em superfície aos 30 dias após a emergência das plantas.

O cálculo da eficiência agronômica foi realizado de acordo com as equações propostas por Fageria et al., 1997: **Eficiência Agronômica (EA)** =  $(PG_{cf} - PG_{sf}) / (QN_a)$ , onde

$PG_{cf}$  = Produção de grãos com fertilizante (com boro);  $PG_{sf}$  = Produção de grãos sem fertilizante (sem boro);  $QN_a$

= Quantidade do nutriente aplicado (boro).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, as médias de doses de boro foram analisadas por regressão polinomial, ajustando-se modelos de equações significativas pelo teste F.

A aplicação de 2,0kg ha<sup>-1</sup> de boro via Granubor propiciou maior produtividade de soja - 5.199 kg ha<sup>-1</sup> – (Tabela 1), cujo percentual de incremento foi de 10,6% em comparação ao tratamento controle (acréscimo de 8,3 sacos ha<sup>-1</sup>). Este resultado pode estar associado ao baixo teor de B no solo e ao favorecimento do pegamento de flores após o seu fornecimento. Resultados semelhantes, obtidos por Mesquita et al. 2007, verificaram incrementos na produtividade do cultivo de batata, em Latossolo Vermelho com baixo teor de B. As aplicações de B resultaram em incrementos dos teores foliares de B, sendo os maiores teores obtidos com a dose de 3kg ha<sup>-1</sup> de B. Resultados de aumento dos teores foliares por meio da aplicação de B ao solo também foram observados no cultivo de amendoim, avaliando o tetraborato de sódio (CORDEIRO et al., 2024). Observou-se que o intervalo dos teores foliares de B observados em todos os tratamentos – 25 a 33,6mg kg<sup>-1</sup> de B – apresentaram valores dentro do intervalo da faixa de suficiência, considerada adequada, que é de 21 a 55mg kg<sup>-1</sup> de B (SOUZA & LOBATO, 2004; CANTARELLA et al., 2022), sendo os menores valores observados nos tratamentos 0 e 0,5kg ha<sup>-1</sup> de B. Não houve efeito significativo para a variável PMG.

Observa-se na Figura 1 a relação entre as doses de B, a produtividade da soja e o teor de B no solo. Os teores médios de B no solo variaram de 0,17 a 0,36mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1 e Figura 1), as doses aplicadas aumentaram linear-

mente os teores do nutriente no solo, apresentando efeito residual e acumulativo de B. Diferentes pesquisadores também verificaram esses resultados (PRADO et al., 2006; PEGORARO et al., 2008; TRAUTMANN et al., 2008). Importante destacar que os teores de B verificados no solo, após a aplicação das doses, se mantiverem abaixo do nível crítico de 0,5mg dm<sup>-3</sup> de B considerado para este micronutriente (SOUZA & LOBATO, 2004).

A maior eficiência agrônômica do uso do B (kg de grãos produzidos por kg de B aplicado) foi verificada com a utilização de 1,5kg ha<sup>-1</sup> do nutriente, diminuindo de valor com a elevação das doses aplicadas. Na dose de maior eficiência agrônômica, um quilo de boro aplicado ao solo produziu 327kg de grãos de soja (Figura 2).

De acordo com os resultados deste estudo, verificou-se que a dose 2,0kg ha<sup>-1</sup> de B, utilizando o tetraborato de sódio como fonte, resultou na maior produtividade produtiva e a dose 1,5kg ha<sup>-1</sup> como sendo a de maior eficiência agrônômica.

## Agradecimentos

Ao Dr. Claudinei Kappes, da Nema-bio Laboratório e Pesquisa Agrônômica

## Referências

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B.V. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.25-31, 1990.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A; MATOS JR. D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B.V. **Boletim 100**: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Instituto Agrônômico. Campinas. 2022. 489p.

CORDEIRO, C.F.S; GALDI, L.V.; SILVA, G.R.A.; CUSTODIO, C.C. ECHER, F.R. Boron nutrition improves peanuts yield and seed quality in a low B sandy soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.48, 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FAGERIA, N.K; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. Ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 656p.

GUPTA, U.C. **Boron and its role in crop production**. Charlottetown, CRC Press, 1993. 237p.

GOLDBERG, S.; FORSTER, H.S.; HEICK, E.L. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals and soils inferred from ionic strength effects. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.57, p.704-708, 1993.

GOLDBERG, S. Reanalysis of boron adsorption on soils and soil minerals using the constant capacitance model. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.63, p.823-829, 1999.

LIU, G. D., DONG, X. C., LIU, L. C., WU, L. S., PENG, S. A., AND JIANG, C. C. Boron deficiency is correlated with changes in cell wall structure that lead to growth defects in the leaves of navel orange plants. **Scientia Horticulturae**, v.176, p. 54–62, 2014.

Tabela 1. Resumo da análise de variância (teste F) e comparação de médias de peso de mil grãos (PMG), produtividade, teores de boro na folha e no solo em função da aplicação de doses de boro na cultura da soja

Table 1. Summary of the analysis of variance (F test) and comparison of average thousand grain weight (PMG), productivity, boron content in the leaf and soil as a function of the application of boron doses in soybean crops

Tratamento	Dose B kg ha <sup>-1</sup>	PMG g	Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	B foliar mg kg <sup>-1</sup>	B no solo Mg dm <sup>-3</sup>
1	0,0	190,7	4701	25,0	0,17
2	0,5	192,3	4713	26,9	0,18
3	1,0	191,0	4914	28,1	0,23
4	1,5	189,8	5192	28,2	0,27
5	2,0	191,3	5199	30,5	0,29
6	3,0	190,4	4823	33,6	0,36
Teste F					
P > F		ns	*	°	**
CV (%)		2,69	4,28	12,24	10,47

Legenda: CV – coeficiente de variação.

PMG: Peso de mil grãos

Teste F: ns – não significativo; \*\*, \* e ° – significativo a 1%, a 5% e a 10% de probabilidade, respectivamente

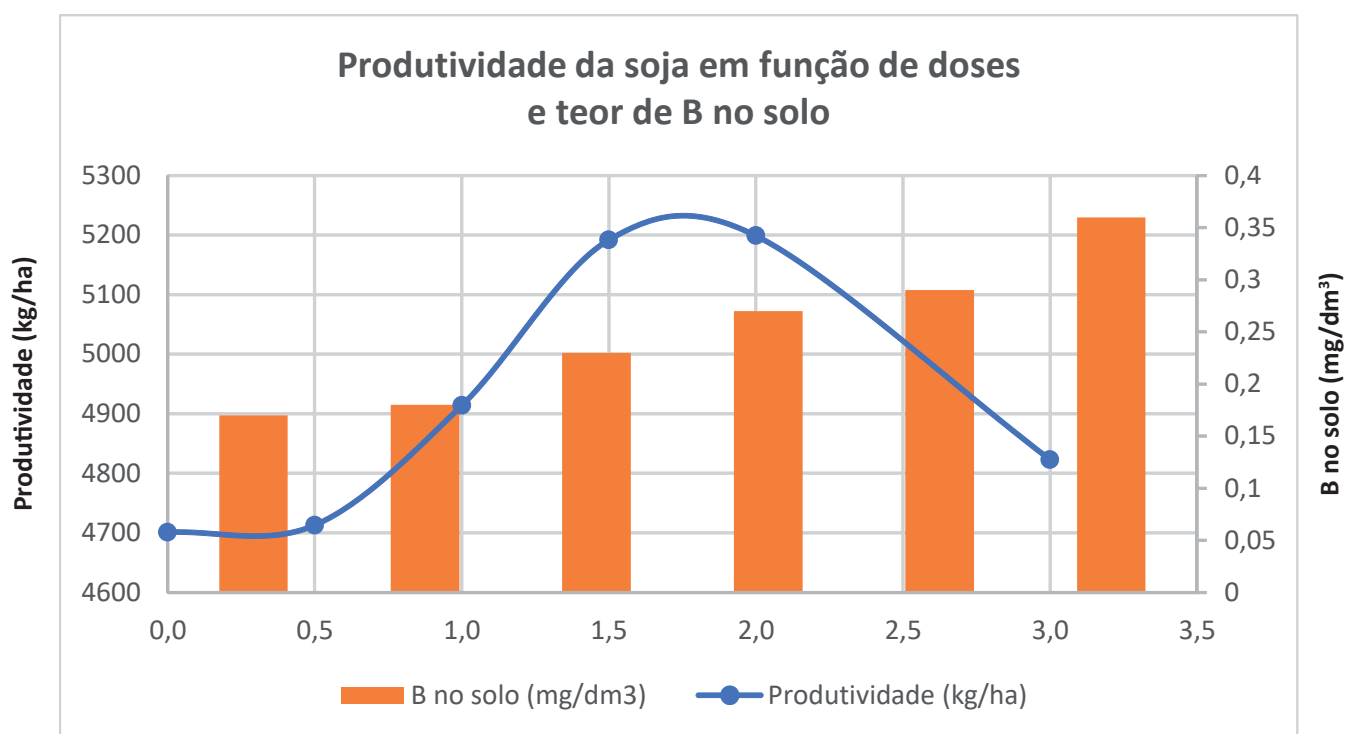


Figura 1. Produtividade de soja em função de doses e do teor de B no solo em Santa Carmem, MT, na safra 2022/2023

Figure 1. Soybean productivity as a function of doses and B content in the soil in Santa Carmem, MT, on the 2022/2023 season

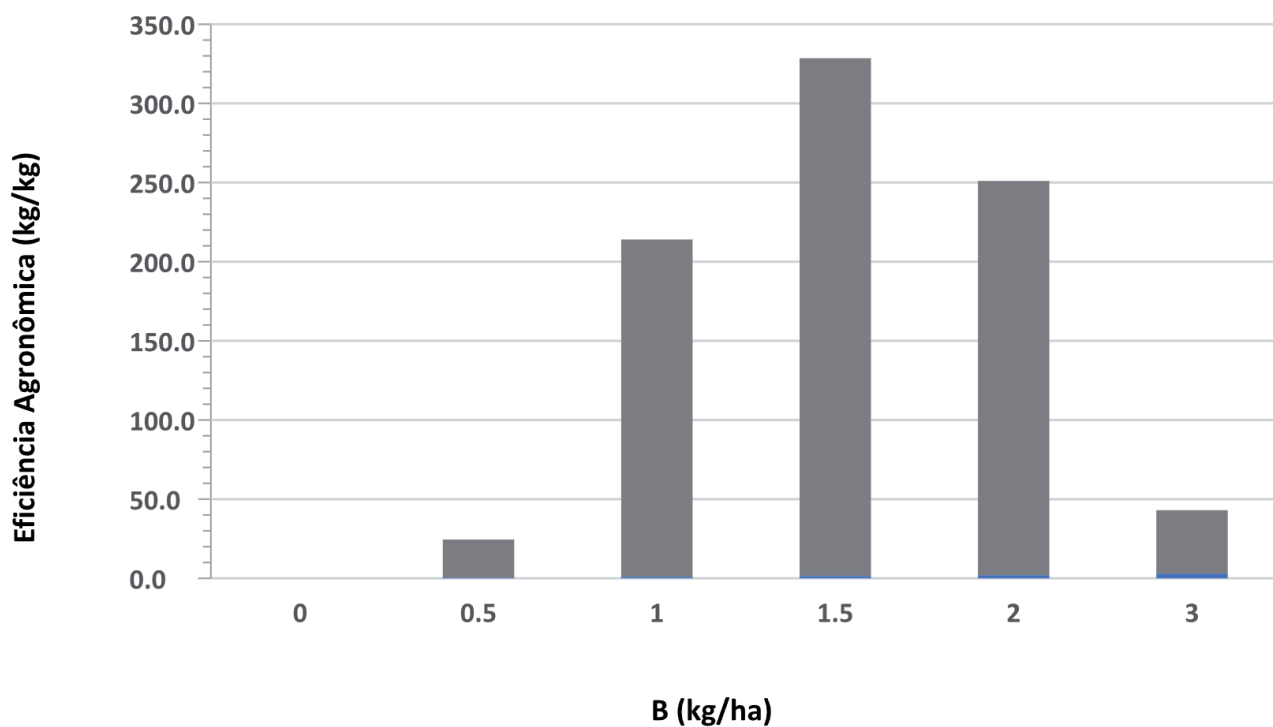


Figura 2. Eficiência agronômica em função da aplicação de doses de boro aplicado a lanço no momento da semeadura da cultura da soja em Santa Carmem, MT, na safra 2022/2023

Figure 2. Agronomic efficiency depending on the application of boron doses via Granubor broadcast at the time of soybean sowing in Santa Carmem, MT, on the 2022/2023 season

MESQUITA, H.A.; ALVARENGA, M.A.R.; PAULA, M.B.; CARVALHO, J.G.; NÓBREGA, J.C.A. Produção e qualidade da batata em resposta ao boro. **Ciência Agro-técnica**, v.31, n.2, p.385 – 392, 2007.

MESQUITA, G.L.; ZAMBROSI, F.C.B.; TANAKA, F.A.O.; BOARETTO, R.M.; QUAGGIO, J.A.; RIBEIRO, R.V.; MATTOS JÚNIOR, D. Anatomical and Physiological responses of citrus trees to varying boron availability are dependent on rootstock. **Frontier in Plant Science**, v.17, article 24, 2016.

PRADO, R.M.; NATALE, W. & ROZANE, D.E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de**

**Fruticultura**, v.28, p.305-309, 2006.

PEGORARO, R.F.; SANTOS NETO, J.A.; SILVA, I.R.; FONTES, R.L.F.; FARIA, A.F. & MOREIRA, F.F. Crescimento de soja em solos em resposta a doses de boro, calagem e textura do solo. **Ciência Agrotécnica**, v.32, p.1092- 1098, 2008.

RIAZ, M.; YAN, L.; WU, X.; HUSSAIN, S.; AZIZ, O.; WANG, Y.; IMRAN, M.; JIANG, C. Boron alleviates the aluminum toxicity in trifoliolate orange by regulating antioxidant defense system and reducing root cell injury. **Journal of Environmental Management.**, v.208, n.15, p.149-158, 2018. Disponível <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479717311702>.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. EMBRAPA Informações Tecnológicas. 2. Ed. Brasília, 2004, 416 p.

TRAUTMANN, R.R.; LANA, M.C.; GUIMARÃES, V.F.; GONÇALVES, A.C.; STEINER, F. Potencial de água no solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.240-251, 2014.

WILL, S.; EICHERT, T.; MULLER, T.; ROMHELD, V. Boron foliar fertilization of soybean and lychee: Effects of side of application and formulation adjuvants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.175, p.180-188, 2012.

# Série Felix: cultivares semissilvestres de macieira com indicação de uso exclusivo para polinização

Frederico Denardi<sup>1</sup>, Marcus Vinicius Kvitschal<sup>2</sup> e Marcelo Couto<sup>3</sup>

**Resumo** – Por ser uma espécie alógama e portadora de autoincompatibilidade gametofítica, a macieira (*Malus x domestica* Borkh.), via de regra, só frutifica satisfatoriamente na presença de outro cultivar usado como polinizador. Para ser eficiente, este cultivar polinizador precisa ter floração coincidente e compatibilidade gametofítica com o cultivar produtor, além de produzir flores e pólen em abundância. O objetivo deste trabalho é apresentar a **Série Felix** de cultivares polinizadores semissilvestres desenvolvidos pela Epagri. Além de possuírem pouco requerimento de frio hibernal e ser resistentes às principais doenças, esses cultivares têm floração intensa e prolongada, e possibilitam boas combinações de compatibilidade gametofítica com os cultivares comerciais de macieira. Estas características conferem aos cultivares da série Felix boa adaptação climática à maioria das regiões de cultivo de macieiras no sul do Brasil e alto potencial de uso como polinizadores para os cultivares comerciais Gala e Fuji, bem como para os novos cultivares híbridos melhorados, desenvolvidos pela Epagri. Os cultivares Felix 3 e Felix 4 foram os que mostraram maior potencialidade de aplicação como polinizadores para os cultivares comerciais considerados, não sendo apropriados apenas para a polinização do cultivar Daiane, que tem o período de florescimento mais tardio.

**Termos de indexação:** *Malus x domestica* Borkh.; Fecundação; Autoincompatibilidade gametofítica; Alelos S.

## Felix series: semi-wild apple cultivars indicated exclusively as pollinators

**Abstract** – As an allogamous species that presents gametophytic self-incompatibility, the apple tree (*Malus x domestica* Borkh.) only has satisfactory crop loads when it is cultivated together with another compatible cultivar as a pollinator. To be efficient, this pollinating cultivar needs to have a coincident flowering period and be genetically compatible with the commercial cultivar, in addition to producing flowers and pollen in abundance. The objective of this work is to present the **Felix Series** of semi-wild pollinator cultivars developed by Epagri. In addition to having lower chilling requirement and being resistant to the main diseases, the semi-wild **Felix Series** apple trees have intense and prolonged flowering, and allow good gametophytic compatibility combinations with the commercial apple cultivars. These characteristics give to the **Felix Series** apple trees good climatic adaptation to most apple-growing regions in southern Brazil and a high potential for use as pollinators for the commercial cultivars Gala and Fuji, as well as for the new hybrids apple cultivars developed by Epagri. The Felix 3 and Felix 4 cultivars had the widest potential for application as pollinators for the commercial apple cultivars, although they are not suitable for pollinating the cultivar Daiane, which has a later flowering period.

**Index terms:** *Malus x domestica* Borkh.; Fertilization; Gametophytic self-incompatibility; S alleles.

## Introdução

A macieira (*Malus x domestica* Borkh.) é uma fruteira de clima temperado alógama que requer obrigatoriamente polinização cruzada (SASSA, 2016). Isto se deve, essencialmente, à

autoincompatibilidade gametofítica das macieiras, cujo mecanismo genético é controlado por um locus multialélico denominado S (BROOThAERTS, 2004). Neste tipo de fruteira, a fecundação só é efetivada com a presença de outro cultivar polinizador. Para que isso ocorra, é

de suma importância que o cultivar polinizador produza quantidade suficiente de pólen viável, boa coincidência do período de florescimento com o cultivar produtor e compatibilidade gametofítica, que é determinada pela presença de alelos S diferentes entre a planta doadora

Recebido em 25/01/2024. Aceito para publicação em 07/04/2024.

Editor de seção: Rogério Luiz Backes

<sup>1</sup> Eng.-agr., M.Sc. Fruticultura de Clima Temperado, Pesquisador (aposentado) na Epagri – Estação Experimental de Caçador “José Oscar Kurtz”, e-mail: denardi.frederico@gmail.com

<sup>2</sup> Eng.-agr., D.Sc. Genética e Melhoramento, Pesquisador na Epagri – Estação Experimental de Caçador “José Oscar Kurtz”, e-mail: marcusvinicius@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup> Eng.-agr., D.Sc. Fruticultura de Clima Temperado, Pesquisador na Epagri – Estação Experimental de Caçador “José Oscar Kurtz”, e-mail: marcelocouto@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1811>

dora de pólen e a planta receptora de pólen (JAVID et al., 2017).

Sempre que a polinização cruzada é efetiva nas flores de macieiras, o resultado não é apenas aumento da produção, mas também melhoria da qualidade dos frutos, uma vez que a deficiência de polinização, além de resultar em baixa produção, produz frutos com formato irregular e, por isso, com menor valor de mercado (ABROL, 2012; SALOMÉ, 2014).

Segundo Paik (1977), as macieiras silvestres, conhecidas no Hemisfério Norte como *Crab Apples*, lá utilizadas como floríferas ornamentais (Figura 1), são também muito eficientes como polinizadoras de cultivares comerciais. Estas espécies silvestres geralmente se caracterizam por floradas intensas e prolongadas, produzindo grande quantidade de pólen (JAVID & RATHER, 2019). Um bom exemplo é a macieira silvestre *Malus floribunda* Siebold, citada por estes autores por produzir 90% mais grãos de pólen por antera que o cultivar Golden Delicious. No entanto, Petri et al. (2008), avaliando o comportamento fenológico de macieiras silvestres (*Crab Apples*) importadas da Europa como polinizadores dos cultivares comerciais Gala e Fuji no sul do Brasil, reportam grande variabilidade em época e em duração de período de florescimento para as macieiras *M. atrosanguinea*, *M. baccata*, *M. eley*, *M. floribunda*, *M. hopya*, *M. platycarpa*, *M. robusta*, 'John Downil', 'Prof. Spengler', 'Milalew imuni', 'Profusion', 'Winter gold' e 'Yellow Siberian' ao longo dos anos. Segundo estes autores, isso se deve à falta de adaptação climática do cultivar, notadamente em ambientes com menor acúmulo de frio hibernal, como se observa comumente no sul do Brasil. Em geral, as macieiras silvestres do grupo *Crab*, procedentes do Hemisfério Norte, por serem originárias de climas muito frios, são geralmente de

muito alto requerimento de frio hibernal, não se adaptando bem às regiões sul-brasileiras, principalmente em altitudes abaixo de 1.200m, regiões estas caracterizadas como subtropicais, de pouca ocorrência de frio hibernal.

O objetivo deste estudo foi descrever os principais atributos de uma série de cultivares de macieira semissilvestres desenvolvidos pela Epagri, denominada **Série Felix**, cuja indicação de uso é exclusivamente para polinização de cultivares de macieira comerciais. Estes genótipos estão inscritos no Registro Nacional de Cultivares (RNC) sob o prefixo **Felix** seguido de número sequencial.

## Origem

Os cultivares da **Série Felix** lançados pela Epagri na segunda década de 2000 e apresentados nesse estudo são originários de polinização aberta. As sementes que originaram esta **Série Felix** foram coletadas em plantas do cv. Imperatriz na safra 1999/2000, em pomar isolado, da antiga Empresa Renar Maças S.A., de Fraiburgo, SC. Neste pomar havia plantas polinizadoras dos cultivares silvestres *Malus eley*, *Malus baccata* e Golden Gem, como também do cv. Baronesa, usado naquele estudo como cultivar produtor de maçãs comerciais.

O cultivar Imperatriz foi lançado pela Epagri como resultado do cruzamento controlado entre 'Gala' e 'Mollie's Delicious', tendo indicação de uso tanto como cultivar produtor de frutos quanto como polinizador (DENARDI & CAMILO, 2000; DENARDI et al., 2023). No entanto, com o passar dos anos, percebeu-se que ele possuía elevado valor como germoplasma parental no Programa de Melhoramento Genético de Macieira da Epagri (DENARDI et al., 2019). Vários cultivares recentemente lançados pela Epagri são descendentes de 'Imperatriz', como são os casos de SCS425

Luiza, SCS426 Venice, SCS427 Elenise e SCS443 Isadora (DENARDI et al., 2023). Já os cultivares silvestres *Malus eley*, *Malus baccata* e Golden Gem são caracterizados como produtores de frutos muito pequenos e bastante adstringentes, sendo comumente utilizados como polinizadores nos pomares comerciais de 'Gala' ou 'Fuji', em Fraiburgo, SC, e em Vacaria, RS.

Das sementes coletadas a partir das maçãs 'Imperatriz', foi obtida uma população de 1.400 plântulas, das quais foram pré-selecionadas 544 plantas no viveiro. Essas pré-seleções foram enxertadas sobre o porta-enxerto M.9, e então plantadas a campo para dar sequência às avaliações agrônômicas. Dessas, foram preservadas 22 seleções que apresentavam melhor espectro de fitossanidade, bom potencial de brotação, intensidade e regularidade de floração, mas que evidenciavam produção de frutos bastante pequenos e de sabor adstringente, evidenciando a natureza semissilvestre das plantas. Por quase duas décadas, estas plantas foram avaliadas quanto ao seu potencial de uso para polinização de outros cultivares comerciais, tendo sido registrados pela Epagri sete deles como cultivares, com indicação exclusiva para polinização, compondo assim a **Série Felix**.

## Metodologia de seleção e avaliação

Os polinizadores semissilvestres da **Série Felix** foram avaliados quanto ao potencial de brotação nas condições climáticas subtropicais da região Meio-Oeste Catarinense, resistência genética às principais doenças da macieira, características fenológicas da brotação e do florescimento, intensidade, regularidade e coincidência do seu florescimento com o florescimento dos principais cultivares comerciais de macieira, como

também compatibilidade gametofítica determinada pela genotipagem dos alelos S destes cultivares (Tabela 2).

Na avaliação da fenologia da floração, considerou-se: início quando em torno de 50% das inflorescências apresentavam ao menos uma flor aberta (Estádio F); plena quando cerca de 50% das inflorescências estavam com todas as flores abertas (Estádio F<sub>2</sub>); e final quando mais de 50% das flores evidenciavam queda de pétalas (Estádio H). Para a avaliação do potencial de brotação utilizou-se escala numérica com graus de brotação desde 1 = ≤ 20% das gemas vegetativas e floríferas brotadas, até 5 = 100% destas gemas brotadas, conforme metodologia descrita por Denardi et al. (2012). Na avaliação da resistência genética às doenças, consideraram-se aquelas de maior gravidade no sul do Brasil, ou seja, sarna (*Venturia inaequalis*), oídio (*Podosphaera leucotricha*), podridão amarga (*Glomerella cingulata*) e mancha foliar de glomerella – MFG (*Colletotrichum* spp.), cujas metodologias de avaliação são descritas por Denardi et al. (2013) e Denardi et al. (2019). Quanto à compatibilidade gametofítica entre os cultivares polinizadores da **Série Felix** e os cultivares comerciais, buscaram-se informações de genotipagem de alelos S reportadas por Brancher et al. (2020) e Brancher et al. (2021), cujas informações são apresentadas na Tabela 2.

## Resultados e perspectivas de uso

Os resultados sobre o potencial de brotação obtidos na Epagri/Estação Experimental de Caçador, na região Meio-Oeste catarinense, mostraram que todos os sete cultivares polinizadores da **Série Felix** requerem menos frio hibernaral que os cultivares Gala e Fuji (Tabela 1). Essa é uma das vantagens agrônômi-

cas dos cultivares desta **Série Felix** frente à maioria dos cultivares de macieira silvestres originários do Hemisfério Norte, os quais via de regra são deficientes em adaptação climática nessa mesma região brasileira. O cultivar de maior requerimento de frio é o **SCS431 Felix 1**, porém com nível de brotação relativamente satisfatório, uma vez que após o inverno de 2009 com acúmulo de 528 horas de frio ≤ 7,2°C (1.206 Unidades de Frio – UF pelo Modelo Carolina do Norte Modificado – EBERT et al., 1986) apresentou score médio de brotação igual a 3,5 (equivalente a cerca de 70% de gemas brotadas) na ausência de tratamento de indução química da brotação com cianamida hidrogenada e óleo mineral.

Em termos de fitossanidade, os sete cultivares da **Série Felix** inoculados com *Colletotrichum* spp. mostraram alta resistência a este fungo (Tabela 1). Com relação à sarna, apenas o cultivar **SCS430 Felix 7** mostrou sintomas leves nas folhas (grau de incidência 4 = resistência horizontal), indicando ser mais resistente a esta doença do que ‘Gala’ e ‘Fuji’. Todos os demais cultivares polinizadores da **Série Felix** não manifestaram qualquer sintoma desta doença (Tabela 1). Quanto à reação ao oídio, apenas os cultivares **SCS431 Felix 1** e **SCS430 Felix 7** apresentaram sintomas, embora em graus de incidência baixo a médio (Tabela 1). Isto é comparável à reação de resistência ao oídio do cv. Fuji, considerado tolerante a esta doença. Já para podridão amarga, em avaliações feitas em pomares em produção, não se observou ataque desta doença em qualquer dos cultivares polinizadores da **Série Felix**. Embora a podridão amarga não seja um problema em cultivares polinizadores silvestres, a presença de resistência a essa doença facilita o controle da concentração de inóculo de *G. cingulata* nos pomares de cultivares suscetíveis, a exemplo de ‘Fuji’ e ‘Gala’.

Os polinizadores semissilvestres da **Série Felix** também evidenciam amplo período de florescimento, possibilitando boa coincidência de floração com a maioria dos cultivares de macieira disponíveis (Tabela 2). Alguns deles, como **SCS433 Felix 3** e **SCS434 Felix 4**, apresentam período de floração bem mais amplo que o dos cultivares comerciais SCS417 Monalisa, SCS425 Luiza, Daiane, SCS426 Venice, SCS443 Isadora e SCS427 Elenise, bem como o dos cultivares mutantes de Gala e de Fuji.

Para cada cultivar comercial podem ser utilizados diferentes cultivares polinizadores da **Série Felix** (Tabela 2), cuja indicação se dá, conjuntamente, em função do período de florescimento e da compatibilidade gametofítica das plantas, sendo que os cultivares devem ser ao menos semicompatíveis, ou seja, com pelo menos um alelo diferente nos loci S da combinação cv. polinizador / cv. produtor (Tabela 2). Sob condições climáticas favoráveis e com quantidade suficiente de insetos polinizadores disponíveis no pomar durante o período de florescimento, mesmo que as plantas polinizadoras sejam semicompatíveis, é possível garantir boa frutificação efetiva e boa regularidade de formato dos frutos, pois a quantidade de pólen disponível para a fertilização das estruturas florais é bastante elevada e pode compensar a semicompatibilidade entre cultivares, como sugerido por Brancher et al. (2021). Brown & Maloney (2015) também reportam que os cultivares NY-1 (S<sub>2</sub>S<sub>20</sub>) e NY-2 (S<sub>3</sub>S<sub>20</sub>), mesmo compartilhando um alelo em comum (semicompatíveis), apresentaram resultados satisfatórios em cruzamentos-teste e em ensaios de performance produtiva nos E.U.A.

Outro aspecto importante a ser ressaltado é que os cultivares polinizadores da **Série Felix** são altamente precoces em iniciar a floração a partir do plantio,

possuem alta capacidade de diferenciação de gemas de flor (floradas abundantes) e apresentam florações prolongadas (Tabela 2; Figura 2), o que facilita o manejo das plantas e aumenta o tempo de disponibilidade de pólen em pomares comerciais.

Este conjunto de características permite inferir que todos os cultivares da **Série Felix** possuem boa adaptação às regiões de cultivo de macieiras localizadas acima dos 900m de altitude em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, possuindo amplo potencial de uso como cultivares polinizadores em pomares comerciais, inclusive de 'Gala' e de 'Fuji e seus mutantes para cor de epiderme e/ou resistência à MFG. Entretanto, uma vez que os dados de período de florescimento apresentados foram obtidos na região de Caçador (altitude de 965m), quando em regiões diferentes, sugere-se que seja reavaliado o comportamento fenológico dos cultivares **Felix** em comparação aos cultivares comerciais aos quais se deseja utilizar essa série de plantas polinizadoras, pois a fenologia das plantas pode se alterar em função da mudança no ambiente de cultivo.

Entre todos os cultivares da série **Felix** apresentados, 'Felix 3' e 'Felix 4' foram os de mais ampla aplicação como polinizadores dos cultivares comercialmente importantes. As duas opções da série **Felix** são eficientes pela boa coincidência em período de florescimento e pela compatibilidade genética apresentada. Isso assegura eficiência na fertilização das flores de cultivares comercialmente importantes e, em consequência, boas produções de frutos de alta qualidade no pomar. No entanto, 'Felix 3' e 'Felix 4' não se mostraram apropriados para a polinização do cultivar Daiane, que tem o período de florescimento mais tardio do que os seus períodos de disponibilidade de pólen.

Considerando ainda que, via de re-

gra, porta-enxertos mais ananizantes controlam mais o vigor e induzem floradas mais intensas ao cultivar copa, bem como pelo fato de todos os sete polinizadores da **Série Felix** serem de porte semivigoroso a vigoroso, recomenda-se usar porta-enxertos mais ananizantes para estes polinizadores semissilvestres, como M.9, G.213, G.202, G.41 ou M.26.

## Disponibilidade de material vegetal da Série Felix

Material de propagação dos cultivares polinizadores da **Série Felix** pode ser obtido junto à Epagri/Estação Experimental de Caçador "José Oscar Kurtz" (Rua Abílio Franco, 1.500, Bairro Bom Sucesso, CEP 89.501-032, Caçador, SC; telefone (049) 3561-6800; e-mail: eecd@epagri.sc.gov.br.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesc pelo apoio financeiro ao Programa de Melhoramento Genético de Macieira da Epagri, e à Empresa Fischer Fraiburgo Agrícola Ltda., de Fraiburgo, SC, pela cooperação e auxílio na execução dos estudos de eficiência dos cultivares polinizadores da **Série Felix**.

## Referências

ABROL, D.P. Biology of pollination. **Springer Science Business Media**, 2012. 792p.

BRANCHER, T.L.; HAWERROTH, M.C.; KVITSCHAL, M.V.; MANENTI, D.C.; GUIDOLIN, A.F. Self-incompatibility alleles in important genotypes for apple breeding in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.20, n.4, e28652041, 2020.

BRANCHER, T.L.; HAWERROTH, M.C.; KVITSCHAL, M.V.; SCHUH, F.S.; VARGAS, K.C.; DENARDI, F.; GUIDOLIN, A.F. Indicação de genótipos polinizadores para os cultivares de macieira SCS425 Luiza e SCS427 Elenise. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.34, n.1, p.54-60, 2021.

BROOHAERTS, W. Update on and Review of the Incompatibility (S-) Genotypes of Apple Cultivars. **HortScience**, Chicago, v.39, n.5, p.943-947. 2004.

DENARDI, F.; CAMILO, A.P. Epagri 404-Imperatriz - Nova cultivar de macieira para dupla finalidade - Produtora e polinizadora. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.40-43, 2000.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; SCHUH, F.S.; VEZARO, D.; MANENTI, D.C. Relação entre a avaliação da adaptação climática da macieira por escala numérica e a porcentagem de gemas brotadas. **Revista Agropecuária Catarinense**, Suplemento, Florianópolis, v.25, n.2, p.130. 2012.

DENARDI, F.; CAMILO, A.P.; KVITSCHAL, M.V.; SCS417 Monalisa: cultivar de macieira com boa adaptação climática no Sul do Brasil e resistência múltipla a doenças e pragas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.26, n.1, p.56-62, 2013.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C. A brief history of the forty-five years of the Epagri apple breeding program in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.19, n.3, p.347-55, 2019.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C.; PETRI, J.L. **Cultivares de macieira desenvolvidos pela Epagri**.



Florianópolis: Epagri, 2023. 97p. (Epagri. Boletim Técnico, 211).

EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in Southern Brazil. *Acta Horticulturae*, The Hague, v.184, p.89-96, 1986.

JAVID, R.; RATHER, G.H. Functional pollen ability of different crab apples used as pollinizers for apple. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, New Delhi, v.8, n.3, p.617-620, 2019.

JAVID, R.; RATHER, G.H.; BABA, T.R.; BABA, J.A.; ALI, M.T.; SHAMEEN, R. Effect of Different Crab Apples as Pollinizers on Fruit Quality of Apple under Kashmir Conditions. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, Tamilnadu, v.6, n.12, p.2467-2472, 2017.

PAIK, S.G. **Evaluation of ornamental *Malus* species and cultivars as pollinators for single-cultivar of commercial apple orchards**, 1977, 83p. Thesis (Master) Cornell University)- Ithaca, 1977.

PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B. Fenologia de espécies silvestres de macieira como polinizadoras das cultivares Gala e Fuji. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.30, n.4, p.868-874, 2008.

SALOMÉ, J.A. **Polinização dirigida em pomares de macieira (*Malus domestica* Borkh) com o uso de colmeias de *Apis mellifera* L.**, 2014, 137p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SASSA, H. Molecular mechanism of the S-RNase-based gametophytic self-incompatibility in fruit trees of *Rosaceae*. *Breeding Science*, Japan, v.66, p.116-121, 2016.

Tabela 1. Potencial de brotação dos cultivares polinizadores da **Série Felix** em Caçador, SC, Meio-Oeste catarinense, na safra 2009/2010 (acúmulo de 528 horas de frio hibernal  $\leq 7,2^{\circ}\text{C} = 1.206\text{UF}$ ) e reação às principais doenças da macieira

*Table 1. Budbreak potential of Felix Series pollinator cultivars in Caçador, SC, Midwest Santa Catarina, in the 2009/2010 harvest season (accumulation of 528 chilling hours  $\leq 7.2^{\circ}\text{C} = 1,206$  Chilling Units) and reaction to the main apple diseases*

Cultivar	Potencial de brotação de gemas <sup>1/</sup>	Reação às principais doenças da macieira			
		Sarna <sup>2/</sup>	Oídio <sup>2/</sup>	Podridão amarga <sup>2/</sup>	MFG <sup>3/</sup>
Gala - controle	2,0	2,0	2,5	2,5	S
Fuji - controle	2,5	2,0	3,0	2,5	R
SCS431 Felix 1	3,5	5,0	3,0	5,0	R
SCS432 Felix 2	4,0	5,0	5,0	5,0	R
SCS433 Felix 3	4,0	5,0	5,0	5,0	R
SCS434 Felix 4	4,5	5,0	5,0	5,0	R
SCS435 Felix 5	5,0	5,0	5,0	5,0	R
SCS436 Felix 6	4,0	5,0	5,0	5,0	R
SCS430 Felix 7	4,0	4,0	3,5	5,0	R

<sup>1/</sup> Conforme escala, onde: 1 =  $\leq 20\%$ , até 5 = 100% das gemas vegetativas e floríferas brotadas, sem utilização de qualquer substância indutora de brotação das gemas.

<sup>2/</sup> Avaliações feitas no campo por meio de escala numérica, onde: 1 = altamente suscetível, até 5 = sem sintomas da doença. Dados cumulativos de ao menos 10 safras seguidas, observando a incidência natural das doenças.

<sup>3/</sup> S = suscetível e R = resistente, em avaliações realizadas por inoculação artificial com dois isolados de *Colletotrichum* spp. (MFG = mancha foliar de glomerella), coletados em Caçador, SC.



Figura 1. Ilustração de uma macieira silvestre (Crab Apple) usada como polinizadora de cultivares comerciais no Hemisfério Norte

Foto: Frederico Denardi

*Figure 1. Illustration of a wild apple tree (Crab Apple) used as a pollinator for commercial cultivars in the Northern Hemisphere*

Photo: Frederico Denardi



Figura 2. Ilustração do amplo período de florescimento de cultivar polinizador da Série Felix (balão rosado, flores abertas e frutos fecundados)

Foto: Frederico Denardi

*Figure 2. Illustration of the broad flowering period of the Felix Series pollinator cultivar (pinkish balloon, open flowers and fertilized fruits)*

Photo: Frederico Denardi

Tabela 2. Alelos de autoincompatibilidade gametofítica (alelos S) e período médio de florescimento de cultivares de macieira da Epagri mais importantes para produção comercial de maçãs no sul do Brasil e respectivos polinizadores semissilvestres da **Série Felix**, em Caçador, Meio-Oeste catarinense

Table 2. Gametophytic self-incompatibility alleles (S alleles) and average flowering period of the most important Epagri's apple cultivars for commercial apple production in southern Brazil and respective semi-wild pollinators from the **Felix Series**, in Caçador, Midwest Santa Catarina



<sup>1/</sup> Os mesmos polinizadores Felix indicados para a 'Galaxy' são também indicados para a 'Gala' standard e os seus mutantes para cor de epiderme, incluindo 'SCS441 Gala Gui' e 'SCS448 Galícia'.

<sup>2/</sup> Os mesmos polinizadores Felix indicados para a 'Fuji Suprema' são também indicados para a 'Fuji' standard e outros cultivares mutantes para cor de epiderme, incluindo a 'Fuji Mishima'.

<sup>3/</sup> Brancher et al., (2020); Brancher et al. (2021).

# Potencial do pó de basalto como remineralizador de solo em sistemas de produção de hortaliças

Ana Lúcia Hanisch<sup>1</sup>, Rafael Ricardo Cantú<sup>2</sup>, Juliane Garcia Knapik Justen<sup>3</sup> e Guilherme Luis Scaramella Gonçalves<sup>4</sup>

**Resumo** – Na última década, após a normatização para uso de remineralizadores na agricultura, diversos estudos têm confirmado efeitos positivos desses produtos nos sistemas agrícolas, sendo esses efeitos mais intensivos em rochas vulcânicas básicas, como o pó de basalto. Nesse contexto, essa pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito de um pó de basalto filler sobre o crescimento das culturas de alface e repolho e sobre os indicadores químicos do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos, em um delineamento completamente casualizado em um fatorial 2x4x2, sendo dois tipos de solo (Cambissolo e Neossolo quartzarênico), quatro doses de pó de basalto (0, 5, 10 e 20t ha<sup>-1</sup>) com e sem adubação solúvel, com quatro repetições. Houve interação entre os fatores para todos os indicadores avaliados. O pó de basalto filler foi efetivo em aumentar a produção de massa seca das culturas quando cultivado em Neossolo quartzarênico até a dose de 10t ha<sup>-1</sup>. Nas duas culturas houve correlação negativa entre pó de basalto e a adubação solúvel. No solo, 115 dias após a incorporação das doses e após o cultivo de alface e repolho, o pó de basalto filler foi eficaz em alterar os atributos do solo, sendo esse efeito mais acentuado no Neossolo. Em ambos os tipos de solos houve aumento quadrático no pH e nos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e na saturação de bases (V%) de acordo com o aumento das doses do produto. Os resultados indicam potencial promissor do produto para uso na agricultura.

**Termos para indexação:** Pós de rocha; *Brassica oleracea*; *Lactuca sativa*; Insumos alternativos.

## Basalt dust potential as a soil remineralizer in vegetable production systems

**Abstract** – In the last decade, after the standardization of remineralizers in agriculture, several studies have confirmed the positive effects of these products in agricultural systems, with these effects being more intensive in basic volcanic rocks, such as basalt dust. In this context, this research aimed to evaluate the effect of a basalt filler powder on the growth of lettuce and cabbage crops and on soil chemical indicators. The experiment was conducted in a greenhouse, in pots, in a completely randomized design in a 2x4x2 factorial, with two types of soil (Cambisol and Quartzarenic Neosol), four doses of basalt dust (0, 5, 10 and 20t ha<sup>-1</sup>) with and without soluble fertilizer, with four repetitions. There was interaction between the factors for all indicators evaluated. The basalt filler dust effectively increased crops' dry mass production when cultivated in a Neosol up to a dose of 10t ha<sup>-1</sup>. In both cultures, there was a negative correlation between basalt powder and soluble fertilizer. In the soil, 115 days after the incorporation of the doses and after the cultivation of lettuce and cabbage, the basalt filler dust effectively altered the soil attributes, this effect being more pronounced in the Neosol. In both types of soil, there was a quadratic increase in pH and the levels of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), and base saturation (V%) according to the increase in product doses. The results indicate the promising potential of the product for use in agriculture.

**Index terms:** Rock powders; *Brassica oleracea*; *Lactuca sativa*; Alternative fertilizers.

## Introdução

Remineralizador de solo é o material de origem mineral que sofreu apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que, quando aplicado ao solo, altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-quí-

micas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013).

Com a normatização para remineralizadores definida a partir da IN 5/2016 do Ministério da Agricultura, desenvolveu-se um conjunto de normas e procedimentos para registro de potenciais pós de rocha com fins para uso na agricultura. Entre as exigências da Normativa, consta que: “o registro será concedido mediante a apresentação de

trabalhos científicos pelo requerente, os quais devem ser conclusivos quanto à eficiência agrônômica”. Ou seja, o processo de registro desses novos produtos deve seguir um rigoroso processo de pesquisa, realizado por entidades idôneas, a fim de certificar a eficiência agrônômica e testar situações de excesso e seus possíveis riscos aos consumidores e ao meio ambiente.

Embora a rochagem seja utilizada

Recebido em 05/12/2023. Aceito para publicação em 20/02/2024.

Editor de seção: João Frederico Mangrich dos Passos

<sup>1</sup>Eng.-agr., Dra., Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, BR 280, 1101, 89466-500, Canoinhas/SC, fone: (47) 3627 4199, e-mail: analucia@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup>Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, fone:(47) 3398 6300, e-mail: rrcantu@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup>Eng.º Florestal, M.Sc., Epagri/Gerência Regional de Rio do Sul, fone:(47) 3526 3082, e-mail: julianeknapik@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup>Eng.-agr., Epagri/EM de Porto União, fone:(47) 3627 4331, e-mail: guilhermegoncalves@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1788>

há décadas no Brasil, com os avanços legais, ocorreu um salto no número de pesquisas sobre o tema (tanto quantitativo quanto qualitativo), validando diversos relatos observados há tempos pelos agricultores. A regulação de uso dos pós de rocha e a padronização das normas de pesquisa têm sido fundamentais para promover maior segurança ao setor produtivo como um todo.

Os resultados de pesquisas têm indicado uma alta variabilidade de respostas dos pós de rocha em culturas agrícolas, o que está relacionado, em grande parte, à diversidade de composição das rochas. No entanto, vários estudos têm confirmado efeitos positivos desses produtos na melhoria de indicadores químicos do solo (HANISCH et al., 2013; SOUZA et al., 2017; MORETTI et al., 2019; MARCHI et al., 2020), sendo esses efeitos mais intensivos em rochas vulcânicas básicas, como o pó de basalto (MELLO et al., 2012). Trabalhos como esse são fundamentais para o fortalecimento da integração entre a pesquisa e os demandadores regionais de desenvolvimento (indústria e setor agrícola), e devem contribuir para a efetivação de uma agricultura com maior sustentabilidade ambiental e econômica na região onde eles se desenvolvem.

Nesse contexto, essa pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação do pó de basalto tipo filler, associado ou não à adubação solúvel, sobre a produção de massa seca do cultivo de alface e de repolho e nos indicadores químicos do solo. O trabalho visa verificar a efetividade do produto para futuro uso comercial, contribuindo assim para o registro do pó de basalto no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa).

## Material e métodos

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação na Estação Experimental da Epagri de Itajaí, SC (26°56'33.1"S 48°45'31.6"W, altitude de 5m a.n.m. e clima Cfa), sendo avaliado o desempenho das culturas da alface e do repolho com o uso do pó de basalto filler. Em ambos os experimentos foi utilizado delineamento completamente

casualizado com 16 tratamentos (Tabela 1), formados por um fatorial 2x4x2, sendo dois tipos de solo (Cambissolo háplico e Neossolo quartzarênico), quatro doses de pó de basalto (0, 50, 100 e 200g vaso<sup>-1</sup> equivalente a 0, 5, 10 e 20t ha<sup>-1</sup>), com e sem adubação solúvel determinada de acordo com a recomendação da CQFS RS/SC (2016). Foram utilizadas quatro repetições para o cultivo da alface e três para o cultivo do repolho.

Anteriormente à implantação dos experimentos, foram coletadas três amostras do pó de basalto filler da Mineradora Kerber & Cia, as quais foram retiradas de pilhas do produto previamente homogeneizadas e encaminhadas para análise da composição química (Tabela 2). Os resultados obtidos estão de acordo com as especificações e garantias dos remineralizadores, conforme a IN MAPA nº 05/2016.

As duas culturas foram cultivadas em vasos com volume de oito litros,

sendo que tanto as doses de pó de basalto quanto a adubação foram homogeneizadas ao solo antes do plantio. Para cada cultura foi utilizada uma planta por vaso, mantido dentro de abrigo de cultivo, com irrigação controlada (80% da capacidade de campo) e com a aplicação dos procedimentos fitossanitários padrão para as culturas. A data de plantio da alface foi 12/01/2022 e a colheita em 14/02/2022. O experimento com repolho foi implantado em 20/02/2022 e as plantas foram colhidas em 15/04/2022.

A alface foi colhida aos 33 dias após o plantio, em ponto de colheita comercial. O repolho foi colhido aos 54 dias, estando ainda na fase de folhas, sem a formação das "cabeças". Em ambos os cultivos, após a colheita, as plantas foram pesadas e levadas para estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até alcançarem peso constante e serem novamente pesadas para determinação do teor de massa seca. No cultivo da alface

Tabela 1. Descrição dos fatores de formação dos tratamentos avaliados nos experimentos com cultivo de alface e repolho (Itajaí, 2022)

*Table 1. Description of the formation factors of the treatments evaluated in experiments with lettuce and cabbage cultivation (Itajaí, 2022)*

Trat.	Tipo de solo	Pó de basalto (g vaso <sup>-1</sup> )	Equivalente (t ha <sup>-1</sup> )	Adubação
1	Neossolo quartzarênico	0	0	sem
2	Neossolo quartzarênico	50	5	sem
3	Neossolo quartzarênico	100	10	sem
4	Neossolo quartzarênico	200	20	sem
5	Neossolo quartzarênico	0	0	com
6	Neossolo quartzarênico	50	5	com
7	Neossolo quartzarênico	100	10	com
8	Neossolo quartzarênico	200	20	com
9	Cambissolo háplico	0	0	sem
10	Cambissolo háplico	50	5	sem
11	Cambissolo háplico	100	10	sem
12	Cambissolo háplico	200	20	sem
13	Cambissolo háplico	0	0	com
14	Cambissolo háplico	50	5	com
15	Cambissolo háplico	100	10	com
16	Cambissolo háplico	200	20	com

<sup>5</sup>IN 5 de 2013 alterada pela IN 6 de 2016 do MAPA

<sup>6</sup>Utilização de pós de rocha como fertilizantes para o solo

foi realizada a análise da composição do tecido vegetal, sendo utilizadas as folhas secas da alface, que foram encaminhadas para determinação dos teores de nitrogênio (pelo método da digestão sulfúrica) e dos teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn e B por digestão nitroperclórica (SILVA, 2009).

Para avaliação do efeito do pó de basalto nos solos, ao final do experimento do repolho foram retiradas amostras de solo para análise química após homogeneização. As amostras de solo foram enviadas para determinação dos teores de argila (densimetria), pH água e SMP (potenciometria), M.O. (espectroscopia); Al, Ca, Mg (KCl/espectrofotometria de absorção atômica); P (Mehlich<sup>1</sup>/colorimetria) e K (Mehlich<sup>1</sup>/fotômetro de chamas).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e de variância pelo teste F utilizando-se os programas Sisvar e R. Quando constatada diferença entre tratamentos ao nível de 5% de probabilidade do erro, foi realizada análise de regressão, utilizando-se os modelos que melhor se ajustaram aos dados e ao fenômeno investigado. Para comparação entre os tipos de solo e entre o uso ou não de adubação foi realizado teste de Tukey para comparação de médias, também ao nível de 5%. Para os dados oriundos das amostras de solo, foram utilizados apenas os tratamentos sem adubação solúvel a fim de comparar apenas o efeito do pó de basalto.

## Resultados e discussão

Não foram observados efeitos fitotóxicos ou de deficiência nutricional em nenhum dos tratamentos, tanto no cultivo da alface, quanto no do repolho (Figura 1). Em ambos os cultivos, em relação à produtividade, houve efeito triplo de interação entre as doses de pó de basalto, os tipos de solos e o uso ou não da adubação solúvel. Dessa forma, os dados serão apresentados em cada cultura, com o efeito das doses sobre cada tipo de solo, em ambas as situações: sem e com adubação.

Tabela 2. Teores de nutrientes (%) do pó de basalto filler (Bas\_K) da Mineradora Kerber & Cia de Porto União (SC, 2021)

Table 2. Nutrient contents (%) of filler basalt powder (Bas\_K) from Mineradora Kerber & Cia de Porto União (SC, 2021)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO
Bas_K	50,7	12,9	13,1	8,37	5,02	3,49	0,47	2,62	1,73	0,17
Branco	96,6	0,13	1,19	0,03	<0,1	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	0,02

Nos tratamentos sem adubação solúvel, foi observado aumento da produtividade da alface na maior dose de pó de basalto filler, quando cultivada em Neossolo, não sendo esse efeito observado no Cambissolo (Figura 2a). A aplicação de até 100g vaso<sup>-1</sup> de pó de basalto filler, em ambos os solos, não promoveu nenhum incremento na alface e as produtividades observadas sem adubação solúvel (em média de 50g de alface vaso<sup>-1</sup>) foram quase quatro vezes menores que a média dos tratamentos com adubação (Figura 2b). A cultura da alface é dependente de altas doses de insumos solúveis que atendam as necessidades nutricionais no curto período do seu ciclo de produção. Dessa forma, o uso de um insumo com baixas concentrações de nutrientes como o pó de basalto não foi apto a atender, no curto prazo, as demandas da cultura. Sem o uso da adubação solúvel houve um pequeno incremento na produtividade da alface na dose equivalente de 20t ha<sup>-1</sup> de pó de basalto no Neossolo, o que indica efetividade do produto (Figura 2a). Doses dessa magnitude não são economicamente viáveis, mas esse resultado contribuiu para confirmar

que, mesmo altas doses de pó de basalto filler não causam danos à cultura da alface e, mesmo em um ciclo extremamente rápido, conseguiram atender parte da demanda em nutrientes.

Com o uso da adubação solúvel, por outro lado, houve interação negativa das doses de pó de basalto com o adubo, sendo que no Cambissolo houve uma redução linear na produtividade da alface com o aumento das doses do basalto (Figura 2b). Por outro, no Neossolo, as doses de 50 e 100g vaso<sup>-1</sup> reduziram a produtividade da alface quando misturadas ao adubo solúvel, mas não houve efeito com a dose de 200g vaso<sup>-1</sup>. Dessa forma, para a cultura da alface, não é indicada a mistura do pó de basalto filler ao adubo solúvel.

No cultivo do repolho, nos tratamentos sem adubação solúvel, os resultados da aplicação das doses de pó de basalto filler foram bastante promissores. Ao contrário do resultado observado na alface, no cultivo inicial do repolho as doses de 50 e 100g vaso<sup>-1</sup> de pó de basalto promoveram um aumento significativo na produtividade (Figura 3a), sendo inclusive superiores aos observados com o uso da adubação recomendada



Figura 1. Vista geral dos experimentos de alface (a) e de repolho (b) com doses de pó de basalto aos 25 dias após o transplante das mudas. Itajaí, 2022. Foto: Rafael R. Cantú

Figure 1. General view of the lettuce (a) and cabbage (b) experiments with doses of basalt dust 25 days after transplanting the seedlings. Itajaí, 2022. Photo: Rafael R. Cantú

<sup>7</sup>IN MAPA nº 05/2016, em seu Artigo 4º – Parâmetros Desejáveis: 1) Em relação à especificação de natureza física pode ser filler, pó ou farelado (Anexo I da Instrução Normativa); 2) Em relação à soma de bases (CaO, MgO, K<sub>2</sub>O), deve ser igual ou superior a 9% (nove por cento) em peso/peso; 3) Em relação ao teor de óxido de potássio (K<sub>2</sub>O), deve ser igual ou superior a 1% (um por cento) em peso/peso.

(Figura 3b). Valores acima de 100g de repolho g vaso<sup>-1</sup> somente com o uso de pó de basalto, em doses equivalentes a 5t ha<sup>-1</sup>, para os dois tipos de solo são resultados extremamente importantes na validação do produto, indicando potencial como fornecedor de nutrientes, mesmo no curto prazo (Figura 3a).

Nos dois solos a maior dose do pó de basalto promoveu efeito inverso na produtividade do repolho: enquanto no Neossolo houve uma correlação positiva até a dose equivalente a 10t ha<sup>-1</sup> e redução com a dose equivalente a 20t ha<sup>-1</sup>, no Cambissolo a maior produtividade do repolho foi observada na maior dose de pó de basalto. Apesar dessas variações, a dose equivalente a 5t ha<sup>-1</sup> de pó de basalto filler foi a mais efetiva no cultivo do repolho, sem o uso da adubação solúvel.

De forma semelhante ao observado no cultivo da alface, as doses de pó de basalto apresentaram uma correlação negativa com a adubação no Cambissolo, o que resultou em uma redução linear na produtividade do repolho (Figura 3b), sendo que esse efeito não foi observado no Neossolo. Na cultura do milheto, Souza et al. (2017) não verificaram correlação negativa de doses de pó de rocha com adubação solúvel, sendo que o aumento das doses promoveu aumento da produção da cultura.

De um modo geral, não foram observados efeitos das doses de pó de basalto filler sobre a composição química do tecido vegetal da alface cultivada em ambos os solos, à exceção do teor de potássio e de zinco (Tabela 3).

Houve aumento da concentração de potássio nas folhas de alface com o aumento das doses, com e sem o uso da adubação solúvel. Isso indica que, mesmo com a menor solubilidade do produto, a concentração de potássio no pó de basalto, que é em torno de 1,7% (Tabela 1), permitiu um aumento na absorção do nutriente pelas plantas. Este fato deve estar vinculado à maior mobilidade do potássio, tanto no solo, quanto no tecido foliar, que permitiu que, mesmo em uma cultura de ciclo rápido como a alface, ocorresse uma maior absorção. Considerando-se a importância do potássio para a agricultura e a enorme dependência do país para sua aquisição, a efetividade do pó de basalto filler

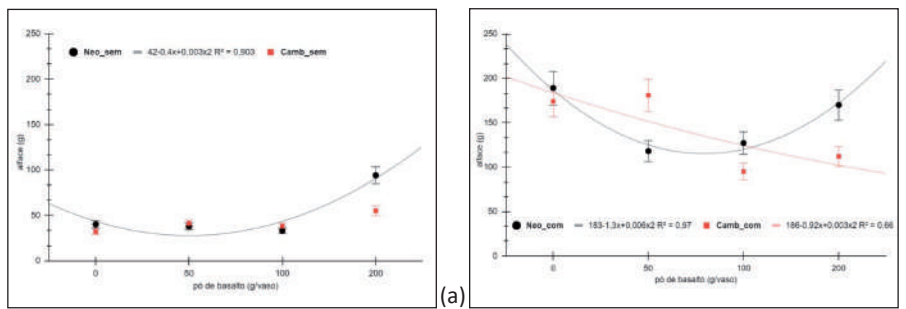


Figura 2. Efeito de doses de pó de basalto no cultivo da alface em dois diferentes tipos de solo (Neo e Camb), sem (a) e com (b) adubação, Itajaí (SC, 2022)

Figure 2. Effect of doses of basalt dust on lettuce cultivation in two different types of soil (Neo and Camb), without (a) and with (b) fertilization, Itajaí (SC, 2022)

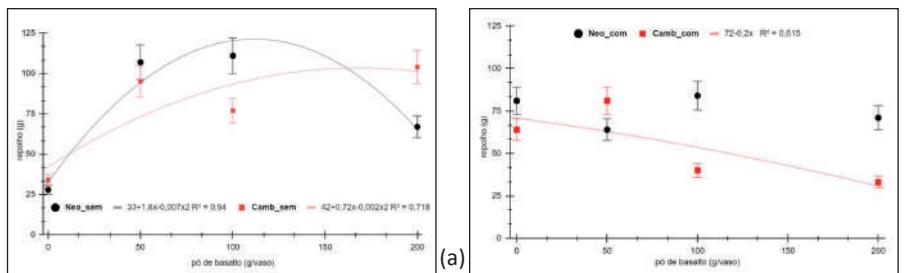


Figura 3. Efeito de doses de pó de basalto no cultivo de repolho em dois diferentes tipos de solo (Neossolo e Cambissolo), sem (a) e com (a) adubação, Itajaí (SC, 2022)

Figure 3. Effect of basalt dust doses on cabbage cultivation in two different types of soil (Neosol and Cambisol), without (a) and with (a) fertilization, Itajaí (SC, 2022)

deve ser testada em outras culturas, a fim de se confirmar seu potencial como fornecedor desse nutriente.

Por outro lado, ao contrário do que ocorreu com o potássio, o teor de zinco reduziu nas folhas de alface com o aumento das doses. Isso ocorreu de forma mais acentuada nos tratamentos que receberam adubação solúvel, indicando uma correlação negativa entre o adubo e o pó de basalto, o que reforça a questão do não uso conjunto de ambos os insumos.

Para os demais nutrientes avaliados não houve efeito das doses, mas houve efeito da adubação, como esperado (Tabela 3). Foi observado que para os teores de fósforo, potássio, manganês e ferro o uso da adubação solúvel promove um aumento significativo desses nutrientes nas folhas de alface, que não são alcançados apenas com o uso do pó de basalto, nem mesmo nas maiores doses.

No solo, o pó de basalto filler foi efetivo em alterar os atributos químicos, quase quatro meses após sua aplicação no solo, sendo esse efeito mais acentuado no Neossolo (Figura 4). Houve

aumento do pH e nos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e na saturação de bases (V%) do solo com o aumento das doses do produto. O produto foi efetivo em aumentar o pH do solo até a dose de 100g vaso<sup>-1</sup> (equivalente a 10t ha<sup>-1</sup>), chegando a um pH próximo a 6,5 no Neossolo. Resultados como esse justificam o uso do produto como corretivo para situações em que o acesso ao mesmo seja facilitado, evitando custos excessivos com transporte. Além disso, o aumento do pH com o uso de até 10t ha<sup>-1</sup> de pó de basalto filler viria acompanhado do aumento do teor de fósforo no solo, qualificando ainda mais o uso do produto.

Os resultados obtidos neste trabalho se assemelham aos obtidos por Conceição et al. (2022), que avaliaram, em dois tipos de solo, doses de até 8t.ha<sup>-1</sup> de um pó de basalto com composição muito semelhante ao utilizado neste trabalho e observaram aumentos lineares nos teores de P, K, Ca, Mg e V%, sendo que, nas maiores doses, houve aumento de mais de 15 vezes na concentração desses nutrientes no solo que no tratamento testemunha. De forma

Tabela 3. Teor de macro e micronutrientes no tecido vegetal de alface cultivada com e sem adubação solúvel e com aplicação de doses de pó de basalto filler (Itajaí, 2022)

Table 3. Macro and micronutrient contents in plant tissue of lettuce grown with and without soluble fertilizer and with application of doses of basalt filler dust (Itajaí, 2022)

Macronutrientes										
	P		Ca		Mg		S		K	
Adubação	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem
<b>Doses</b>	g kg <sup>-1</sup>									
<b>0</b>	8,6	3,25	10	8	4,2	4,65	2,55	2	63,25	26,15
<b>50</b>	7,6	4,15	10,25	9,5	4,4	4,5	2,35	2	60,15	28,15
<b>100</b>	9,65	3,2	12	9,5	4,3	4,75	2,6	2	67,15	25,55
<b>200</b>	8,3	4,1	11,85	8,5	4	4,7	2	2,3	78	30,65
<b>Média</b>	8,5 a	3,6 b	11,02 a	8,9 a	4,2 a	4,7 a	2,4 a	2,1 a	67 a	28 b
<b>P&gt;F</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
<b>Equa</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	L	L

Micronutrientes										
	Cu		Zn		Mn		Fe		B	
Adubação	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem
<b>Doses</b>	mg kg <sup>-1</sup>									
<b>0</b>	6,3	5,9	60,5	55,5	259	84	235	255	18,5	18,5
<b>50</b>	7,5	5,8	56,5	55	340	90	325	244	16,5	18,5
<b>100</b>	8	5,9	48	45	271	73	309	204	19	17,5
<b>200</b>	7,1	6,9	34	52,5	221	84	189	212	16	18,5
<b>Média</b>	7,2 a	6,1 a	50 a	52 a	273 a	83 b	264 a	229 b	17,5 a	18,3 a
<b>P&gt;F</b>	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Equa</b>	-	-	L	-	-	-	-	-	-	-

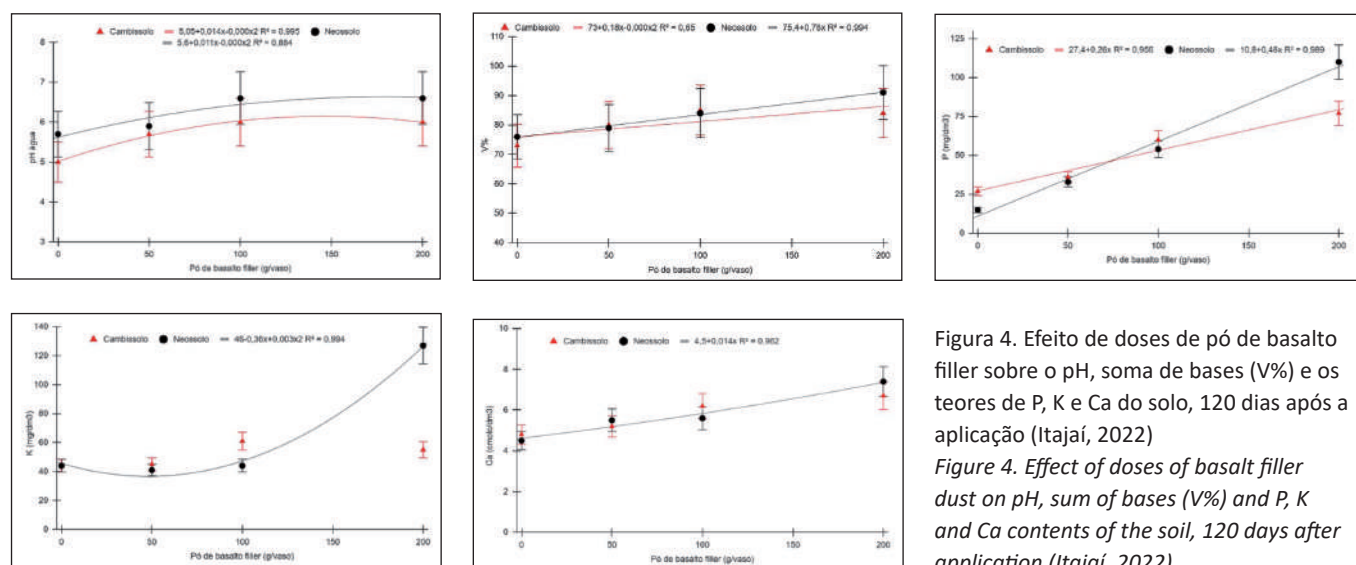


Figura 4. Efeito de doses de pó de basalto filler sobre o pH, soma de bases (V%) e os teores de P, K e Ca do solo, 120 dias após a aplicação (Itajaí, 2022)  
 Figure 4. Effect of doses of basalt filler dust on pH, sum of bases (V%) and P, K and Ca contents of the soil, 120 days after application (Itajaí, 2022)

semelhante em relação à efetividade dos pós de rocha nos atributos do solo, Souza et al. (2017) observaram aumento do pH e da CTC do solo com o uso de quatro doses do remineralizador, calculadas em função do teor de potássio,

até a dose de 8t ha<sup>-1</sup> do produto.

Diferentemente do que poderia ser esperado, em função da maior concentração no produto, o potássio não apresentou aumento significativo no solo até a dose de 100g vaso<sup>-1</sup> do produto.

Foi observado efeito quadrático positivo, apenas no Neossolo, quando foi aplicada a dose máxima avaliada (200g vaso<sup>-1</sup>), sendo que nessa dose os teores de P e Ca também apresentaram aumentos muito altos, indicando um claro

efeito de acúmulo no solo (Figura 15).

Não houve efeito das doses apenas sobre a matéria orgânica do solo ( $P>0,1376$ ), sendo que os demais nutrientes (Al, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe) foram afetados pelas doses, mas de formas diferenciadas entre os dois tipos de solos (Tabela 4).

Dos micronutrientes avaliados, houve uma correlação positiva das doses com o teor de cobre e negativa com os teores de zinco e manganês, que reduziram em função do aumento das doses (Tabela 4) no Cambissolo, o que está de acordo com o esperado para o comportamento desses nutrientes no solo, em função do aumento do pH observado.

## Conclusão

O pó de basalto filler avaliado apresenta viabilidade agrônômica, melhorando aspectos da fertilidade do solo e promovendo incremento da produção vegetal, sem apresentar aspectos de toxicidade sobre as plantas, até a dose avaliada de  $20t.ha^{-1}$ .

## Referências

BRASIL, 2013. **Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013**. Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 dez. 2013. Seção 1, p. 1. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/12890.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/12890.htm)

CONCEIÇÃO, L.T.; SILVA, G.N.; HOLSBACK, H.M.S.; OLIVEIRA, C.F.; MARCANTE, N.C.; MARTINS, E.S.; SANTOS, F.L.S.; SANTOS, E.F. Potential of basalt dust to improve soil fertility and crop nutrition. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 10, 100443, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100443>

CQFS RS/SC. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de Aduação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional

Tabela 4. Efeito de doses de pó de basalto filler sobre a matéria orgânica do solo (M.O.S.), CTC e teores de magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) do solo, 120 dias após a aplicação (Itajaí, 2022)

Table 4. Effect of basalt filler dust doses on soil organic matter (M.O.S.), CTC and soil magnesium (Mg), copper (Cu), zinc (Zn) and manganese (Mn) content, 120 days after the app (Itajaí, 2022)

	Dose	M.O.S.	Mg	CTC	Cu	Zn	Mn
<b>Cambissolo</b>	0	2,9	0,97	8,1	2,2	2,9	9,1
	50	2,8	1,17	8	3,4	2,9	7,6
	100	2,6	1,1	8,8	4,6	2,7	4,9
	200	2	1,1	9,4	4,8	2,2	3,5
	P>F	ns	Q	L	Q	L	L
	R2	-	66%	88%	99%	88%	92%
	Equação	-	0,92+0,002x-0,000x2	7,9+0,007x	2,11+0,003x-0,000x2	2,98-0,04x	8,8-0,03x
<b>Neossolo</b>	0	2,7	1	7,4	3	3,6	2,6
	50	2,6	0,9	8,3	4,6	2,5	2,5
	100	2,6	0,8	7,8	5,3	2,2	2,5
	200	2,4	1,2	9,8	6,1	5,9	2,5
	P>F	ns	Q	L	L	Q	ns
	R2	-	89%	80%	87%	99%	-
	Equação	-	1,03-0,004x+0,000x2	7,33+0,01x	3,49+0,0014x	3,7-0,04x+0,000x2	-

Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 316p.

DONATTI FILHO, P.J.; TAPPE, S.; OLIVEIRA, E.P.; HEAMAN, L.M. Age and origin of the Neoproterozoic Brauna kimberlites: Melt generation within the metasomatized base of the São Francisco craton, Brazil. **Chemical Geology**, v.353, p.19-35, 2013. DOI:10.1016/j.chemgeo.2012.06.004

HANISCH, A.L.; FONSECA, J.A.; BALBINOT JR, A.A.; SPAGNOLLO, E. Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, p.100-107, 2013.

MARCHI, G.; GUELFIL-SILVA, D.R.; MALAQUIAS, J.V.; GUILHERME, L.R.G.; SPEHAR, C.R.; MARTINS, E.S. Solubility and availability of micronutrients extracted from silicate agrominerals. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e00807, 2020. DOI: 10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.00807

MELO, V.F.; UCHÔA, S.C.P.; DIAS, F.O.; BARBOSA, G.F. Doses de basalto mói-

do nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica**, v.42, n.4, p.471-476, 2012. DOI: 10.1590/S0044-59672012000400004

MORETTI, L.G.; BOSSOLANI, J.W.; CRUSCIOL, C.A.C.; MOREIRA, A.; MICHERI, P.H.; ROSSI, R.; IMAIZUMI, C. Dunite in agriculture: physiological changes, nutritional status and soybean yield. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.50, n.14, p.1775-1784, 2019. DOI:10.1080/00103624.2019.1635143

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 2. ed. 627p.

SOUZA, F.N.S.; OLIVEIRA, C.G.; MARTINS, E.S.; ALVES, J.M. Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. **Agri-Environmental Sciences**, v.3, n.1, p.1-14, 2017. DOI: 10.36725/agries.v3i1.204



# Cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em diferentes sistemas de plantio no litoral norte de Santa Catarina

Robson Cardoso da Costa<sup>1</sup>, Eliziane Silva<sup>2</sup>, Giovana Rodrigues Willem<sup>3</sup> e Gilberto Caetano Manzoni<sup>4</sup>

**Resumo** – Com a demanda na indústria mundial pela obtenção de compostos bioativos extraídos das algas marinhas e a oportunidade de fomentar o cultivo de macroalga na maricultura catarinense, o estudo teve como objetivo avaliar a taxa de crescimento diário de duas linhagens (verde e marrom) da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em diferentes métodos de plantio (*tie-tie* e rede tubular) entre as estações do ano na Enseada do Itapocoroy, Penha. Os maiores valores para a taxa de crescimento diário (TC% dia<sup>-1</sup>) foram verificados durante o período de verão (5,98 ±0,44) para o tratamento *tie-tie* na linhagem verde e os menores para o inverno (1,31±0,96) no tratamento rede tubular na linhagem marrom. Os resultados registrados para a (TC% dia<sup>-1</sup>) apresentaram uma correlação positiva com a temperatura ao longo do período experimental. Foram observadas diferenças estatísticas (p<0,05) para o método de cultivo durante as estações de verão e inverno, sendo a técnica de *tie-tie* superior à de rede tubular em ambos os períodos. A taxa de crescimento da linhagem de coloração verde foi superior (p<0,05) à marrom apenas na estação de inverno. Conclui-se que é possível cultivar a espécie da macroalga no litoral do Norte Catarinense, sobretudo em sistema de cultivo *tie-tie* nas estações de verão e inverno, priorizando as linhagens de coloração verde no inverno.

**Termos de indexação:** Maricultura; Algicultura; Algas marinhas; Taxa de crescimento diário.

## Culture of macroalgae *Kappaphycus alvarezii* in different systems on the north coast of Santa Catarina

**Abstract** – Given the increasing demand of the global industry for obtaining bioactive compounds extracted from seaweed and the opportunity to promote the cultivation of seaweed in mariculture in Santa Catarina, this study aimed to evaluate the daily growth rate of two strains (green and brown) of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* in different cultivation methods (tie-tie and tubular net) through the seasons, in the Enseada do Itapocoroy, Penha. The highest values for the daily growth rate were observed during the summer (5,98 ±0,44) for green lineage tie-tie treatment and the lowest values (1,31 ±0,96) for the treatment of tubular mesh in the brown lineage, during the winter. The results recorded for the daily growth rate showed a positive correlation with temperature throughout the experimental period. Statistical differences (p<0.05) were observed in the cultivation method during the summer and winter, on which the tie-tie technique was superior to the tubular net, in both periods. The growth rate of the green color lineage was higher (p<0.05) than the brown lineage only in the winter. It is concluded that it is possible to cultivate this seaweed species on the north coast of Santa Catarina, mainly using the tie-tie cultivation system on both seasons, summer and winter, prioritizing green strains in the winter.

**Index terms:** Mariculture; Algiculture; Seaweed; Daily growth rate.

## Introdução

A produção aquícola mundial de pescados oriundos da aquicultura atingiu um total de 122,6 milhões de toneladas em 2020, promovendo um

aumento de 6,7 milhões de toneladas com relação à produção de 2018, movimentando uma economia de 285,1 bilhões de dólares. Entre os organismos aquícolas cultivados, as macroalgas representam 28,6% da

produção mundial, com 35,1 milhões de toneladas comercializadas em 2020. As exportações globais de algas marinhas aumentaram de 65 milhões de dólares em 1976 para 1,1 bilhão em 2020. China, Indonésia e Coréia do Sul são

Recebido em 25/09/2023. Aceito para publicação em 26/02/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1753>

Editor de seção: João Guzinski

<sup>1</sup>Engenheiro de Aquicultura, M.Sc. Centro Experimental de Maricultura. (Univali). R. Maria Emília de Costa, 90. Penha, SC, 88385-000. Email: robsoncosta@univali.br

<sup>2</sup>Engenheira de Aquicultura, Dr. Professora Colaboradora – Ceres/Udesc. R. Cel. Fernandes Martins, 270 - Progresso, Laguna, SC. Email: elizianesilva90@gmail.com

<sup>3</sup>Acadêmica - Ciências Biológicas. Universidade do Vale de Itajaí.

<sup>4</sup>Oceanógrafo, Dr. Professor da Escola Politécnica. Universidade do Vale de Itajaí. Email:manzoni@univali.br

os principais países exportadores do produto. Dentre as espécies cultivadas destaca-se a *Kappaphycus alvarezii* com 1,6 mil toneladas comercializadas em 2020 (FAO, 2022).

O cultivo desta espécie de macroalga é de extrema importância para suprir as demandas de indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética mundial (FAO, 2018). Visto que, na sua composição nutricional há a presença de carragenana, que é fonte de matéria-prima para a extração de ficocoloides (RUDKE et al., 2020), além de servir para extração de compostos fenólicos que são utilizados como propriedades antioxidantes e antimicrobianos (BHUYAR et al., 2020) no desenvolvimento de tecnologia de alimentos (MOHAMMAD et al., 2019), como fonte alternativa de energia natural através da produção de bio-óleo (SANTHOSH & PERIYASAMY, 2023) e na extração de fitormônios, micro e macronutrientes, vitaminas e aminoácidos, que são utilizados como bioestimulantes naturais em culturas agrícolas (GELLI et al., 2020).

No Brasil, a *K. alvarezii* foi introduzida legalmente no ano de 1995 com linhagens originárias das Filipinas, importadas do Japão pela Universidade de São Paulo (USP) (OLIVEIRA, 2019). Mais tarde, surgiram os primeiros cultivos comerciais no estado do Rio de Janeiro, com mudas importadas da Venezuela para o litoral de Ilha Grande em 1998 (CASTELAR et al., 2009) e para fins experimentais no estado de Santa Catarina a partir de 2008 (HAYASHI et al., 2011).

Apesar das pesquisas comprovarem que esta espécie apresenta baixo risco bioinvasivo no litoral catarinense (HAYASHI et al., 2010; CASTELAR et al., 2009), e possui potencial agrônomico e bioeconômico para o cultivo (SANTOS, 2014), somente no ano de 2020, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) concedeu aos maricultores a autorização ambiental para o cultivo comercial nos parques aquícolas do estado de Santa Catarina.

Atualmente o cenário da algicultura no litoral de Santa Catarina mostra-se promissor, com a produção de 300,35 toneladas comercializadas em 2023, representando um aumento de 200% com relação à safra de 2022 (SANTOS, 2023). Esta expectativa do setor produtivo está relacionada com a demanda do mercado pela obtenção desta biomassa, especificamente para o líquido extraído destas algas, conhecido também como biofertilizante (GELLI et al., 2020). Este produto é utilizado na agricultura, agindo como estimulante natural no desenvolvimento dos cultivares (KARTHIKEYAN & SHANMUGAM, 2016). Desta forma, impulsionados pelo comércio, os maricultores estão adaptando suas fazendas marinhas de moluscos para cultivar macroalgas (SANTOS, 2023).

Os sistemas mais comuns utilizados para a produção de algas em escala comercial no mundo são baseados na técnica de amarração das mudas em linhas longas denominada *tie-tie* ou acomodadas no interior de redes tubulares em formato linear, fixadas em *off-bottom*, *longlines* flutuantes ou jangadas (GÓES & REIS, 2011). Todavia, os algicultores catarinenses estão optando por diferentes métodos, de acordo com as condições oceanográficas dos locais de cultivo, mas com uma ligeira preferência pelo método *tie-tie* (SANTOS, 2023).

Não obstante, além dos diversificados métodos de plantio para cultivar macroalgas, outro fator que pode contribuir para o desempenho da espécie são as diferentes linhagens (GELLI et al., 2020). A existência de cepas com colorações variadas é relatada na literatura há décadas. As

diferenças nas suas características fisiológicas e o desempenho durante o cultivo podem ser relacionados com a fotossíntese. Além disso, os propágulos de coloração verde exibem um mecanismo fotossintético superior às demais linhagens, devido a sua capacidade de absorver a incidência luminosa, por apresentar maiores quantidades de pigmentos acessórios na sua estrutura celular (AGUIRRE-VON-WOBESER et al., 2001).

Neste sentido, considerando-se a existência de uma cadeia produtiva da maricultura estabelecida em Santa Catarina e a possibilidade de implementar uma atividade de algicultura no litoral norte catarinense, o trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de crescimento diário de duas linhagens (verde e marrom) da macroalga *K. alvarezii* cultivadas em diferentes métodos de plantio (rede tubular e *tie-tie*) durante as estações de verão, outono, inverno e primavera na Enseada do Itapocoroy, em Penha, Santa Catarina.

## Materiais e métodos

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso contendo dois fatores, sendo o fator a: métodos de plantio ((rede tubular (RT) e *tie-tie* (TT)); fator b: Tipos de linhagens (marrom (MA) e verde (VE)), mantidos em quatro repetições. As mudas das linhagens de cor da macroalga *K. alvarezii* foram doadas pelo Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (Epagri/Cedap).

O tratamento método de plantio em rede tubular (RT) recebeu, cerca de 200g de talos da alga distribuídas de forma aleatória em 80cm de rede tubular de polietileno com abertura de 70mm entre nós. Já o sistema em *tie-tie* (TT), os talos foram fixados através de nós de laço perpendicular ao cabo de polietileno com 10mm de diâmetro. Cerca de 8

talos contendo aproximadamente 25g foram distribuídos em 80cm no formato linear. As unidades experimentais do fator (b) foram confeccionadas somente com talos de colorações verde ou marrom, separadamente. O cultivo foi conduzido em sistema fixo flutuante com as unidades fixadas na posição horizontal próximo a superfície do mar.

Mensalmente, as unidades experimentais foram avaliadas. Para isso, todas as unidades experimentais foram coletadas no mar e transferidas para o laboratório, onde foram pesadas separadamente, com auxílio de uma balança digital Toledo Plus®. Após ser realizada a avaliação, novas unidades foram confeccionadas com talos da mesma linhagem, para cada unidade experimental, durante todo o período do experimento. Como método de análise de desempenho agrônomico foi utilizada a equação descrita por (YONG et al., 2013):

$$TC = \left[ \left( \frac{Mf}{Mi} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \times 100$$

em que (Mf) é a massa final(g), (Mi) é a massa inicial (g), (t) é o tempo de cultivo em dias e o resultado (TC) é expresso em taxa de crescimento por dia (% dia<sup>-1</sup>).

A temperatura foi registrada a cada 24 horas ao longo de todo o período experimental através da instalação do aparelho digital TID-BIT Hobo® próximo ao local em que foram fixadas as unidades experimentais. Os resultados observados nas avaliações mensais foram reunidos em médias trimestrais considerando as estações do ano (outono, inverno, primavera e verão), com início no mês de junho de 2022 e o término em junho de 2023. Os dados foram analisados através de análise de variância (ANOVA) fatorial, analisando-se métodos de cultivo e linhagens para cada estação do ano. Por meio do programa estatístico do software R®.

## Resultados e discussão

As taxas de crescimento diário (% dia<sup>-1</sup>) (média ± desvio padrão) avaliadas durante o período experimental variaram do menor valor de 1,31 ± 0,96 (% dia<sup>-1</sup>) no método rede tubular (RT) linhagem marrom (MA) de inverno até o maior de 5,98 ± 0,44 (% dia<sup>-1</sup>) para o tratamento *tie-tie* (TT) linhagem verde (VE) na estação do verão (Figura 1). Resultados similares foram observados no desempenho da espécie cultivadas em águas subtropicais do litoral catarinense com variações na taxa de crescimento diário de 1,03 até 5,42 (% dia<sup>-1</sup>) em (COSTA, 2019) e de 0,34 até 5,12(% dia<sup>-1</sup>) segundo HAYASHI et al., (2011). Da mesma forma, como registrado por Hayashi (2007); Gelli (2019); Oliveira et al. (2019) no litoral de Ubatuba, com uma variação entre 5,2 a 7,2 (% dia<sup>-1</sup>), 4,76 a 8,72 (% dia<sup>-1</sup>) e 3,8 a 6,2 (% dia<sup>-1</sup>), respectivamente. Por fim, foi observada também no litoral sudoeste do estado do Rio de Janeiro uma taxa de crescimento variando de 3,2 a 3,4 (% dia<sup>-1</sup>) (GÓES & REIS, 2011) e -2,14 até 2,90 (% dia<sup>-1</sup>) (REIS, 2015).

Além disso, resultados semelhantes foram presenciados no cultivo desta espécie em outros países, como publicado por Hung et al. (2009), que registraram uma faixa de crescimento entre (1,6 a 4,6% dia<sup>-1</sup>) no Vietnã. Em estudos de Kasim & Mustafa, (2017), valores entre (2,43 e 3,69% dia<sup>-1</sup>) no sudeste da Indonésia. Bem como, para a costa sudeste da Índia (3,76 - 4,92% dia<sup>-1</sup>) (PERIYASAMY et al., 2014), para o litoral das Filipinas (1,61 a 8,58% dia<sup>-1</sup>) (ORBITA, 2013), no sudoeste de Madagascar (3,90 a 5,46% dia<sup>-1</sup>) (ATEWEBERHAN et al., 2015) e na Península do México (2 a 7,1% dia<sup>-1</sup>) (MUNÕZ et al., 2004).

Segundo Hayashi et al., (2010), o desempenho da espécie *K. alvarezii* cultivada em fazendas marinhas

pode estar associado não somente às linhagens adquiridas, mas a uma série de parâmetros ambientais. Contudo, estudos relatados por Paula et al., (2002) constataram que a temperatura da água do mar influencia diretamente na (TC% dia<sup>-1</sup>) e mantém um padrão de sazonalidade positivo entre as variáveis.

Neste contexto, com relação as taxas de crescimento diário (% dia<sup>-1</sup>), foi possível observar diferença significativa (p < 0,05) para o tratamento método de plantio durante as estações de verão e inverno, sendo que o tratamento (TT) foi superior ao (RT) em ambos os períodos. Estes resultados encontrados divergem dos estudos elaborados por Reis et al., (2015), onde os autores notaram um melhor desempenho para o crescimento da espécie no sistema rede tubular no litoral do Rio de Janeiro, com resultados significativos de (2,90% dia<sup>-1</sup>). Os autores ressaltam ainda que estes valores negativos (- 2,14% dia<sup>-1</sup>) registrados no sistema *tie-tie* foram relacionados com intempéries do tempo, como fortes ventos e correntes marítimas, o que não foi observado durante o período experimental do presente estudo. Não obstante, estudos de comparação entre os diferentes sistemas de plantio foram relatados por Góes & Reis, (2011) em que o sistema de cultivo *tie-tie* demonstrou um rendimento (3,4% dia<sup>-1</sup>) semelhante ao sistema de rede tubular (3,2% dia<sup>-1</sup>) durante o período da primavera na Baía de Sepetiba, litoral do Rio de Janeiro.

A macroalga *K. alvarezii* é uma espécie originária de regiões tropicais e cresce bem em águas com temperaturas entre 20°C e 32°C. Sendo possível registrar maiores taxas de crescimento no período de verão entre valores médios de temperatura de 27,1°C e 27,9°C (HAYASHI et al., 2011). Deste modo, ratificam-se os valores encontrados no atual estudo, onde, após analisar a relação entre as

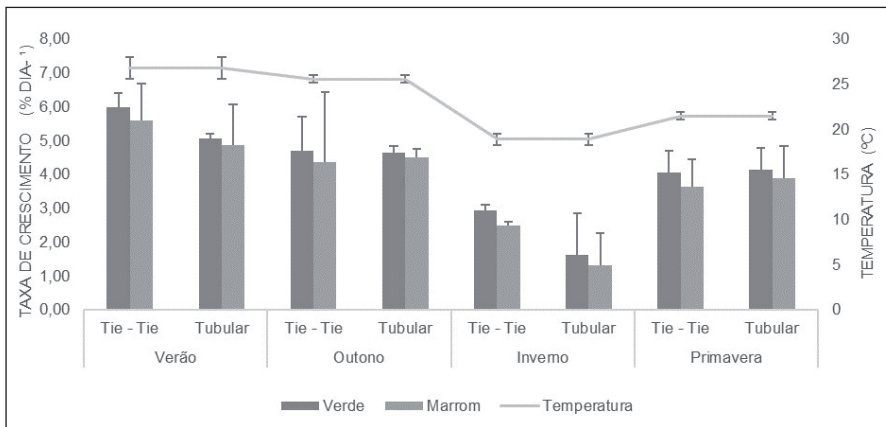


Figura 1. Média  $\pm$  desvio padrão da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a taxa de crescimento ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) da macroalga *Kappaphycus alvarezii* para os tratamentos método de cultivo tie-tie (TT) e rede tubular (RT), linhagens Verde (VE) e marrom (MA) no período 2022/23

Figure 1. Mean and standard deviation ( $\pm$ ) and growth rate ( $\% \text{ day}^{-1}$ ) of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* for the cultivation methods, tie-tie (TT) and tubular net (RT), and the two strains, Green (VE) and Brown (MA), during the experimental period 2022/23

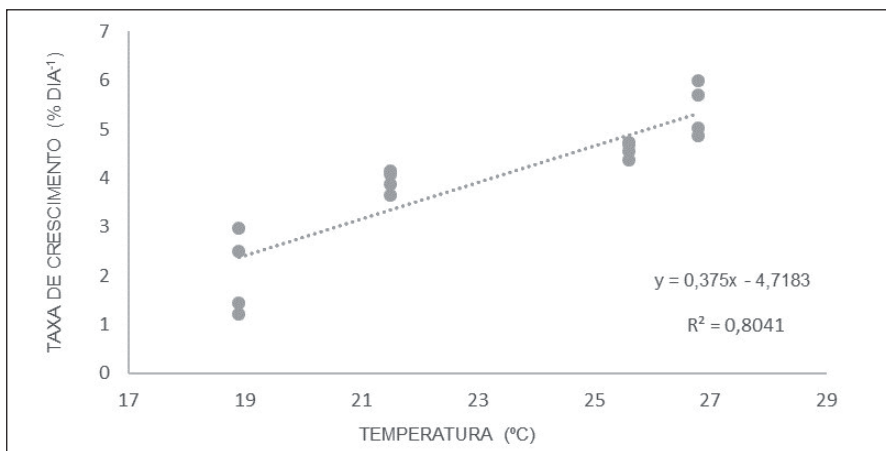


Figura 2. Correlação dos valores (média) da taxa de crescimento ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) da macroalga *Kappaphycus alvarezii* para os tratamentos rede tubular (RT), tie-tie (TT), linhagem Marrom (MA) e verde (VE), com a temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) registrados durante no período 2022/23

Figure 2. Correlation of the growth rate mean of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* for the cultivation methods tubular net (RT) and tie-tie (TT), and the two strains, Brown (MA) and Green (VE), and the temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), during the experimental period 2022/23

taxas de crescimento e a temperatura (Figura 2), obteve-se uma correlação positiva e um Coeficiente de Pearson forte (0,90), com valores semelhantes aos encontrados por Gelli (2019), que apresentou coeficientes de 0,80 a 0,90 para o cultivo da macroalga no litoral paulista.

Neste sentido, analisando os registros de temperatura durante o período experimental, a maior média ( $26,8 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ ) foi verificada para a estação de verão, sendo que neste período foram observados os maiores valores da

taxa de crescimento diário ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) para os tratamentos (TT) (VE) ( $5,98 \pm 0,44$ ) e (MA) ( $5,59 \pm 1,09$ ). Destaca-se que estes valores mostraram-se superiores aos observados por Hayashi et al., (2011) e Costa (2019), que utilizaram sistema em redes tubulares para algas cultivadas no verão e constataram valores de crescimentos diários de 5,12 e 5,42 ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ). No entanto, ao comparar os resultados obtidos com estudos realizados em águas com temperaturas tropicais do litoral sudeste brasileiro,

foram encontrados valores inferiores aos descritos por Hayashi (2007); Gelli, (2019); Oliveira et al., (2019), que atingiram valores máximos de crescimento de 7,2, 8,7 e 6,2 ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ), respectivamente.

Contudo, no tocante ao comportamento das macroalgas para os períodos de meia estação, foi possível observar uma taxa de crescimento diário ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) para a estação de outono, do maior valor registrado ( $4,69 \pm 1,02$ ) para o tratamento (TT) (VE) até o menor valor ( $4,37 \pm 2,02$ ) no tratamento (TT) (MA). E também, para a estação da primavera, a taxa variou de ( $4,07 \pm 0,64$ ) para o tratamento (TT) (VE) até ( $3,64 \pm 0,8$ ) no tratamento (TT) (MA). Não houve diferenças significativas entre os tratamentos (TT) (VE) e (MA), (RT) (VE) e (MA) nestes períodos experimentais. Estes resultados são semelhantes aos apresentados por Costa (2019), em que a espécie exibiu um desempenho no período de outono, entre os valores de  $4,31 \pm 0,15$  ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) para linhagem verde e  $3,86 \pm 0,31$  ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) para a marrom em Florianópolis e  $3,45 \pm 1,05$  ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) para coloração verde e  $2,95 \pm 0,69$  ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) para a marrom, mais ao norte do litoral de Santa Catarina.

Segundo Santos & Hayashi (2022), à medida que se aproxima do inverno, o crescimento da alga vai diminuindo e, nesse momento, a alga entra em estresse fisiológico, apresentando doenças degenerativas, bem como diminuição na rigidez dos talos, que se tornam menos vigorosos e mais vulneráveis ao epifitismo. Dessa forma, justificam-se os resultados inferiores ( $P < 0,05$ ) observados para o método de cultivo em rede tubular no inverno, pois o material utilizado para a confecção desta técnica apresenta maior área superficial. Quando alocadas no mar, estas estruturas permitem a atração de organismos competidores que reduzem o crescimento da macroalga

com relação ao método *tie-tie*, em que os talos permanecem em constante movimentação através da corrente marinha, dificultando a fixação de indivíduos incrustantes e promovendo o melhor desempenho neste sistema.

Ao contrário que foi relatado por Muñoz et al. (2004), no qual o desempenho não foi significativo para as linhagens de colorações verde, marrom e vermelha cultivadas no México, assim como para as linhagens verde e marrom nas Filipinas Hurtado et al., (2001), no presente trabalho houve maior crescimento ( $P < 0,05$ ) para o tratamento (VE) com relação ao (MA), no período de inverno. Estes resultados observados podem estar associados ao comportamento fisiológico da espécie para esta estação, uma vez que as algas marinhas são consideradas organismos fotossintetizantes capazes de capturar e converter a energia solar em energia química. Porém esta absorção da luz depende diretamente da função dos pigmentos fotossintetizantes e dos pigmentos acessórios presentes em todas as algas. Estas estruturas denominadas como ficobiliproteínas (ficoeritrina e ficocianina) formam um arranjo geométrico, promovendo uma cadeia de transferência de fótons em sequência: ficoeritrina > ficocianina > aloficocianina > clorofila a. (NELSON & COX, 2022). É importante sobretudo salientar que em espécies de macroalgas que vivem em ambientes com maiores oscilações de intensidade da luz na coluna d'água ao longo do dia, as propriedades espectrais dos pigmentos acessórios contribuem para uma maior eficiência na captação e transferência de energia obtida da radiação solar.

Desta forma, uma das vantagens evolutivas das algas vermelhas é a presença majoritária de pigmentos acessórios azuis e vermelhos, o que possibilita a sobrevivência dessas algas

em profundidades onde a luz quase não penetra. Todavia, a baixa irradiância podem causar mudanças na estrutura celular, mais precisamente nos mecanismos de captação de luz, para que a absorção de luz seja otimizada. Nestes ambientes, os talos adquirem uma coloração pálida causada pela produção de maiores quantidades de pigmentos acessórios para aumentar a captura de luz (GRAHAM et al., 2009). Neste sentido, estudos elaborados em condições controladas por Aguirre-Von-Wobeser et al. (2001) demonstraram que a linhagem verde da espécie *K. alvarezii* apresentou níveis dos pigmentos de ficocianina (PC) e aloficocianina (APC) e eficiência fotossintética superiores à marrom. Desse modo, os resultados significativos observados para o desempenho das linhagens verde no período de inverno podem estar relacionados com a capacidade desta linhagem de absorver luz solar, de maneira mais eficiente, nos meses em que o fotoperíodo diário é menor.

Ressalta-se que, apesar da redução na taxa de crescimento das algas cultivadas no período de inverno, não foi possível observar maiores perdas durante o período experimental. Ao contrário de Hayashi, (2011), que verificou taxas de crescimento diário próximas de zero na região da grande Florianópolis. Assim, as condições ambientais do litoral norte de Santa Catarina, principalmente quando se relaciona aos elevados valores de temperatura da água do mar, mostraram-se favoráveis ao cultivo da espécie durante todas as estações do ano.

## Conclusão

O melhor sistema de cultivo da macroalga *K. alvarezii* observado no litoral norte catarinense foi o *tie-tie*,

sobretudo para a linhagem de coloração verde durante o período de inverno. Isso demonstra que o cultivo desta espécie no município de Penha poderá ser realizado em períodos ininterruptos entre as estações do ano.

## Referências

- AGUIRRE-VON-WOBESER, E.; FIGUEROA, F.L.; CABELLO-PASINI, A. Photosynthesis and growth of red and green morphotypes of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) from the Philippines. **Marine Biology**, v.138, p.679-686, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002270000506>
- ATEWEBERHAN, M.; ROUGIER, A.; RAKOTOMAHAZO, C. Influence of environmental factors and farming technique on growth and health of farmed *Kappaphycus alvarezii* (cottonii) in south-west Madagascar. **Journal of Applied Phycology**, v. 27, p. 923-934, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0378-3>
- BHUYAR, P.; RAHIM, M.H.; SUNDARARAJU, S.; MANIAM, G.P.; GOVINDAN, Antioxidant and antibacterial activity of red seaweed *Kappaphycus alvarezii* against pathogenic bacteria. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 6, n. 1, p. 47-58, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.01.04>
- CASTELAR, B.; REIS, R.P.; BASTOS, M. Contribuição ao protocolo de monitoramento ambiental da maricultura de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex PC Silva (Areschougaceae-Rhodophyta) na baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 613-617, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000300001>
- COSTA, T.S. **Avaliação preliminar para**

a implantação de cultivos comerciais da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina. 30p. Trabalho de conclusão de curso. TCC (Graduação - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias) Engenharia de Aquicultura, Florianópolis. 2019.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture.** Towards Blue Transformation. Rome. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

FAO. Food. Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture 2018—** Meeting the sustainable development goals. CC BYNC-SA, v. 3, 2018.

GRAHAM, L.E.; JAMES, M.G.; WILCOX, W.L. **Algae.** 2nd ed. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings, 2009. 640p.

GELLI, V.C.; PATINO, M.T.O.; ROCHA, J.V.; BARBIERI, E.; MIRANDA-FILHO, K.C.; HENRIQUES, M.B. Production of the *Kappaphycus alvarezii* extract as a leaf biofertilizer: technical and economic analysis for the north coast of São Paulo-Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.46, n.2, 2020. DOI: 10.20950/1678-2305.2020.46.2.568.

GELLI, V.C. **Desenvolvimento ordenado e potencial da produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no estado de São Paulo para a produção do biofertilizante.** 111p. Tese (Doutorado-Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas), 2019.

GÓES, H.G.; REIS, R.P. An initial comparison of tubular netting versus *tie-tie* methods of cultivation for *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) on the south coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v.23, p.607-613, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9647-y>

HAYASHI, L.; DE PAULA, E.J; CHOW, F. Growth rate and carrageenan analyses in four strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) farmed in the subtropical waters of São Paulo State, Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v.19, p.393-399, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-007-9163-x>.

HAYASHI, L.; HURTADO, A.Q.; MSUYA, F.E.; BLEICHER-LHONNEUR, G.; CRITCHLEY, A.T. A review of *Kappaphycus* farming: prospects and constraints. **Seaweeds and their role in globally changing environments**, p. 251-283, 2010. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-8569-6\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-8569-6_15).

HAYASHI, L.; SANTOS, A.A.; FARIA, G.S.; NUNES, B.G.; SOUZA, M.S.; FONSECA, A.L.; BOUZON, Z.L. *Kappaphycus alvarezii*(Rhodophyta,Areschougiales) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v.23, p.337-343, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9543-5>

HAYASHI, L.; REIS, R.P. Cultivation of the red algae *Kappaphycus alvarezii* in Brazil and its pharmacological potential. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.22, p.748-752, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000055>

HUNG, L.D.; HORI, K.; NANG, H.Q.; KHA, T.; HOA, L.T. Seasonal changes in growth rate, carrageenan yield and lectin content in the red alga *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Camranh Bay, Vietnam. **Journal of Applied Phycology**, v.21, p.265-272, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9360-2>

KARTHIKEYAN, K.; SHANMUGAM, M. Development of a protocol for the application of commercial bio-stimulant

manufactured from *Kappaphycus alvarezii* in selected vegetable crops. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v.4, n.1, p.92-102, 2016. [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(1\).92.102](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(1).92.102)

KASIM, M.; MUSTAFA, A. Comparison growth of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) cultivation in floating cage and longline in Indonesia. **Aquac Rep.**, v.6, p.49–55. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.03.004>

MOHAMMAD, S.M.; RAZALI, S.M.; ROZAIMAN, N.M.; LAIZANI, A.N.; ZAWAWI, N. Application of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) in Malaysian food products. **International Food Research Journal**, v.26, n.6, p.1677-1687, 2019.

MUNÖZ, J.; FREILE-PELEGRÍN, Y.; ROBLEDO, D. Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) color strains in tropical waters of Yucatán, México. **Aquaculture**, v.239, n.1-4, p.161-177, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.043>

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** Artmed Editora, 2022.

OLIVEIRA, L.; CEDENO, R.F.; CHAVEZ, E.G.; GELLI, V.C.; MASARIN, F. Red macroalgae *kappaphycus alvarezii* as feedstock for nutraceuticals, pharmaceuticals and fourth generation biofuel production. **Red**, v.17, p.546-549, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24084/repqj17.370>

ORBITA, M.L. Growth rate and carrageenan yield of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) cultivated in Kolambugan, Lanao del Norte, Mindanao, Philippines. **Advances in Agriculture & Botany**, v.5, n.3, p.128-139, 2013. DOI: <http://www.aab>

- bioflux.com.ro/docs/2013.128-139.pdf
- PAULA, E.; PEREIRA, R.T.L.; OHNO, M. Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) introduced in subtropical waters of Sao Paulo State, Brazil. **Phycological Research**, v. 50, n. 1, p.1-9, mar. 2002. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1440-1835.2002.00248.x>
- PERIYASAMY, C.; ANANTHARAMAN, P.; BALASUBRAMANIAN, T.; RAO, P.S. Seasonal variation in growth and carrageenan yield in *cultivated Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty on the coastal waters of Ramanathapuram district, Tamil Nadu. **Journal of applied phycology**, v.26, p.803-810, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0256-z>
- REIS, R. P.; CHAGAS PEREIRA, R. R.; DE GÓES, H. G. The efficiency of tubular netting method of cultivation for *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) on the southeastern Brazilian coast. **Journal of applied phycology**, v. 27, p. 421-426, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0330-6>
- RUDKE, A.R.; DE ANDRADE, C.J.; FERREIRA, S.R.S. *Kappaphycus alvarezii* macroalgae: An unexplored and valuable biomass for green biorefinery conversion. **Trends in Food Science & Technology**, v.103, p.214-224. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.018>.
- SANTHOSH, V.; PERIYASAMY, S. Qualitative improvement of bio-oil derived from hydrothermal liquefaction of liquid fertiliser drained *Kappaphycus alvarezii*. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p.1-11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-023-03749-1>
- SANTOS, A.A. Produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina, safra 2022/2023. **Agropecuária Catarinense**, v.36, n.2, p.7-9, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1746>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- SANTOS, A.A.D. **Potencial de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no litoral de Santa Catarina**. 151p. Tese (Doutorado-Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias) Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2014.
- YONG, Y.S.; YONG, W.T.L.; ANTON, A. Analysis of formulae for determination of seaweed growth rate. **Journal of applied phycology**, v.25, p.1831-1834, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0022-7>

# Growth and yield of the Murcott tangor in different rootstocks along the first six years in the orchard

Eduardo Cesar Brugnara<sup>1</sup>, Rafael Roveri Sabião<sup>2</sup> and Luana Aparecida Castilho Maro<sup>3</sup>

**Abstract** - The 'Murcott' tangor is among the most important cultivars to produce fruits classified as tangerines in Brazil. Information about its interaction with some rootstocks is insufficient and sometimes conflicting, especially concerning budding incompatibilities with *Poncirus trifoliata* and its hybrids. In this context, this study was conducted to evaluate 'Murcott' agronomic performance when grafted on different rootstocks under the edaphoclimatic conditions of western Santa Catarina state. A total of 13 rootstocks were evaluated for effects on growth, yield, and average fruit mass over six years. The rootstocks were divided into four groups with similar tree heights. Among the moderately tall trees, 'Sunki' x 'Benecke'; 'Rangpur' x 'Sunki'; 'Sunki' x 'Rangpur'; 'Fepagro C 13'; 'Swingle'; and 'Fepagro C37 Dornelles' yielded more fruit per tree, whereas 'Carrizo' and 'Rangpur' x 'Sunki' stood out for their higher production per m<sup>3</sup> of canopy. The hybrid 'HFD11 EEI' had a semi-dwarfing and 'Flying Dragon' a dwarfing effect, and the later had a lower average fruit mass.

**Index terms:** *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata*; Tangerine; Compatibility; *Poncirus trifoliata*; Hybrid.

## Crescimento e produção do tangoreiro Murcott em diferentes porta-enxertos nos seis anos iniciais do pomar

**Resumo** - O tangoreiro 'Murcott' está entre os mais importantes cultivares destinados à produção de frutos classificados como tangerinas no Brasil. As informações sobre sua interação com alguns porta-enxertos são insuficientes e as vezes conflitantes, especialmente quanto à compatibilidade de enxertia com *Poncirus trifoliata* e seus híbridos. Então, este trabalho foi desenvolvido no intuito de avaliar o desempenho agrônomo do tangoreiro 'Murcott' quando enxertado em diferentes porta-enxertos nas condições edafoclimáticas do oeste do estado de Santa Catarina. Dezesesseis porta-enxertos foram testados quanto aos efeitos no crescimento, produção e massa média dos frutos durante seis anos. Os porta-enxertos formaram quatro grupos com alturas de planta semelhantes. Dentre os porta-enxertos que formam plantas moderadamente altas, 'Sunki' x 'Benecke,' 'Cravo' x 'Sunki,' 'Sunki' x 'Rangpur,' 'Fepagro C 13,' 'Swingle' e 'Fepagro C37 Dornelles' proporcionam maior produção de frutos por planta, enquanto 'Carrizo' e 'Cravo' x 'Sunki' se destacam pela maior produção por m<sup>3</sup> de copa. Já o híbrido 'HFD11 EEI' teve efeito semi-nanicante e o 'Flying Dragon' nanicante, e este último com massa média de frutos menor.

**Termos para indexação:** *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata*; Tangerina; Compatibilidade; *Poncirus trifoliata*; Híbrido.

## Introduction

The 'Murcott' tangor tree is a hybrid plant obtained by crossing a mandarin tree with a sweet orange tree [*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osb.] (KOLLER & SOPRANO, 2013). 'Murcott' fruit is marketed as a tangerine

due to its flavor, flattened shape, and moderate adherence of the albedo to the endocarp, making peeling easier than an orange. This fruit is very appreciated and known by the consumers of fresh tangerines. Due to its on-tree storage until October or November, depending on the region, it is the latest harvest

among the widely grown tangerines. The 'Murcott' trees have medium vigor, high productivity, and alternate bearing (PIO et al., 2005).

In citrus plants propagated by grafting, the rootstock affects, among other characteristics, the nutrient content of the leaves, the production and

Received on 30/05/2023. Accepted for publication on 26/10/2013.

Section editor: Keny Henrique Mariguelo

<sup>1</sup>Agronomist, M.Sc., Epagri/Center for Research on Family Agriculture (Cepaf).

Servidão Ferdinando Ricieri Tusset SN, Bairro São Cristóvão, CEP 89803-904, Chapecó, SC, phone: (49) 2049-7545, email: eduardobrugnara@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup>Agronomist, Ph.D., Epagri/Cepaf, email: rafaelsabiao@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup>Agronomist, Ph.D., Epagri/Experimental Station of Itajaí, P.O. Box 277, 88318-112, Itajaí, SC, phone: (47) 3398-6300, email: luanamaro@epagri.sc.gov.br.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1642>



development of the canopy, the size of the fruits, the water supply, and the flow of sap, nutrients, and growth regulators for the canopy (VITTI et al., 2003; YONEMOTO et al., 2004; GONZATTO et al., 2011; VELLAME et al., 2012; TOPLU et al., 2012; BRUGNARA & SABIÃO, 2021), leading orchards of the same canopy cultivar to different performances.

The longevity of 'Murcott' cultivation in soils with a high clay or moisture content depends on the use of rootstocks tolerant to gummosis, a necrotic disease of the roots and trunk caused by *Phytophthora* spp. This requirement limits the use of 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* Osb.), which is the main rootstock in Brazil, especially in the Southeast region. On the other hand, the trifoliolate orange [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] and some hybrids of it, such as the citrumelo 'Swingle' [*Citrus paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], common in south Brazil, despite resisting gummosis, are known to be incompatible with 'Murcott,' leading the trees to decline and die (POMPEU JÚNIOR, 1991; GARNSEY et al., 2001). Souza et al. (1992) evaluated rootstocks for 'Murcott' for 12 years in sandy soil in Rio Grande do Sul state. They observed the death of trees on C 14 citrange (sweet orange x trifoliolate orange crossing). In contrast, in four other citranges, the production did not differ from 'Cleopatra', 'Cravo Taquari', and other *Citrus* spp. However, the experimental means ranged from 15 to 57kg tree<sup>-1</sup>. In Rio Grande do Sul, some of the 'Murcott' combinations considered incompatible are used without records of incompatibility symptoms (GONZATTO et al., 2018).

Considering the importance of the 'Murcott' cultivar, the insufficiency and conflicting information about its

interaction with some rootstocks, this study aimed to evaluate its agronomic performance when grafted on different rootstocks under the edaphoclimatic conditions of western Santa Catarina state.

## Material and methods

The field experiment was established in Coronel Freitas, SC (570m altitude). The local soil is Haplic Cambisol previously cultivated with corn (*Zea mays* L.) and ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) pasture. In the first 20cm of the profile, main chemical levels were 28.5% of clay, pH 5.9, CEC of 11.1cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 264mg dm<sup>-3</sup> of potassium, 53.3mg dm<sup>-3</sup> of available phosphorus, and no exchangeable aluminum. No tillage was performed due to the satisfactory chemical and physical condition. Seedlings were produced in a certified commercial nursery in polyethylene bags containing organic substrate. The propagation material was obtained at Epagri, Itajaí Experimental Station, in Itajaí, SC. They were planted in September 2016, in 25cm in diameter and 30cm deep pits, enough to accommodate the root system, and spaced 7 x 3m (476 trees per hectare).

A completely randomized unbalanced design (depending on the number of trees available) was used, with three plants per plot. The treatments were the 'Murcott' tangor budded on 13 rootstock varieties, whose nomenclature and number of repetitions (n) used were:

- 'Cleópatra' mandarin (*Citrus sunki* Hort. ex Tan), n=5;
- 'Rangpur' x 'Cleópatra' hybrid (*Citrus limonia* Osb. x *Citrus reshni* Hort.), n=4;

- 'Sunki' x 'Rangpur' hybrid (*Citrus limonia* Osb. x *Citrus sunki* Hort. ex Tan), n=4;

- 'Rangpur' x 'Sunki' EEI hybrid (*Citrus limonia* Osb. x *Citrus sunki* Hort. ex Tan), n=4;

- 'Changsha' x 'English Large Trifoliolate' citrandarin [*Citrus reticulata* Blanco x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], n=3;

- 'Sunki' x 'Benecke' citrandarin [*Citrus sunki* Hort. ex Tan. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; n=4;

- 'Carrizo' citrange [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L.) Osb.], n=4;

- 'Fepagro C 13' citrange [*Citrus sinensis* (L.) Osb. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], n=4;

- 'Fepagro C37 Dornelles' citrange [*Citrus sinensis* (L.) Osb. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], n=5;

- 'SCS453 Nasato' trifoliolate orange [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], n=4;

- 'Flying Dragon' trifoliolate orange [*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.], n=4;

- 'HFD11 EEI', F1 tree obtained by open pollination of 'Flying Dragon', n=4;

- 'Swingle' citrumelo [*Citrus paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], n=4.

Fertilization was based on Brunetto et al. (2016), considering yield expectations of 17t ha<sup>-1</sup> in the fifth year and 30t ha<sup>-1</sup> in the sixth year. Spraying of insecticides/miticides was conducted according to the occurrence of pests (*Phyllocoptruta oleivora*, *Anastrepha fraterculus*, *Toxoptera citricida*, *Phyllocnistis citrella*, and *Alleurocanthus woglumi*). Fungicides were used since the 5<sup>th</sup> year, in spring, with an average periodicity of 20 days, according to the occurrence of rains, for suppression of *Alternaria alternata*.

Weeds were managed with mowing between rows, manual or chemical weeding in the crowns or strips during spring and summer, and coverage with *L. multiflorum* in winter.

The trees annually received training and pruning until the third year. Afterwards, annual pruning at the end of winter removed vertical branches from the center of the canopy, up to approximately 20% of its volume, following Koller et al. (2013). With the beginning of bearing, hand thinning was performed on fruitlets in December, keeping one fruitlet on terminal branches shorter than 10cm and two on the others.

The evaluations were conducted from the beginning of fruit production (second year) until six years (fifth harvest). The fruits were harvested along July and August, and were counted

and weighed to compose the variables number ( $n^{\circ}$  tree $^{-1}$ ) and mass (kg tree $^{-1}$ ) of fruits produced per tree. After harvesting, canopies were measured for height (m), transversal, and longitudinal (to the row) diameters (m). With the measured values, other variables were calculated: the average fruit mass (g fruit $^{-1}$ ), the canopy projection area (CPA) (m $^2$ ), the canopy volume (m $^3$ ), the yield efficiency (kg m $^{-3}$ ) (accumulated fruit mass up to the sixth year divided by the canopy volume in the sixth year), and shape index (CPA divided by height).

Data were checked for normality and variance of homogeneity and then submitted to analysis of variance (ANOVA). In cases of significant rootstock effect, Scott-Knott tests were performed. The relationships among the response variables were analyzed using a Principal Component Analysis

and biplot charts. Statistical analyses were performed in R 4.1.0 software amended with the *ScottKnott* package (JELIHOVSCHI et al., 2014; R CORE TEAM, 2021).

## Results and discussion

The ANOVA showed significant differences between rootstocks in all dependent variables. The Scott-Knott test grouped the rootstocks into four groups with differences in tree height (Figure 1). 'Cleopatra' and the 'Rangpur' x 'Cleopatra' hybrid formed a group of taller trees (tall group), whose averages (3.1 and 3.04m) were more than double that of 'Flying Dragon' (1.42m) (dwarfing group). The 'HFD11 EEI' hybrid constituted the moderately dwarfing group, with a height of 2.07m, higher than 'Flying Dragon', but lower than the

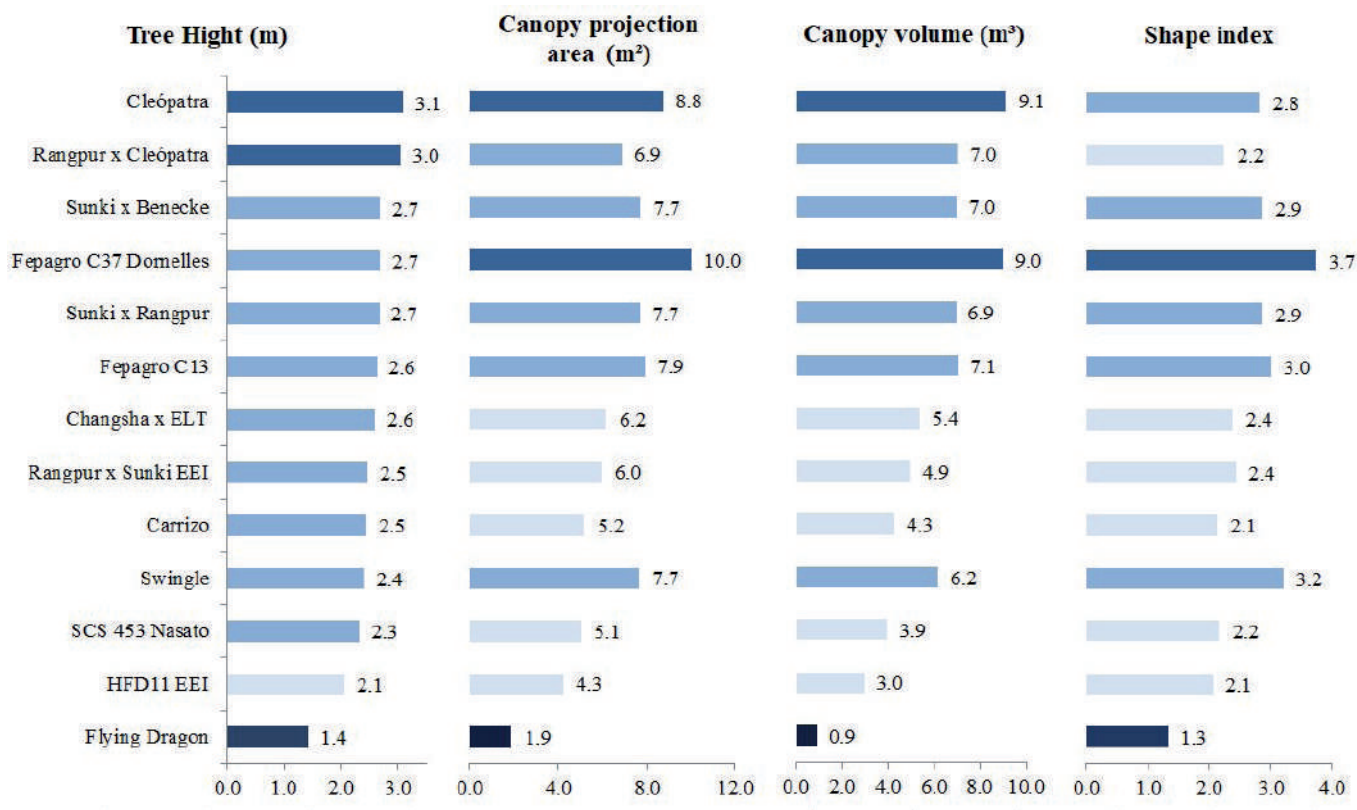


Figure 1. Canopy height, projection area, volume, and shape index of 'Murcott' tangor trees on different rootstocks. Same color bars represent means with no significant difference according to the Scott-Knott test ( $\alpha=0.05$ ).

Figura 1. Altura, área de projeção, volume e índice de conformação da copa de tangoreiros 'Murcott' sobre diferentes porta-enxertos. Barras com cores iguais representam médias sem diferença pelo Teste de Scott-Knott ( $\alpha=0,05$ ).

moderately tall group. The smaller trees of 'Murcott' tangor grafted on 'Flying Dragon' corroborates observations in Florida, USA, in which seven-year-old trees had a smaller canopy volume than those grafted on 'Swingle', 'Cleopatra' and 'Carrizo' (WHEATON et al., 1991).

Although pruning reduced tree height by removing central and vertical branches, taller trees tended to have more significant CPA and canopy volume, as revealed by PC1 and PC2 components of the principal component analysis (Figure 2). However, significant differences happened in projection area and canopy volume inside the moderately tall group. 'Fepagro C37 Dornelles' stood out by its bigger averages. Its significantly higher shape index (3.74) confirms this characteristic. As a rootstock for 'Valencia' orange tree in Rio Grande do Sul, it produced trees

with similar height to others such as 'Cleopatra' and trifoliate orange (PORTO & SOUZA, 1984), which may be due to insufficient experimental precision. Within the tall group, a significant difference was also found in shape index, which was higher in 'Rangpur' x 'Cleopatra' (2.25) than 'Cleopatra' (2.82).

Trees in all treatments yielded fruit in the second year (2017/18 season), and fluctuated from then on, alternating rising fruit loads (4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> year) and minor ones (3<sup>rd</sup> and 5<sup>th</sup> years) (Table 1), which characterizes the alternate bearing, intrinsic to tangerine trees in general and to 'Murcott' (KOLLER & SOPRANO, 2013). An offseason harvest occurred after the 5<sup>th</sup> year regular one, probably due to the small production in that season (MARINHO & SOUZA, 1997). The accumulated fruit production

per tree had a positive relationship with CPA and with canopy volume in a smaller grade (Figure 2). The highest productions occurred in the tall group and in the moderately tall group (42 to 77kg). However, some rootstocks like 'Fepagro C37 Dornelles' formed high-yielding trees (77kg) despite the moderate height of 2.68m, favored by its higher CPA.

In a study conducted in Itirapina, São Paulo state, the 'Cleópatra' mandarin root promoted higher annual average fruit production to 'Murcott' in comparison to several other tangerine rootstocks, the 'Rangpur' lime, and the trifoliate orange (FIGUEIREDO et al., 2006), corroborating our results (Table 1). Moreover, Souza et al. (1992) observed the excellent performance of 'Cleopatra' in Rio Grande do Sul. In fact, 'Cleopatra' has been indicated

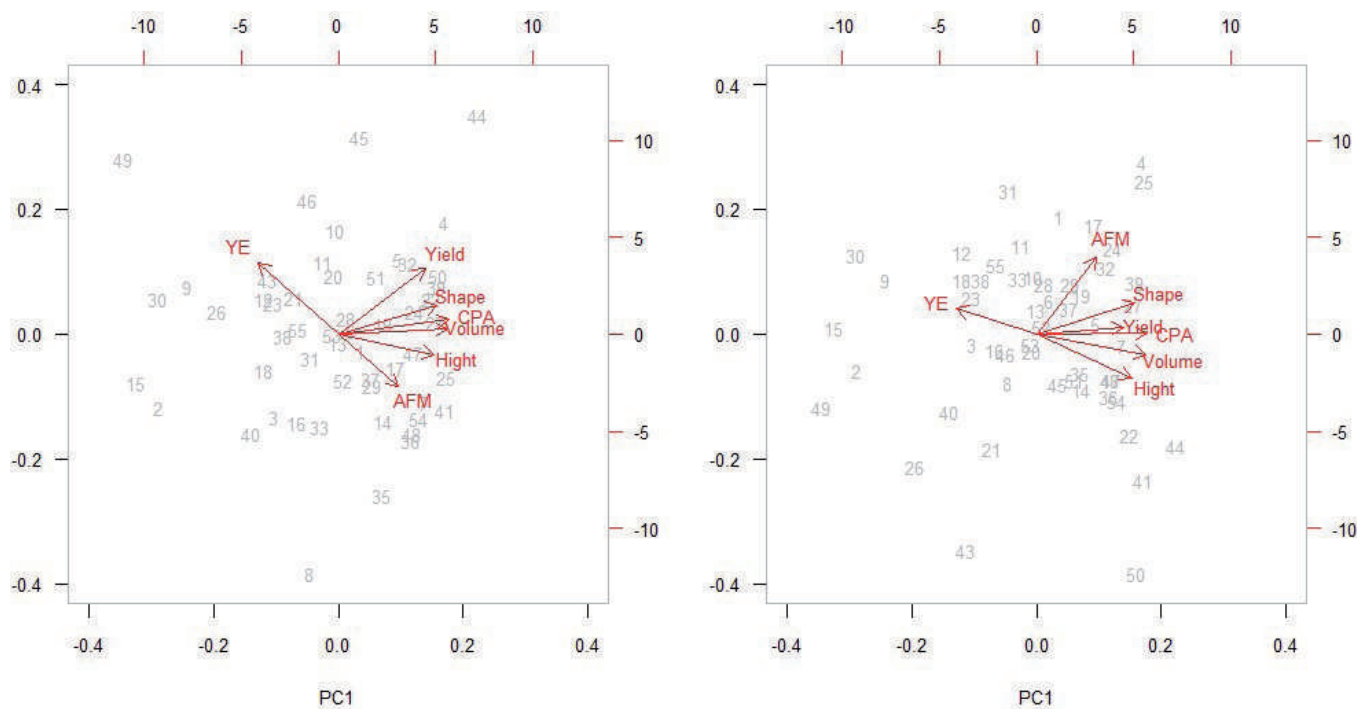


Figure 2. Biplot charts representing the main three Principal Components PC1, PC2, and PC3, explaining 68, 15, and 11% of the variation in the experimental data, respectively. YE = yield efficiency; CPA = canopy projection area; AFM = average fruit mass.  
 Figura 2. Gráficos biplot representando os três principais componentes PC1, PC2 e PC3 que explicam 68, 15 e 11% da variação nos dados do experimento, respectivamente. YE = eficiência produtiva; CPA = área de projeção da copa; AFM = massa média de frutos.

Table 1. Tree yield and yield efficiency (YE) of ‘Murcott’ tangor trees budded on different rootstocks

Tabela 1. Produção de frutos e eficiência produtiva (YE) de tangoreiros ‘Murcott’ enxertados em diferentes porta-enxertos

Rootstock	Yield by season						Total yield <sup>(3)</sup>	YE <sup>(3)</sup>
	2	3	4	5a <sup>(1)</sup>	5b <sup>(2)</sup>	6		
	----- kg tree <sup>-1</sup> -----							kg m <sup>-3</sup>
‘Fepagro C37 Dornelles’	3.44	2.52	22.51	4.26	2.34	42.38	77.45a	9.34b
‘Fepagro C 13’	1.56	1.21	15.40	2.11	1.51	42.04	63.82a	10.10b
‘Swingle’	2.83	2.86	15.94	2.29	2.48	34.52	60.93a	10.66b
‘Sunki’ X ‘Rangpur’	3.45	1.85	18.35	1.48	2.38	33.00	60.51a	9.31b
‘Cleópatra’	2.67	1.81	14.90	2.69	1.87	36.32	60.26a	7.38b
‘Rangpur’ x ‘Sunki’	4.02	2.40	16.01	0.39	2.97	30.96	56.74a	12.53a
‘Sunki’ x ‘Benecke’	2.32	1.54	11.75	2.36	1.64	36.78	56.39a	8.92b
‘Changsha’ x ‘English L.T.’	2.26	2.23	11.98	1.12	0.77	31.48	49.83b	10.87b
‘SCS 453 Nasato’	1.99	1.12	10.44	3.02	2.34	26.42	45.33b	13.87a
‘Carrizo’	1.47	2.57	8.33	1.63	3.68	27.20	44.88b	12.01a
‘Rangpur’ x ‘Cleópatra’	2.23	1.18	11.63	1.07	0.41	25.91	42.43b	6.08b
‘HFD 11 EEI’	1.34	3.08	7.30	1.56	1.07	16.66	31.01b	13.38a
‘Flying Dragon’	1.30	0.98	2.93	0.39	1.68	5.87	13.15c	16.24a
<b>Mean</b>	<b>2.43</b>	<b>1.96</b>	<b>13.18</b>	<b>1.91</b>	<b>1.91</b>	<b>30.27</b>	<b>50.98</b>	<b>10.66</b>

<sup>1</sup> Main harvest; <sup>2</sup> Offseason harvest; <sup>3</sup> Same letters represent means with no significant difference according to the Scott-Knott test ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>1</sup> Safra da época normal; <sup>2</sup> safra da época temporã; <sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha=0.05$ ).

as a rootstock for ‘Murcott’ in Santa Catarina due to the insecurity in indicating rootstocks of the species *P. trifoliata* and its hybrids (BRUGNARA et al., 2021). However, its adaptation to clayey soils is limited by sensitivity to gummosis (MEDINA FILHO et al., 2003), which can be overcome by selecting new rootstocks.

The yield efficiency presented a strong inverse relationship with tree height. In total, three rootstocks from

the moderately tall group (‘Rangpur’ x ‘Sunki’ EEI, ‘Carrizo’, and ‘SCS 453 Nasato’), the dwarfing group, and the moderately dwarfing group outperformed the other rootstocks in terms of yield efficiency (Table 1). Smaller trees can produce more fruit per cubic meter of the canopy, allowing greater planting densities, facilitating the inspection of pests and diseases, reducing costs, and improving safety in the harvest (POMPEU JUNIOR, 2005).

However, ‘Murcott’ can suffer collapse due to high productivity, characterized by wilting, defoliation, and death following an excessive fruit load that depletes root carbohydrates (SMITH, 1976), which suggests more caution with these rootstocks.

‘Flying Dragon’ (129.4g) and ‘SCS 453 Nasato’ (139.2g) had lower average fruit mass than the other treatments, which did not differ from each other and presented an average of 168.9g (data not shown). Figure 2 expressed a

negative correlation between average fruit mass and yield efficiency, which means that trees yielding greater fruit masses per m<sup>3</sup> of the canopy tended to yield smaller fruits. The effect has been demonstrated by experiments with fruit thinning, in which reducing the number of fruits increases their average mass due to less competition for assimilates; however, this process reduces the mass of fruit produced (SAMRA & SHALAN, 2014).

The data in this article could be analyzed in the light of a possible occurrence of incompatibility between scion and rootstock that, in theory, would be expressed later. Once this is overcome, the results point out promising rootstocks, such as 'Fepagro C37 Dornelles', which presented canopy volume, yield, yield efficiency, and average fruit mass similar to 'Cleopatra', but with a lower tree height, which eases orchard management. Regarding the rootstock of 'Valencia' orange tree up to the sixth year of the orchard in the west of Santa Catarina, it presented trees of moderate height and high yield efficiency by canopy volume (BRUGNARA & SABIÃO, 2021), agreeing with the performance observed with 'Murcott'. The rootstocks 'Flying Dragon', 'HFD11 EEI', 'SCS 453 Nasato', 'Carrizo', and 'Rangpur' x 'Sunki' EEI showed different degrees of tree size reduction and, despite the lower yields per tree, showed potential for use in high density orchards because they have greater yield efficiency. They have already been evaluated in the western region of Santa Catarina as 'Valencia' rootstocks (BRUGNARA & SABIÃO, 2021), showing some degree of tree size reduction, but only 'Flying Dragon' and 'Rangpur' x 'Sunki' EEI showed high yield efficiency. It should be noted that

the average fruit mass obtained with 'Flying Dragon' and its offspring 'HFD11 EEI' may limit their use. As the average fruit mass was negatively correlated with the yield efficiency, it is possible that these rootstocks demand greater fruit thinning to balance the leaf area with the fruit load.

## Conclusions

- The growth, fruit production, and average mass of the 'Murcott' tanger tree cultivated up to the sixth year under the edaphoclimatic conditions of western Santa Catarina are influenced by the rootstock.

- Among the rootstocks that induce greater tree height, 'Cleopatra' mandarin stands out for its higher fruit production per tree, with good fruit mass.

- Among the rootstocks that form moderately tall trees, 'Sunki' x 'Benecke', 'Rangpur' x 'Sunki' EEI, 'Sunki' x 'Rangpur', 'Fepagro C 13', 'Swingle' and 'Fepagro C37 Dornelles' yield greater mass of fruit per tree, whereas 'Carrizo', 'SCS 453 Nasato' and 'Rangpur' x 'Sunki' EEI stand out for their higher production per m<sup>3</sup> of canopy; but the fruits have a lower average mass under 'SCS 453 Nasato'.

- 'HFD11 EEI' has a semi-dwarfing effect and 'Flying Dragon' has a dwarfing effect, both inducing a high production per m<sup>3</sup> of canopy to 'Murcott', but the second induces a lower average fruit mass.

## References

BRUNETTO, G.; ERNANI, P.R.; M E L O , G.W.B.; NAVA, G. *Frutíferas In.:* SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de**

**calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina /** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

BRUGNARA, E.C.; SABIÃO, R.R. Effect of seventeen rootstocks on young 'Valência' sweet orange performance in western Santa Catarina, Brazil. **Agriscientia**, v.38, n.1, p.51-57, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v38.n1.27977>

BRUGNARA, E. C.; SABIÃO, R. R.; MARO, L.A.C. Porta-enxertos para tangerineiras em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.34, n.3, p.20-22, 2021.

FIGUEIREDO, J.O.; DE NEGRI, J.D.; MATTOS JUNIOR, D.; PIO, R.M.; AZEVEDO, F.A.; GARCIA, V.X.P. Comportamento de 16 porta-enxertos para o tanger Murcott na região de Itirapina-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.76-78, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100022>.

GARNSEY, S.M.; CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H.; ROUSE, R.E.; WUTSCHER, H.K.; KESINGER, M.C. Budunion incompatibility and associated declines observed in Florida among trees on Swingle citrumelo and other trifoliolate orange-related rootstocks. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.114, p.121-127, 2001. Disponível em: <<https://journals.flvc.org/fshs/article/viewFile/86391/83307>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

GONZATTO, M.P.; KOVALESKI, A.P.; BRUGNARA, E.C.; WEILER, R.L.; SARTORI, I.A.; LIMA, J.G.; BENDER, R.J.; SCHWARZ, S.F. Performance of 'Oneco' mandarin on six rootstocks in South Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.406- 411, 2011.

- DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400010>.
- GONZATTO, M.P.; OLIVEIRA, R.P.; SOUZA, E.L.S.; SCHWARZ, S.F.; SOUZA, P.V.D. Porta-enxertos. In: EFRON, C.F.S.; SOUZA, P.V.D. (Org.) **Citricultura do Rio Grande do Sul**: indicações técnicas. 1. ed. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - SEAPI; DDPA, 2018. p.35-58.
- JELIHOVSCHI, E.G.; FARIA, J.C.; ALLAMAN, I.B. ScottKnott: A Package for Performing the Scott-Knott Clustering Algorithm in R. **Trends in Applied and Computational Mathematics**, v.15, n.1, p.3-17, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5540/tema.2014.015.01.0003>.
- KOLLER, O.C.; KOLLER, O.L.; SOPRANO, E.; ANDREOLA, F. Manejo do pomar. In: KOLLER, O.L. (Org.). **Citricultura Catarinense**. Florianópolis: Epagri, 2013. p.277- 310.
- KOLLER, O.L.; SOPRANO, E. Principais cultivares cítricos. In: KOLLER, O.L. (Org.). **Citricultura Catarinense**. Florianópolis: Epagri, 2013. p.277-310.
- MEDINA FILHO, H.P.; BORDIGNON, R.; SIQUEIRA, W.J.; FEICHTENBERGER, E.; CARVALHO, M.R.T.; TEÓFILO SOBRINHO, J. Resistência de clones e híbridos de porta-enxertos de citros à gomose de tronco causada por *Phytophthora parasitica*. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.5, p.534-540, 2003. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582003000500011>.
- MARINHO, C.S.; SOUZA, M. Efeitos da produção e do desbaste na entressafra do tanger Murcott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.3, p.293-296, 1997.
- PIO, R.M.; FIGUEIREDO, J.O.; STUCHI, E.S.; CARDOSO, S.A.B. Variedades copa. In: MATTOS JR. DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Org.). **Citros**. 1 ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fapesp, 2005. p.37-60.
- PORTO, O.M.; SOUZA, E.L.S. Comportamento da laranjeira Valência sobre 36 porta-enxertos no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais[...]** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1984. v.2, p.592-599.
- POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos para citros. In: RODRIGUEZ, O. et al. (Ed.). **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991, v.1, p.265-280.
- POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.G.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico, 2005. p.63-106.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 22 out. 2022.
- SAMRA, B.N.; SHALAN, A.M. Effect of hand thinning on yield and fruit quality of “Murcott” tanger. **Plant Production**, v.5, n.8, p.1433-1440, 2014. DOI: <https://doi.org/10.21608/JPP.2014.64668>.
- SOUZA, E.L.S.; PORTO, O.M.; RECK, S.R.; BRAUN, J. Comportamento do tanger ‘Murcote’ em 12 porta-enxertos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.14, n.3, p.105-112, 1992.
- SMITH, P.F. Collapse of ‘Murcott’ tangerine trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.101, n.1, p.23-25, 1976. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.101.1.23>.
- TOPLU, C.; UYGUR, V.; KAPLANKIRAN, M.; DEMIRKESER, T.H.; YILDIZ, E. Effect of citrus rootstocks on leaf mineral composition of ‘Okitsu’, ‘Clausellina’, and ‘Silverhill’ mandarin cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.35, n.9, p.1329-1340, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1080/01904167.2012.684125>.
- YONEMOTO, Y.; MATSUMOTO, K.; FURUKAWA, T.; ASAKAWAD, M.; OKUDA, H.; TAKAHARA, T. Effects of rootstock and crop load on sap flow rate in branches of ‘Shirakawa Satsuma’ mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). **Scientia Horticulturae**, v.102, n.3, p.295–300, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.02.005>.
- VELLAME, L.M.; COELHO, R.D.; TOLENTINO, J.B. Transpiração de plantas jovens de laranjeira ‘valência’ sob porta-enxerto limão ‘cravo’ e citrumelo ‘swingle’ em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.1, p.24-32, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100006>.
- VITTI, M.R.; DE ROSSI, A.; RUFATTO, R.; VISENTIN, M.; MENDEZ, M.H.G. Época e intensidade de florescimento da laranja Valência enxertada sobre dois porta-enxertos de acordo com a distribuição pelos quadrantes em três ciclos produtivos **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.4, p.343-346, 2003.
- WHEATON, T.A.; CASTLE, W.S.; WHITNEY, J.D.; TUCKER, D.P.H. Performance of Citrus Scion Cultivars and Rootstock in a High-density Planting. **HortScience**, v.26, n.7, p.837-840, 1991. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.7.837>

# Multi-character nutraceutical selection aiming for the ideal wheat genotype

Tamires Silveira Martins<sup>1</sup>, Ivan Ricardo Carvalho<sup>2</sup>, Kassiana Kehl<sup>3</sup>, Willyan Júnior Adorian Bandeira<sup>2</sup>, Leonardo Cesar Pradebon<sup>4</sup>, Murilo Vieira Loro<sup>4</sup> and Marlon Vinicius da Rosa Sarturi<sup>2</sup>

**Abstract** – Wheat consumption represents a large part of human diet. The quality of wheat grains and derived products depends on the genotype and its interaction with the environment. This work aimed to identify the effects of different wheat genotypes grown in different environments, performing nutraceutical multitrait selection, seeking the wheat ideotype based on wheat quality indicators. In total, 16 wheat genotypes were evaluated in five environments, using two sowing times. The contents of proteins, lipids, fibers, mineral material, and carbohydrates were evaluated. The residual or restricted maximum likelihood/best linear unbiased prediction (REML/BLUP) methodology was used to estimate variance components and genetic parameters. Moreover, the multi-trait genotype-ideotype distance index (MGIDI) was used to select the genotypes that demonstrated superiority. Except for the lipid content, high values of genotypic variance were identified. FPS Certero, ORS 1403, LG Prisma, and Tbio Iguaçú genotypes, conducted in São Gabriel and Cachoeira do Sul, met the sought ideotype during the first sowing time. FPS Certero, Tbio Tibagi, and LG Supra genotypes were superior when conducted in the Santo Augusto environment during the second sowing time.

**Index terms:** *Triticum aestivum* L., ideotype, different environments, quality indicators.

## Seleção multicaráter nutracêutica visando o genótipo ideal de trigo

**Resumo** – O consumo de trigo e derivados representa uma grande parte da dieta humana. A qualidade dos grãos de trigo e dos produtos derivados depende do genótipo e da sua interação com o ambiente. Este estudo teve o objetivo de identificar os efeitos de diferentes genótipos de trigo cultivados em ambientes, associando a seleção multicaráter nutracêutica buscando o ideótipo de trigo com base em indicadores de qualidade do trigo. Foram avaliados 16 genótipos de trigo em 5 ambientes, utilizando duas épocas de semeadura. O conteúdo de proteínas, lipídios, fibras, material mineral e carboidratos foram avaliados. O método REML/BLUP foi utilizado para estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos. Além disso, O índice MGIDI foi utilizado para selecionar os genótipos que demonstraram superioridade. Exceto para o teor de lipídios, altos valores de variância genotípica foram identificados. Os genótipos FPS Certero, ORS 1403, LG Prisma e Tbio Iguaçú, conduzidos em São Gabriel e Cachoeira do Sul, foram de encontro ao ideótipo para a primeira época de semeadura. Os genótipos FPS Certero, Tbio Tibagi e LG Supra também foram superiores, considerando o ambiente de Santo Augusto, para a segunda época de semeadura.

**Termos de Indexação:** *Triticum aestivum* L.; ideótipo; diferentes ambientes; indicadores de qualidade.

## Introduction

The consumption of wheat grains represents more than 40% of the global human diet (SHEWRY, 2009). Grains are composed of three distinct parts: bran (outer layer), endosperm (part that contains most food reserves),

and germ (embryo) (ASHRAF, 2014). Starch is the main constituent of the endosperm, varying from 60 to 75% based on dry weight (SHEWRY et al., 2013), whereas the protein content of wheat grains varies from 8 to 20% (DUPONT & ALTENBACH, 2003). The lipid and mineral content are around

1.5% (ASHRAF, 2014). In this sense, the quality of wheat grains is defined by the concentrations and compositions of protein and starch (JERNIGAN et al., 2017).

However, the quality of wheat grains depends on the genotype (MOURA et al., 2022) and its interaction with the

Received on 30 May 2023. Accepted for publication on 26 Oct. 2013.

Section editor: Alexsander de Andrade

<sup>1</sup>Instituto de Biologia, Universidade de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil

<sup>2</sup>Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí, RS, Brazil

<sup>3</sup>Fundação Pró-Sementes (FPS), Passo Fundo, RS, Brazil

<sup>4</sup>Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brazil

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1743>

environment (SEGATTO et al., 2022), so that environments in unfavorable conditions lead to a reduction in levels of various compounds in grains (ZAHRA et al., 2022). Singh et al. (2012) report that low water availability decreases the protein content of wheat grains by 7.4%. High temperatures, on the other hand, decrease carbohydrate (SATTAR et al., 2020) and amino acid (AIQING et al., 2018) contents, being accentuated when these stresses occur in the reproductive stage (ASHRAF, 2014). In addition, such conditions significantly decrease crop productivity (ZAHRA et al., 2022).

Previous studies indicate that traits such as crude protein and mineral material show low magnitudes of heritability, that is, such factors are

strongly influenced by the cultivation environment (CARVALHO et al., 2019). In this context, understanding the magnitude of genetic and environmental effects on the nutritional composition of grains is a key element to acquire the necessary information to promote advances in genetic improvement by defining favorable environments (SZARESKI et al., 2017). In addition, there is a growing demand for products with higher protein, fiber, and mineral content.

In this context, this work aimed to identify the effects of various wheat genotypes grown in different environments, performing nutraceutical multi-trait selection to determine the wheat ideotype based on quality indicators.

## Material and Methods

The experiments were conducted during the 2019 agricultural season in five different locations, each representing a different wheat region, in the following municipalities: Cachoeira do Sul – RS, Cruz Alta – RS, Santo Augusto – RS, São Gabriel – RS, and Vacaria – RS (Table 1). In total, 16 wheat genotypes were sown, namely: BRS 327, BRS Parrudo, Celebra, Esporão, Estrela Atria, FPS Certero, Jadeite 11, Marfim, Mirante, ORS 1403, ORS 1405, Quartzo, Tbio Iguacú, Tbio Tibagi, LG Prisma, and LG Supra. The experimental design employed was randomized blocks, with a 10×16 factorial scheme (10 environments × 16 genotypes), with three replications. Each experimental

Table 1. Description of sowing environments and genotypes employed.

Tabela 1. Descrição dos ambientes de semeadura e genótipos utilizados.

Environment ID	Sowing environment <sup>(1)</sup>		Coordinate	Altitude (m)	Soil <sup>(2)</sup>
	Municipality of RS	Sowing time (2019)			
E1	Cachoeira do Sul	1st half of May	30°17'52"S, 52°57'54"W	113	Eutrophic Haplic Planosol (Alfisol)
E2	Cruz Alta	1st half of May	28°38'19"S, 53°36'23"W	452	Dystrophic Red Latosol (Oxisol)
E3	Santo Augusto	1st half of May	27°54'47"S, 53°49'04"W	503	Dystrophic Red Latosol (Oxisol)
E4	São Gabriel	1st half of May	30°20'09"S, 54°10'21"W	159	Eutrophic Haplic Planosol (Alfisol)
E5	Vacaria	1st half of May	28°30'44"S, 50°56'02"W	971	Bruno Latosol (Oxisol)
E6	Cachoeira do Sul	2nd half of June	30°17'52"S, 52°57'54"W	113	Eutrophic Haplic Planosol (Alfisol)
E7	Cruz Alta	2nd half of June	28°38'19"S, 53°36'23"W	452	Dystrophic Red Latosol (Oxisol)
E8	Santo Augusto	2nd half of June	27°54'47"S, 53°49'04"W	503	Dystrophic Red Latosol (Oxisol)
E9	São Gabriel	2nd half of June	30°20'09"S, 54°10'21"W	159	Eutrophic Haplic Planosol (Alfisol)
E10	Vacaria	2nd half of June	28°30'44"S, 50°56'02"W	971	Bruno Latosol (Oxisol)

<sup>(1)</sup>RS, state of Rio Grande do Sul, Brazil. <sup>(2)</sup> Source: Santos *et al.* (2013) and Streck *et al.* (2008).



unit consisted of 5 spaced sowing rows, 20cm and 5m long. Sowing was conducted simultaneously for all genotypes within each environment, adhering to the agricultural zoning recommended for each region and considering two evaluated sowing times. Nutritional management consisted of applying 250kg ha<sup>-1</sup> of NPK 08-25-20 at the base of sowing, and 50kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen per cover in the form of urea (46% of N) as a single application during the full tillering stage. Crops were managed agronomically to avoid damage from weeds, insect pests and diseases. Management was standardized for all environments and genotypes.

The contents of proteins (PTN, %), lipids (LIP, %), fibers (FIB, %), mineral material (MM, %), and carbohydrates (CHO, %) were evaluated. In addition, meteorological variables, including mean air temperature (T2M, °C), minimum air temperature (TMIN, °C), maximum air temperature (T2MAX, °C), precipitation (PREC, mm), relative humidity at 2m (RH2M, %), and altitude (ALT, m) were obtained using the NASAPOWER data package (NASA POWER, 2022) for the crop cycle to provide further context for the obtained results.

To meet the assumptions of the model, additivity, homogeneity, and normality of the residual variances were assessed using the Shapiro-Wilk and Bartlett tests to make errors independent. Subsequently, a descriptive analysis was performed using heat maps to explain the performance of each genotype in each environment, stratifying the results for each of analyzed variable.

A deviance test was performed using the chi-square test at a 5% error probability to identify the most adjusted linear model for the study. Variance components and genetic parameters were obtained using the residual or

restricted maximum likelihood/best linear unbiased prediction (REML/BLUP) methodology, following the model proposed by Olivoto *et al.* (2019). The model proposed is represented as  $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij}$ , where  $y_{ijk}$  represents the response variable of the k-th block of the i-th genotype in the j-th environment;  $\mu$  denotes the overall mean;  $\alpha_i$  represents the main effect of the i-th genotype;  $\tau_j$  represents the main effect of the j-th environment; and  $(\alpha\tau)_{ij}$  represents the interaction effect of the i-th genotype with the j-th environment. The multi-trait genotype-ideotype distance index (MGIDI) was used to select the genotypes that demonstrated superiority, considering the multiple characteristics evaluated (OLIVOTO & NARDINO, 2020). The sought ideotype was wheat plants with grains exhibiting low levels of fiber and mineral material, and high levels of proteins, lipids, and carbohydrates. To assess dissimilarity between genotypes, a dissimilarity test was conducted, considering the Euclidean distance between individuals. Moreover, to estimate the association between the studied variables, a correlation analysis was performed. All analyses were conducted using the R software (R CORE TEAM, 2022).

## Results and discussion

During the first sowing time, from May 15 to September 30, precipitation totaled 467.38 mm in the Cachoeira do Sul municipality, being recorded at 358.69mm in Cruz Alta, 407.32 mm in Vacaria, 288.93mm in Santo Augusto, and 358.69 mm in São Gabriel (Figure 1). Conversely, during the second sowing time, from June 15 to October 31, Cachoeira do Sul recorded 467.38mm of accumulated precipitation, Cruz Alta 554.1mm, Vacaria 432.49mm, Santo Augusto 356.72mm, and São Gabriel 455.29mm (Figure 1). Thus, considering

that the adequate water requirement for the wheat crop ranges from 450 to 600mm (DOORENBOS & KASSAM, 1979), only the Cachoeira do Sul environment, during the first sowing time, met this criterion. However, during the second sowing time, only the Vacaria and Santa Augusto environments failed to reach the minimum requirement of 450mm (Figure 1).

Wheat exhibits an ideal temperature range for its development of 12 to 15°C (GUARIENTI *et al.*, 2004). Elevated temperatures have been found to negatively affect plant growth, reducing productivity (DJANAGUIRAMAN *et al.*, 2020) and quality of wheat grains (LIU *et al.*, 2017). Among the evaluated environments during the first growing season, only Santo Augusto recorded a mean temperature above the ideal range (15.9°C), whereas Vacaria exhibited the lowest mean temperature at 12.7°C.

In the second growing season, all environments recorded higher mean temperatures compared to the first season (Figure 1). Only the Vacaria environment showed an ideal mean temperature for wheat development. The highest mean temperatures were found in the Santo Augusto (17.12°C) and São Gabriel (17.83°C) environments. Research has shown that a 1°C increase in minimum or maximum temperatures during the wheat harvest can decrease global wheat production by 5.6% (LOBELL & FIELD, 2007). Likewise, other studies have indicated that a 1°C increase in temperature during the reproductive stages can decrease wheat grain yield by 21% (BARKLEY *et al.*, 2011).

The variance components and estimated genetic parameters for wheat genotypes (Supplementary Table 1; Supplementary Figure 1) show high genotypic correlation ( $\sigma_G$ ) values, mainly for protein, mineral material, and carbohydrate contents.

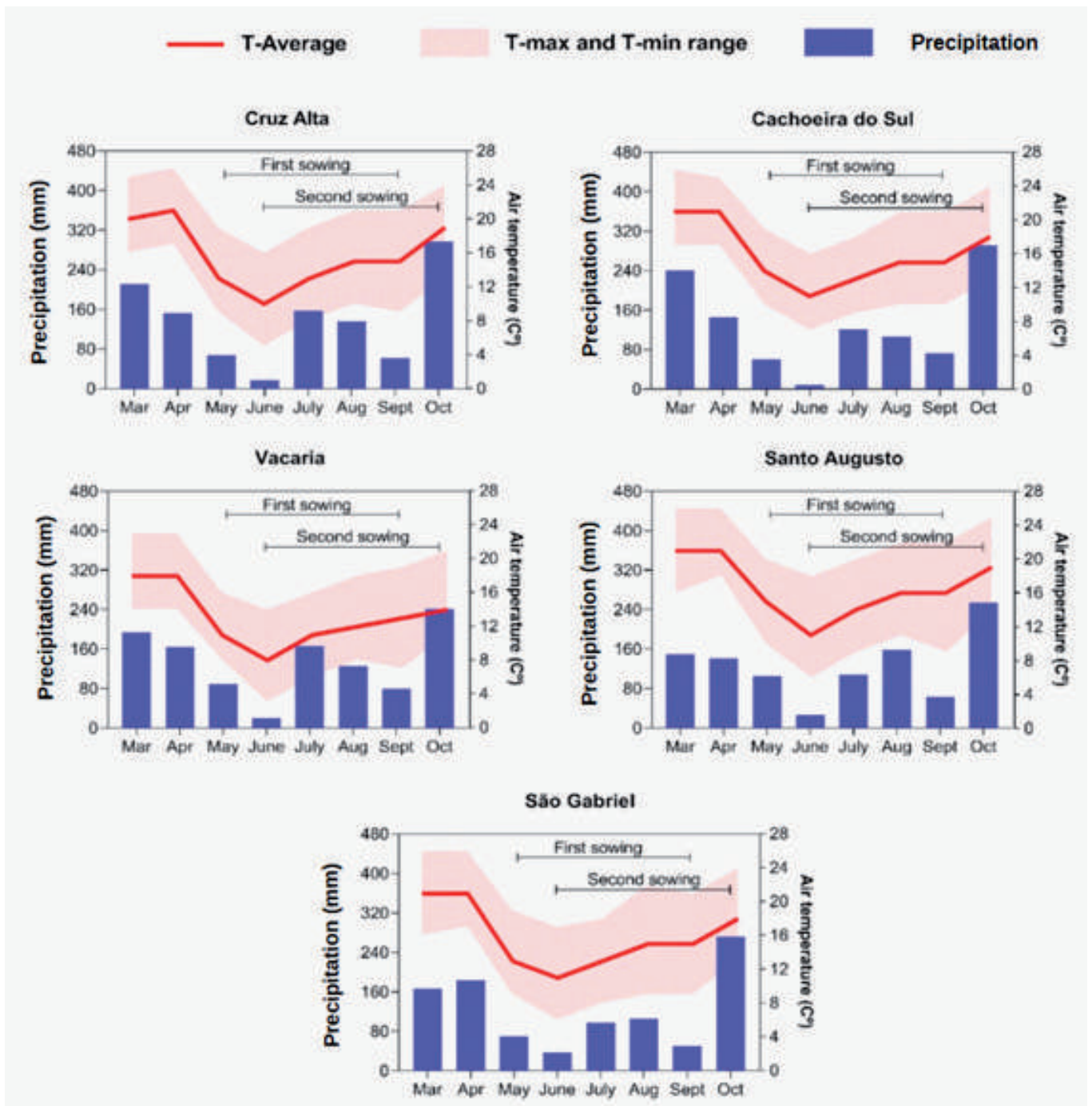


Figure 1. Precipitation (mm), minimum (°C), mean (°C), and maximum (°C) air temperature during the first (May 15 to September 30/2019) and second (June 15 to October 31/2019) wheat sowing times in Cruz Alta, Cachoeira do Sul, Vacaria, Santo Augusto, and São Gabriel environments

Figura 1. Precipitação (mm), temperatura mínima (°C), média (°C) e máxima (°C) durante o primeiro (15 de maio a 30 de setembro/2019) e segundo (15 de junho a 31 de outubro/2019) período de semeadura de trigo nos ambientes Cruz Alta, Cachoeira do Sul, Vacaria, Santo Augusto e São Gabriel

Slightly higher environmental variance values ( $\sigma_A$ ) were observed for lipid and fiber contents. The estimated heritability values reinforce these variance components, with narrow-sense heritability values exceeding

0.95 for protein, mineral material, and carbohydrate contents, in addition to values exceeding 0.90 for lipid and fiber contents. According to Resende (2021), individual heritabilities can be classified as low ( $0.01 < h^2 < 0.15$ ), medium

( $0.15 < h^2 < 0.50$ ), and high ( $h^2 > 0.50$ ).

Figure 2 illustrates the BLUP for the evaluated nutraceutical traits across 16 wheat genotypes grown in different environments and two sowing dates. Protein concentration in wheat grains

is an important factor in determining the price of grains (BARNEIX, 2007). Consequently, breeders have aimed to enhance protein concentration in wheat grains for several decades (MOORE et al., 2015), as it is a genotype-dependent trait. The highest protein concentrations (PTN) were found in BRS 327, BRS Parrudo, and Marfim cultivars (Figure 2A). In addition, this characteristic is highly influenced by the environment (FILIP et al., 2023). Particularly, fertilizers and temperature affect protein amount, composition, and/or polymerization (DUPONT & ALTENBACH, 2003). The environments with the highest levels of PTN were Santa Augusto (second sowing time) and Cruz Alta (first sowing time), both showing temperatures above appropriate levels (Figure 1). However, this response can be explained by adequate nitrogen fertilization and water availability, as these factors can attenuate the negative effects of increasing temperature on PTN concentration in wheat. For example, DuPont et al. (1998) reported no decrease in PTN in wheat plants grown under temperature regimes of 24/17°C or 37/17°C when post-anthesis fertilizers were applied and plants were well-hydrated. Conversely, without post-anthesis fertilizer application, a decrease in PTN content and composition changes were observed under conditions of increased temperature (DUPONT et al., 2000).

For lipid contents (LIP), significant genotypic variation was identified for lipid concentrations among cultivars (Figure 2B), with emphasis on the Tbio Iguacú, ORS 1403, and Mirante genotypes, while the BRS 327 and BRS Parrudo genotypes exhibited the lowest levels of LIP. These results corroborate the study by Moore et al. (2015), suggesting the potential for developing wheat varieties with high oil content, and the repeatability of genotypic differences with a wide genetic diversity

that allows for development and selection of populations. Increasing lipid content may be important for food nutrition, as it holds potential for increasing glycolipid compositions and reducing the need for milling additives such as emulsifiers (CHUNG et al., 2009). Moreover, elevated lipid levels present an opportunity for developing animal feeds with higher caloric value (MOORE et al., 2015).

The LIP contents were significantly influenced by the cultivation environment (Figure 2B), with the highest contents found in the São Gabriel environment during both sowing times. This observation can be explained by the higher temperatures in these environments during both periods, as high temperatures increase LIP levels (IMPA et al., 2020;2021). Conversely, the lowest LIP contents were found in Cruz Alta and Vacaria during the first sowing time.

Regarding fiber content (FIB), variation between genotypes was evident, with the highest values found for FPS Certero and ORS 1405 (Figure 2C). The environments that contributed the most to the increase in FIB contents were Santo Augusto during the first cultivation period and São Gabriel during both periods. On the other hand, the environments of Cruz Alta and Santo Augusto during the second sowing time showed minimal contribution to the increase in FIB contents in wheat grains.

The highest mineral material (MM) contents were found in the BRS 237 and BRS Parrudo genotypes, whereas the lowest levels were found in ORS 1405, Mirante, Tbio Iguacu, and Quartzo (Figure 2D). Moreover, Cruz Alta and Santo Augusto environments, during the second sowing date, contributed to an increase in MM contents (Figure 2D). Conversely, São Gabriel (second sowing time) and Cachoeira do Sul (first cultivation period) environments

negatively impacted the accumulation of MM contents in wheat grains.

Carbohydrates serve as the main source of energy for maintenance and are essential in human and animal nutrition (BIEL et al., 2020). Therefore, maintaining high levels of carbohydrate in grains is necessary to maintain a high nutritional value (da SILVA et al., 2020). However, stress conditions during plant cultivation can decrease carbohydrate levels (de SANTIS et al., 2021). Low water availability is one of the main factors that result in the reduction of starch contents in grains (THITISAKSAKUL et al., 2012). In this study, one of the environments that most contributed to the increase in carbohydrate (CHO) levels was Cachoeira do Sul during both sowing times (Figure 2E), mainly due to its water conditions being close to ideal for wheat cultivation (Figure 1). In addition, the São Gabriel environment also contributed to the increase in CHO levels in wheat grains. Both environments have lower altitudes compared to the others evaluated (Table 1), which may have influenced the increase in CHO levels, as a negative correlation was found between the increase in altitude and the CHO content. Conversely, the environment that least contributed to the increase in CHO levels was Cruz Alta during both sowing times (Figure 2E). This result is in line with those found by Do Nascimento et al. (2020) and Mohammadzadeh et al. (2011), which suggested that an increase in protein content in wheat grains may be associated with a decrease in CHO content. Regarding the cultivars, Tbio Iguacú, ORS 1405, and Mirante stood out, showing the highest CHO contents.

Figure 3 shows the strengths and weaknesses of the selected genotypes, based on the prediction of genetic gains by FA 1 and FA 2 factors (OLIVOTO & NARDINO, 2020). In this sense, it is observed that some of the genotypes

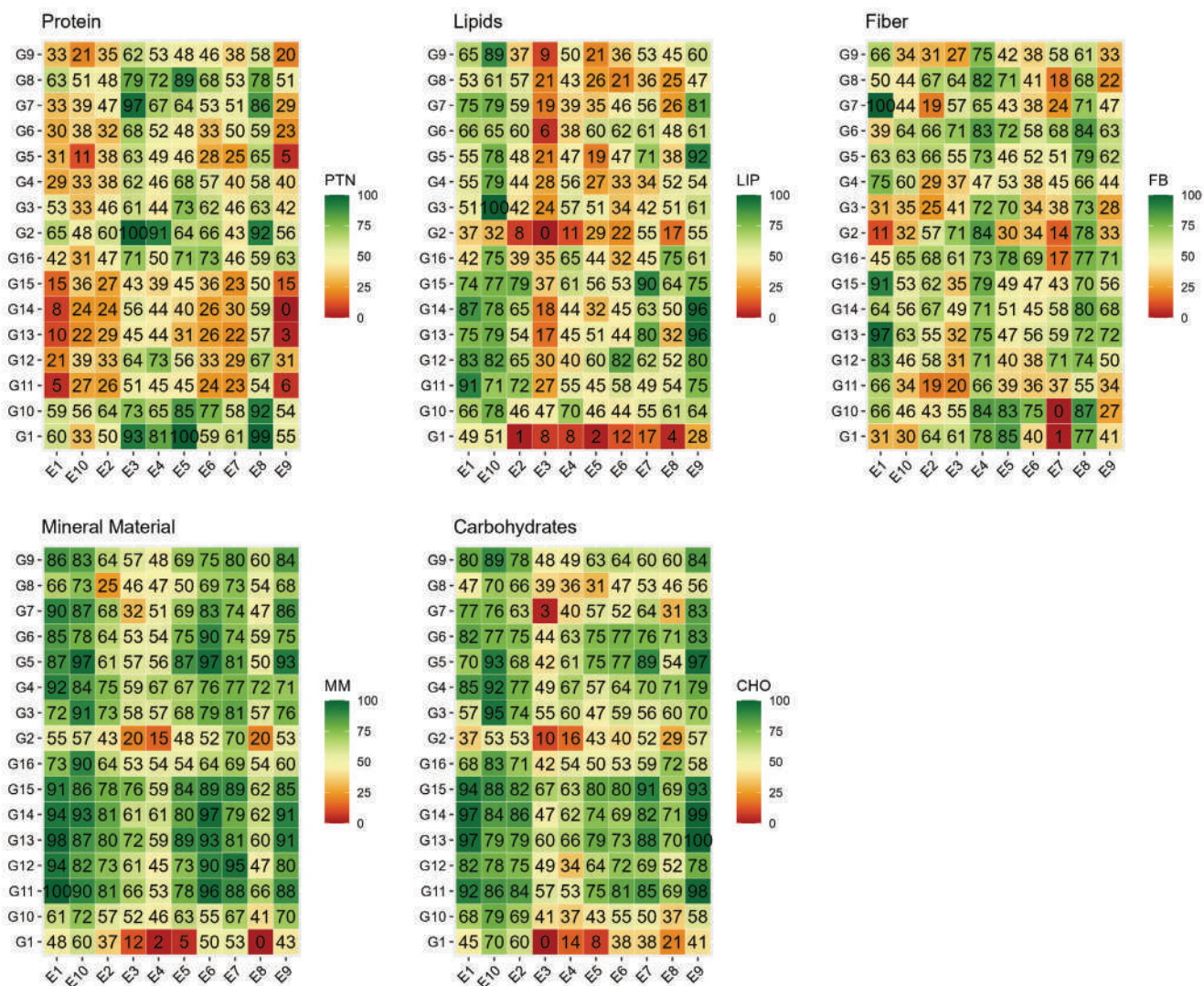


Figure 2. Heatmap for best linear unbiased prediction (BLUP) for protein (PTN), lipid (LIP), fiber (FIB), mineral material (MM), and carbohydrates (CHO) traits for wheat genotypes grown in different environments and sowing times. Each wheat genotype is represented by a designated ID, being G1: BRS 327, G2: BRS Parrudo, G3: Celebra, G4: Esporão, G5: Estrela Atria, G6: FPS Certero, G7: Jadeite 11, G8: Marfim, G9: Mirante, G10: ORS 1403, G11: ORS 1405, G12: Quartzo, G13: Tbio Iguaçú, G14: Tbio Tibagi, G15: LG Prisma and G16: LG Supra. E1: Cachoeira do Sul (1); E2: Cruz Alta (1); E3: Santo Augusto (1); E4: São Gabriel (1); E5: Vacaria (1); E6: Cachoeira do Sul (2); E7: Cruz Alta (2); E8: Santo Augusto (2); E9: São Gabriel (2); and E10: Vacaria (2)

Figura 2. Heatmap para o BLUP dos caracteres proteínas (PTN), lipídeos (LIP), fibras (FIB), material mineral (MM) e carboidratos (CHO) para genótipos de trigo conduzidos em diferentes ambientes e épocas de semeadura. G1: BRS 327, G2: BRS Parrudo, G3: Celebra, G4: Esporão, G5: Estrela Atria, G6: FPS Certero, G7: Jadeite 11, G8: Marfim, G9: Mirante, G10: ORS 1403, G11: ORS 1405, G12: Quartzo, G13: Tbio Iguaçú, G14: Tbio Tibagi, G15: LG Prisma e G16: LG Supra. E1: Cachoeira do Sul (1); E2: Cruz Alta (1); E3: Santo Augusto (1); E4: São Gabriel (1); E5: Vacaria (1); E6: Cachoeira do Sul (2); E7: Cruz Alta (2); E8: Santo Augusto (2); E9: São Gabriel (2); E10: Vacaria (2)

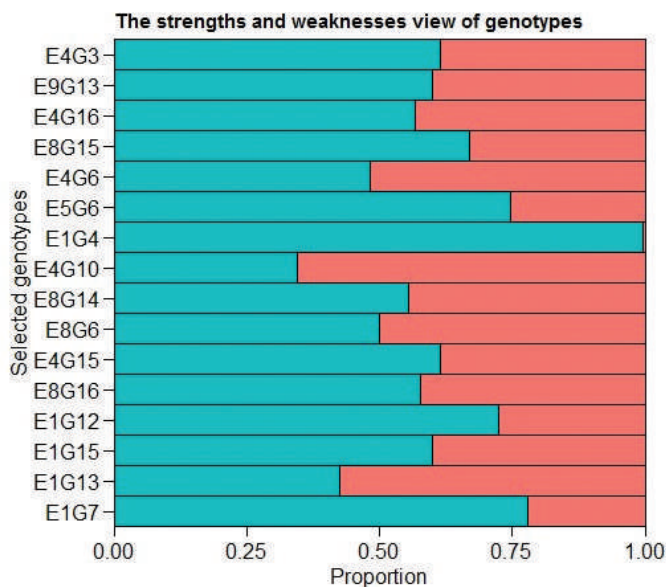
showed characteristics that were against the sought ideotype in the study, which consists of wheat genotypes with high levels of proteins, lipids, and carbohydrates and low levels of fiber and mineral material. This was the case with the FPS Certero and ORS 1403 genotypes, conducted in São Gabriel, and the LG Prisma and Tbio Iguaçú

genotypes conducted in Cachoeira do Sul during the first sowing time.

The FPS Certero, Tbio Tibagi, and LG Supra genotypes also showed characteristics of interest (Figure 3) when cultivated in the Santo Augusto environment during the second sowing date. On the other hand, considering the first sowing date, the genotypes

Esporão, Quartzo, and Jadeite 11 cultivated in Cachoeira do Sul, and the genotype FPS Certero cultivated in Vacaria, did not meet the desired agronomic ideotype due to their high fiber content.

Figure 4 shows the dendrogram formed from the contents found for the nutritional trait contents of 16 wheat



Traits	Factor	Xo	Xs	Sd	h <sup>2</sup>	Sense
MM	FA 1	1.710	1.680	-0.031	0.985	decrease
PTN	FA 1	14.400	13.900	-0.551	0.991	increase
LIP	FA 1	1.480	1.640	0.165	0.965	increase
CHO	FA 1	58.200	59.000	0.842	0.992	increase
FB	FA 2	2.660	2.460	-0.199	0.965	decrease

Figure 3. Strengths and weaknesses of selected genotypes for proteins (PTN), lipids (LIP), fibers (FIB), mineral material (MM), and carbohydrates (CHO) traits of 16 wheat genotypes grown in 10 different environments

Figura 3. Pontos fortes e fracos dos genótipos selecionados para os caracteres de proteínas (PTN), lipídeos (LIP), fibras (FIB), material mineral (MM) e carboidratos (CHO) de 16 genótipos de trigo cultivados em 10 diferentes ambientes

genotypes, using the Euclidean distance between the genotypes to delineate two distinct groups and two subgroups. It can be observed that the genotypes of group 1 (Tbio Iguacu, Quartzo, Mirante, ORS 1405, Estrela, LG Supra, QRS 1403, Certoiro, and Esporão) stood out in terms of lipids and carbohydrates, while presenting lower levels of mineral material. Conversely, the genotypes in group 2 (BRS 327, BRS Parrudo, LG Prisma, Marfim, Jadeite 11, Celebra, and Tbio Tibagi) showed elevated levels of protein and mineral material, with lower levels of lipids and carbohydrates.

Correlations can be positive, indicating that both variables vary in the same direction, or negative, indicating that one variable increases while the other decreases. The

correlation coefficients are classified according to the value of  $r$ , representing their magnitude. A null correlation corresponds to  $r=0.00$ , a weak correlation ranges from  $r=0.00$  to  $r=0.30$ , mean correlation from  $r=0.31$  to  $r=0.60$ , a strong correlation from  $r=0.61$  to  $r=0.90$ , a very strong correlation from  $r=0.91$  to  $r=0.99$ , and a perfect correlation when  $r=1.0$  (CARVALHO et al., 2004).

In the study, a very strong positive correlation was observed between the variables minimum temperature and mean temperature, in addition to a very strong negative correlation between protein and carbohydrate contents (Table 2). Furthermore, a strong positive correlation was identified between the levels of protein and

mineral material, as well as between the levels of lipids and mineral material. Moreover, strong negative correlations were observed between the levels of proteins and lipids, lipids and mineral material, carbohydrates and mineral material, precipitation and maximum temperature, radiation and maximum temperature, and altitude and minimum temperature.

## Conclusions

- Except for the lipid content, high genotypic variance was identified for all characters studied;

- The FPS Certero and ORS 1403 genotypes, conducted in São Gabriel, and the LG Prisma and Tbio Iguacu genotypes, conducted in Cachoeira do Sul during the first sowing time, met the sought ideotype;

- During the second sowing time, the FPS Certero, Tbio Tibagi, and LG Supra genotypes also showed characteristics of interest when grown in the Santo Augusto environment.

## References

AIQING, S.; SOMAYANDA, I.; SEBASTIAN, S.V.; SINGH, K.; GILL, K.; PRASAD, P.V.V.; JAGADISH, S.K. Heat stress during flowering affects time of day of flowering, seed set, and grain quality in spring wheat. **Crop Science**, v.58, n.1, p.380-392, 2018.

ASHRAF, M. Stress-induced changes in wheat grain composition and quality. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.54, n.12, p.1576-1583, 2014.

BARKLEY A.; TACK, J.; NALLEY, L.L.; BERGTOLD, J.; BOWDEN, R.; FRITZ, A. Weather, disease, and wheat breeding effects on Kansas wheat varietal yields, 1985 to 2011. **Agronomy Journal**,

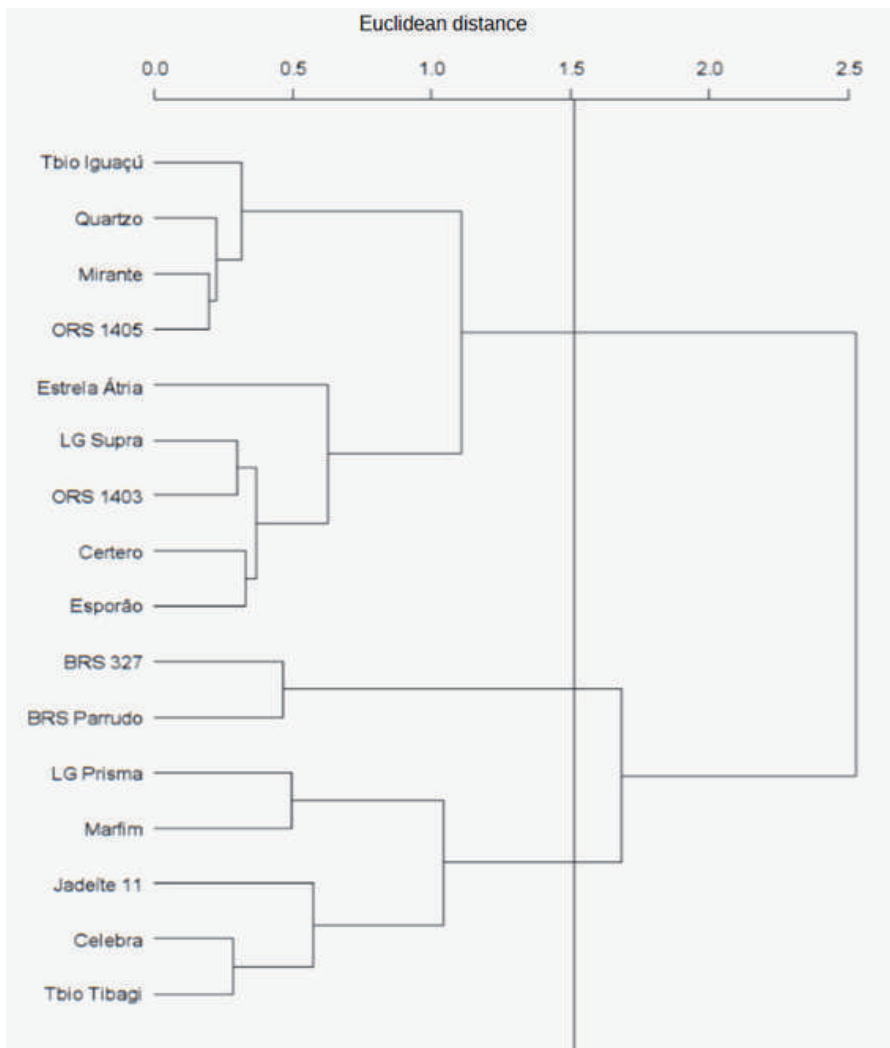


Figure 4. Dendrogram of genetic distances resulting from the cluster analysis of 16 wheat genotypes using the Euclidean distance method (based on nutritional trait contents) as a measure of genetic distance

Figura 4. Dendrograma das distâncias genéticas, resultante da análise do agrupamento de 16 genótipos de trigo, utilizando a distância Euclidiana (com base nos caracteres nutricionais) como medida de distância genética

v.106, n.1, p.227-235, 2014.

BARNEIX, A.J. Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain. **Journal of Plant Physiology**, v.164, n.5, p.581-590, 2007.

BIEL, W.; KAZIMIERSKA, K.; BASHUTSKA, U. Nutritional value of wheat, triticale, barley and oat grains. **Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica**, v.19, n.2, p.19-28, 2020.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCERTI, C.; CHUNG, O.K.; OHM, J.B.; RAM, M.S.;

BENIN, G. **Estimates and Implications of Correlation**. Pelotas. Ed. Universitária da UFPEL, 2004. 142p.

CARVALHO, I.R.; da SILVA, J.A.G.; FERREIRA, L.L.; BUBANS, V.E.; BARBOSA, M.H.; MAMBRIN, R.B.; FACHI, S.M.; CONTE, G.G.; de SOUZA, V.Q. Heritability profiles defined by hierarchal models and Artificial Neural Networks for dual-purpose wheat attributes. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 3, p. 1-16, 2019.

PARK, S.H.; HOWITT, C.A. Wheat lipids. **Chemistry and Technology**, v.10, p.363-399, 2009.

DE SANTIS, M.A.; SOCCIO, M.; LAUS, M.N.; FLAGELLA, Z. Influence of drought and salt stress on durum wheat grain quality and composition: A review. **Plants**, v.10, n.12, p.1-20, 2021. DJANAGUIRAMAN, M.; NARAYANAN, S.; ERDAYANI, E.; PRASAD, P.V.V. Effects of high temperature stress during anthesis and grain filling periods on photosynthesis, lipids and grain yield in wheat. **BMC Plant Biol**, v. 20, n. 268, p.1-12, 2020.

do NASCIMENTO SILVA, A.; RAMOS, M.L.G.; JÚNIOR, W.Q.R.; de ALENCAR, E.R.; da SILVA, P.C.; de LIMA, C.A.; VINSON, C.C.; SILVA, M.A.V. Water stress alters physical and chemical quality in grains of common bean, triticale and wheat. **Agricultural Water Management**, v.231, 106023, p.1-10, 2020.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage, paper 33)

DUPONT, F.M.; ALTENBACH, S.B. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. **Journal of Cereal Science**, v.38, n.2, p.133-146, 2003.

DUPONT, F.M.; ALTENBACH, S.B.; CHAN, R.; CRONIN, K.; LIEU, D. Interactions between fertilizer, temperature and drought in determining flour composition and quality for bread wheat. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP GLUTEN 2000, 7th, Bristol, UK, 2000. Proceedings[...]*. p.488-491. 2000.

DUPONT, F.M.; CHAN, R.; ALTENBACH,

Table 2. Pearson's linear correlation for the variables proteins (PTN), lipids (LIP), fibers (FIB), mineral material (MM), carbohydrates (CHO), mean temperatures (T2M), maximum temperatures (T2MAX), minimum temperatures (TMIN), total precipitation (PREC), relative humidity (RH2M), and altitude (ALT), considering 16 wheat genotypes in different environments in Rio Grande do Sul; \* = significant correlation  
 Tabela 2. Correlação linear de Pearson para as variáveis proteínas (PTN), lipídeos (LIP), fibras (FIB), material mineral (MM), carboidratos (CHO), temperaturas médias (T2M), temperaturas máximas (T2MAX), temperaturas mínimas (TMIN), precipitação total (PREC), radiação total (RH2M) e altitude (ALT), considerando 16 genótipos de trigo em diferentes ambientes do Rio Grande do Sul; \* = correlação significativa

LIP	-0.72*										
FIB	-0.14	-0.072									
MM	0.84*	-0.68*	-0.23*								
CHO	-0.91*	0.77*	0.064	-0.85*							
T2M	-0.091	0.28*	-0.1	0.063	0.14						
T2MAX	0.075	0.16*	-0.12	0.0045	-0.055	0.55*					
TMIN	-0.15	0.33*	-0.077	0.012	0.19*	0.99*	0.5*				
PREC	-0.11	0.044	-0.15	0.089	0.095	0.039	-0.64*	0.085			
RH2M	-0.095	-0.13	0.1	-0.15	0.025	-0.86*	-0.75*	-0.79*	0.28*		
ALT	0.38*	-0.41*	-0.0072	0.11	-0.33*	-0.56*	0.022	-0.65*	-0.34*	0.15	
	PTN	LIP	FIB	MM	CHO	T2M	T2MAX	TMIN	PREC	R2HM	

S.; HURKMAN, W.J.; TANAKA, C.K. Effect of heat stress on flour composition and quality for several American bread wheats. *In: INTERNATIONAL WHEAT SYMPOSIUM, University Extension Press, 9<sup>th</sup>, University of Saskatchewan. Proceedings[...].* p.16-17, 1998.

FILIP, E.; WORONKO, K.; STĘPIEŃ, E.; CZARNIECKA, N. An Overview of Factors

Affecting the Functional Quality of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 8, p. 1-33, 2023.

GUARIANTI, E.M.; CIACCO, C.F.; CUNHA, G.R. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Food, Science and**

**Technology**, v.24, n.4, p.505-515, 2004.

IMPA, S.M.; RAJU, B.; HEIN, N.T.; SANDHU, J.; PRASAD, P.V.; WALIA, H.; JAGADISH, S.K. High night temperature effects on wheat and rice: Current status and way forward. **Plant, Cell & Environment**, v.44, n.7, p.2049-2065, 2021.

IMPA, S.M.; VENNAPUSA, A.R.;

- BHEEMANAHALLI, R.; SABELA, D.; BOYLE, D.; WALIA, H.; JAGADISH, S.K. High night temperature induced changes in grain starch metabolism alters starch, protein, and lipid accumulation in winter wheat. **Plant, Cell & Environment**, v.43, n.2, p.431-447, 2020.
- JERNIGAN, K.L.; MORRIS, C.F.; ZEMETRA, R.; CHEN, J.; GARLAND-CAMPBELL, K.; CARTER, A.H. Genetic analysis of soft white wheat end-use quality traits in a club by common wheat cross. **Journal of Cereal Science**, v.76, p.148-156, 2017.
- LIU, L.; MA, J.; TIAN, L.; WANG, S.; TANG, L.; CAO, W.; ZHU, Y. Effect of postanthesis high temperature on grain quality formation for wheat. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 5, p. 1970-1980, 2017.
- LOBELL, D.B.; FIELD, C.B. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. **Environ Res Lett.**, v.2, n.011002, 2007.
- MOHAMMADZADEH, A.; MAJNOONHOSEINI, N.; MOGHADDAM, H.; AKBARI, M. The effect of various water stress and nitrogen levels on the yield and yield components in red beans genotype. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v.43, p.29-38, 2011.
- MOORE, C.M.; RICHARDS, R.A.; REBETZKE, G.J. Phenotypic variation and QTL analysis for oil content and protein concentration in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, v.204, p.371-382, 2015.
- MOURA, N.B.; CARVALHO, I.R.; KEHL, K.; PRADEBON, L.C.; LORO, M.V.; PORT, E.D.; BESTER, A.U. Strategic positioning of the nutritional profile of wheat grains based on genetic parameters. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.25, n.3, p.1-16, 2022.
- NASA POWER. **Prediction of Worldwide Energy Resource Applied Science Program**. Disponível em: < <https://power.larc.nasa.gov/docs/>>. Acesso em: 4 jul. 2023.
- OLIVOTO, T.; LÚCIO, A.D.C.; da SILVA, J.A.G.; MARCHIORO, V.S.; de SOUZA, V.Q.; JOST, E. Mean performance and stability in multi-environment trials I: Combining features of AMMI and BLUP techniques. **Agronomy Journal**, v.111, p.2949-2960, 2019.
- OLIVOTO, T.; NARDINO, M. MGIDI: towards an effective multivariate selection in biological experiments. **Bioinformatics**, v.3, p. 1-23, 2020.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2022. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RESENDE, M.D.V.; ALVES, R.S. **Genética: estratégias de melhoramento e métodos de seleção**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131863/genetica-estrategias-de-melhoramento-e-metodos-de-selecao>>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- SATTAR, A.B.D.U.L.; SHER, A.H.M.A.D.; IJAZ, M.U.H.A.M.M.A.D.; ULLAH, M.S.; AHMAD, N.I.A.Z.; UMAR, U.U. Individual and combined effect of terminal drought and heat stress on allometric growth, grain yield and quality of bread wheat. **Pakistan Journal of Botany**, v.52, n.2, p.405-412, 2020.
- SEGATTO, T.A.; CARVALHO, I.R.; KEHL, K.; HOFFMANN, J.F.; MEOTTI, M.G.L.; PORT, E.D.; LORO, M.V.; SFALCIN, I.C.; PRADEBON, L.C.; OURIQUE, R.S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo para a expressão de aminoácidos em seus grãos. **Agropecuária Catarinense**, v.35, n.3, p.82-89. 2022.
- SHEWRY, P.R.; D'OIDIO, R.; LAFIANDRA, D.; JENKINS, J.A.; MILLS, E.C.; BÉKÉS, F. Wheat grain proteins. **Wheat: Chemistry and Technology**, v.4, p.223-298, 2009.
- SHEWRY, P.R.; HAWKESFORD, M.J.; PIIRONEN, V.; LAMPI, A.M.; GEBRUERS, K.; BOROS, D.; ANDERSSON, A.A.; ÅMAN, P.; RAKSZEGLI, M.; BEDO, Z.; WARD, J.L. Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.35, p.8295-8303, 2013.
- SINGH, S.; GUPTA, A.K.; KAUR, N. Influence of drought and sowing time on protein composition, antinutrients, and mineral contents of wheat. **The Scientific World Journal**, v.2012, p.1-10, 2012.
- SZARESKI, V.J.; CARVALHO, I.R.; KEHL, K.; LEVIEN, A.M.; NARDINO, M.; DEMARI, G.H.; LAUTENCHLEGER, F.; de SOUZA, V.Q.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T.Z. Univariate, multivariate techniques and mixed models applied to the adaptability and stability of wheat in the Rio Grande do Sul State. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.3, p.1-13, 2017.
- THITISAKSAKUL, M.; JIMÉNEZ, R.C.; ARIAS, M.C.; BECKLES, D.M. Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. **Journal of Cereal Science**, v.56, n.1, p.67-80, 2012.
- ZAHRA, N.; HAFEEZ, M.B.; WAHID, A.; AL MASRURI, M.H.; ULLAH, A.; SIDDIQUE, K.H.; FAROOQ, M. Impact of climate change on wheat grain composition and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.103, n.6, p.2745-2751, 2023.



# Utilização da espectroscopia no infravermelho próximo e calibração multivariada para determinação da composição nutricional de azevém

Ângela Fonseca Rech<sup>1</sup> e Simone Silmara Werner<sup>2</sup>

**Resumo** – Em sistemas de produção baseados em pastagens, o conhecimento do potencial nutritivo das forrageiras é de grande importância para a tomada de decisão quanto à suplementação alimentar. Entretanto, as análises para avaliar a composição nutricional são dispendiosas. A espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) é um método rápido e econômico utilizado para quantificar os teores dos compostos orgânicos dos alimentos. No presente trabalho foram desenvolvidos modelos de calibração multivariada para a predição dos teores de proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) do azevém utilizando a técnica NIRS, para serem utilizados em rotina laboratorial. O número de amostras utilizadas variou de 294 a 390, de acordo com o componente analisado. Os modelos foram selecionados utilizando o erro quadrático médio da predição (RMSEP), o viés, a razão de desempenho do desvio (RPD), a razão de intervalo de erro (RER) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos na validação externa. Para PB, FDN, FDA e DIVMO os modelos selecionados apresentaram os seguintes valores, respectivamente:  $R^2 = 0,98; 0,94; 0,96; 0,91$ ; RMSEP = 0,96; 1,35; 1,03; 1,58; viés = 0,21; 0,51; 0,70; 0,06; RPD = 6,33; 5,02; 4,08; 3,80; e RER = 26,33; 14,37; 14,61; 11,46. De acordo com as medidas de qualidade de ajuste obtidas, os modelos desenvolvidos para PB, FDN e FDA podem ser utilizados na rotina laboratorial para as análises dos valores nutricionais de azevéns. O modelo desenvolvido para DIVMO pode ser utilizado para triagens de azevéns em estudos de avaliação, seleção e melhoramento.

**Termos para indexação:** Modelos de calibração; Bromatologia; Espectroscopia.

## Use of near infrared spectroscopy and multivariate calibration to determine the nutritional composition of ryegrass

**Abstract** – In pasture-based production systems, knowledge of the nutritional potential of forages is of great importance for decision-making regarding food supplementation. However, analyses to assess nutritional composition are expensive and time-consuming. Near-infrared spectroscopy (NIRS) is a rapid and economical method used to quantify the levels of organic compounds in feeds. In the present work, multivariate calibration models were developed to predict crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and *in vitro* digestibility of organic matter (DIVMO) of ryegrass using the NIRS technique, to be used in laboratory routine. The number of samples used varied from 294 to 390, depending on the component analyzed. The models were selected using the root mean square error of prediction (RMSEP), bias, deviation performance ratio (RPD), the error interval ratio (RER), and coefficients of determination ( $R^2$ ) obtained in external validation. For PB, FDN, FDA and DIVMO, the selected models presented the following values, respectively:  $R^2 = 0.98; 0.94; 0.96; 0.91$ ; RMSEP = 0.96; 1.35; 1.03; 1.58; bias = 0.21; 0.51; 0.70; 0.06; RPD = 6.33; 5.02; 4.08; 3.80; and RER = 26.33; 14.37; 14.61; 11.46. According to the goodness-of-fit measures obtained, the models developed for CP, NDF, and FDA can be used in the laboratory routine to analyze the nutritional values of ryegrass. The model developed for DIVMO can be used to screen ryegrass in evaluation, selection, and improvement studies.

**Index terms:** Calibration models; Bromatology; Spectroscopy.

Recebido em 27/11/2023. Aceito para publicação em 11/03/2024  
Editor de seção: André Brugnara

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1781>

<sup>1</sup>Zootecnista, MSc., Pesquisadora, Epagri, Estação Experimental de Lages, Rua João José Godinho, S/N, Bairro Morro do Posto, Lages, SC, CEP 88502-970 - C.P. 181, fone: (49) 3289-6414, e-mail: [angelarech@epagri.sc.gov.br](mailto:angelarech@epagri.sc.gov.br).

<sup>2</sup>Matemática, Dra., Departamento de Informática e Estatística - Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: [simone.werner@ufsc.br](mailto:simone.werner@ufsc.br).

## Introdução

A primeira etapa para avaliar o valor nutricional de um alimento é a análise bromatológica em laboratório. A espectroscopia no infravermelho próximo (*Near infrared spectroscopy* – *NIRS*) é uma técnica analítica antiga (McCLURE, 2003), bem estabelecida, utilizada para quantificar substâncias orgânicas em alimentos (NORRIS et al. 1976; PAULA et al., 2018; SIMEONE et al., 2018; FERNANDES, 2015; NETO et al., 2012; PASQUINI, 2018) e também em substâncias químicas como petróleo, biocombustíveis, medicamentos, óleos, polímeros, madeiras e tecidos. O método NIRS tem sido empregado para avaliar o valor nutricional de forrageiras (DIAS et al., 2023), caracterização da qualidade de carnes e de produtos cárneos (PRIETO et al., 2017), estimar o conteúdo de energia e os teores de digestibilidade dos nutrientes em alimentos e dietas completas para animais (NOEL et al., 2022), identificar organismos geneticamente modificados em sistemas agrícolas e alimentares (SOHN et al., 2021), entre outros usos. Por propiciar agilidade no processo de caracterização nutricional de forrageiras, a utilização do método NIRS pode ser um importante aliado do manejo de pastagens na agricultura de precisão (MURPHY et al., 2022). Gindri (2016) avaliou a metodologia NIRS fecal, que correlaciona os componentes das fezes e dos alimentos com os seus espectros, concluindo que a referida técnica também é capaz de prever com acurácia o consumo voluntário de matéria orgânica de ovinos em pastejo.

Segundo Williams et al. (2017), existem dois tipos principais de calibração do NIRS. Um deles é a calibração desenvolvida com um número relativamente pequeno de amostras para estudos demonstrativos sobre a viabilidade do método, publicação de artigos e apresentação em conferências. Normalmente não

são feitas tentativas de determinar se tais calibrações realmente funcionam na prática. O outro tipo é a calibração desenvolvida para ser utilizada diariamente nas amostras que chegam ao laboratório. Para esse objetivo a calibração deve abranger toda a faixa esperada de composição e as demais variáveis do material.

O sucesso da espectroscopia NIR como método analítico é resultado da rapidez, do baixo custo e da praticidade (RECH & WERNER, 2020). Quando comparado à análise química tradicional há uma economia de cerca de 80% dos custos normais de laboratório, além de não gerar resíduos químicos (YANG et al., 2017). A sua utilização é muito vantajosa, contudo é fundamental a construção cuidadosa dos modelos de calibração e a realização da validação externa (MONTEIRO et al., 2017). O número de amostras necessárias para a construção de modelos de calibração é um problema relevante para a área agrícola (PASQUINI, 2003), pois além de aumentar muito rapidamente com a complexidade da matriz (DARDENNE et al. 2000), deve cobrir a variação natural existente nos seus componentes (METROHM, 2013). Considerando que os vários componentes do azevém-anual possam ser resumidos e agrupados em seis (água, proteína, matéria mineral, carboidratos fibrosos, carboidratos não fibrosos e extrato etéreo), a quantidade mínima de amostras necessárias para uma calibração robusta pode ser estimada, segundo Dardenne et al. (2000), em 252 amostras. Nesse estudo foi observado que o número mínimo de amostras necessárias para uma boa calibração está relacionado com o número de componentes. Cumpridas as recomendações para o controle da qualidade (VALDERRAMA et al., 2009; WILLIAMS et al., 2017; SOUZA et al., 2018), o método poderá ser utilizado na rotina laboratorial.

Apesar do êxito da espectroscopia NIR em análise de alimentos, calibrações

específicas para azevém-anual são relativamente recentes e poucas. Yang et al. (2017), Bezada et al. (2017) e Dias et al. (2023) desenvolveram modelos de calibração para a previsão de alguns componentes do azevém e concluíram que a técnica foi eficiente para prever os teores PB, FDN e FDA.

O azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma forrageira de clima temperado, amplamente utilizado em sistemas pastoris do sul do Brasil, por ser tolerante ao frio, produtiva e vigorosa (GALON et al., 2011; TIRONI et al., 2014). Apresenta elevado valor nutritivo, alto teor de proteína e alta digestibilidade, sendo recomendada para o estado de Santa Catarina (EPAGRI, 2020). Diversas pesquisas de avaliação, seleção, melhoramento e desenvolvimento de cultivares de azevém estão sendo desenvolvidas pela Epagri em Santa Catarina (ROCHA et al., 2018; ROCHA et al. 2019; FÁVARO et al. 2020; FÁVARO et al., 2021). Dessa forma, a espectroscopia NIR será um método laboratorial vantajoso por analisar um grande número de amostras de forma rápida, com mão de obra reduzida e baixo custo.

O propósito deste trabalho foi desenvolver modelos de calibração para predição dos teores de PB, FDN, FDA e DIVMO de azevém com a técnica NIRS e utilizá-los na rotina laboratorial.

## Material e métodos

### Caracterização

O estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Estação Experimental de Lages (EEL) da Epagri. Para a construção dos modelos de calibração foram utilizadas amostras de azevém (itálicos e westerwoldicos, diploide e tetraploide) em diferentes estádios fenológicos, constituídas por plantas completas (lâminas foliares, bainhas, caules e material morto), provenientes dos experimentos

realizados pela Epagri em diversos municípios de Santa Catarina. Após os cortes, as amostras foram secas por 72 horas em estufa a 55°C com circulação forçada de ar, moídas em moinho de facas com peneira de 1mm e analisadas em duplicatas no LNA.

### Análises químicas e espectroscopia NIR

Os métodos de referência utilizados foram: PB Kjeldahl, descrito por Silva & Queiroz (2009); FDN e FDA pelo método proposto por Van Soest et al. (1991), utilizando tecnologia Ankom (2017); digestibilidade *in vitro* em dois estágios, conforme Tilley & Terry (1963) adaptado para a análise de DIVMO.

As amostras moídas foram lidas por reflectância difusa em triplicata no espectrômetro NIRFlex N-500 BÜCHI com transformada de Fourier, na faixa espectral de 4.000 a 10.000  $\text{cm}^{-1}$  e os espectros escaneados com resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$  e 32 varreduras por espectro. Os resultados das análises químicas realizadas pelos métodos de referência foram inseridos no software quimiométrico de calibração NIRCal® 5.5 BÜCHI.

### Modelagem

Realizou-se uma seleção inicial das regiões do espectro, sendo descartadas as regiões com pouca informação ou com informações não relacionadas com o componente (analito).

Para desenvolvimento dos modelos de calibração foram utilizadas amostras que continham variabilidade natural entre cultivares, estágio fenológico, regiões, climas, solos e sistemas. Em cada modelo, a totalidade das amostras foi dividida em três conjuntos: calibração, validação interna e validação externa.

O algoritmo de ajuste de regressão multivariada empregado na construção dos modelos foi o *Partial Least Square (PLS)* e as amostras com o maior e

o menor teor de cada componente foram adicionadas ao conjunto de calibração respectivo. Para corrigir os efeitos de espalhamento da luz e os deslocamentos de linha de base, aumentar os picos de absorção menores e reduzir o nível de ruído nos espectros foram utilizados nos espectros originais, variando entre os modelos, os seguintes pré-tratamentos matemáticos: primeira derivada BCAP 5 pontos Gap 2 (db1g2); suavização 3 pontos (sa3); primeira derivada BCAP 5 pontos (db1), Savitzky-Golay 9 pontos (Sg9), correção de dispersão multiplicativa (MSC), primeira derivada Taylor 3 (dt1) e normalização “by closure” (ncl). Para realização dos ajustes dos modelos consideraram-se os dados centrados na média. Amostras anômalas foram avaliadas com auxílio do gráfico “leverage x residuals” e, quando necessário, excluídas do modelo. Para cada componente foram desenvolvidos mais de um modelo de calibração, inicialmente avaliados pelos valores do viés, erro padrão de calibração *Standard Error of Calibration (SEC)*, erro padrão de predição *Standard Error of Prediction (SEP)* da validação interna e coeficientes

de determinação da calibração ( $R^2_{cal}$ ) e validação ( $R^2_{val}$ ). Após a construção dos modelos foram executadas as validações externas, com amostras não incluídas nas calibrações, para selecionar aqueles com melhor capacidade preditiva. Os indicadores estatísticos utilizados para a seleção dos modelos foram: slope, SEP, erro quadrático médio da predição *Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP)*, viés, razão de intervalo de erro *Range Error Ratio (RER)* e relação de predição do desvio *Residual Prediction Deviation (RPD)*, segundo as orientações de Williams et al. (2017), Büchi (2013), Valderrama et al. (2009) e Pasquini (2018).

## Resultados e discussão

### Características dos modelos desenvolvidos

Na Tabela 1 estão descritas algumas características das calibrações desenvolvidas, como a faixa de trabalho e o número de amostras. Com base no trabalho de Dardenne et al. (2000), o número de amostras utilizado foi

Tabela 1. Teores (%) originais e número de amostras de azevém utilizadas  
Table 1. Original contents (%) and number of samples

Teor original mínimo e máximo dos componentes (faixa de trabalho) Métodos de referência (%MS)							
	PB - Max	Min	FDN - Max	Min	FDA - Max	Min	DIVMO - Max
Modelo	8,5 – 36,19		31,36 – 68,90		16,83 – 40,00		50,00 – 86,39
Validação externa	11,92 – 33,63		37,80 – 57,20		18,02 – 31,80		59,92 – 78,03
Número de amostras analisadas							
Modelo	308		298		296		263
Validação externa	82		34		37		31
Total	390		332		333		294

MS-matéria seca; PB-proteína bruta; FDN-fibra em detergente neutro; FDA-fibra em detergente ácido (FDA); DIVMO-digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica.

considerado adequado (300). A faixa de trabalho é abrangente e está de acordo com a composição comumente encontrada nos azevêns analisados no LNA.

Os modelos propostos (Tabela 2) possuem características particulares, mas semelhantes à literatura. Yang et al. (2017) desenvolveram modelos com 123 amostras de azevêns itálicos selecionadas pelo algoritmo Kennard-Stone a partir de um total 403. Esse algoritmo detectou as amostras mais representativas para serem utilizadas na quantificação dos teores de PB, FDN, FDA e carboidratos solúveis. No presente trabalho as amostras utilizadas nas calibrações e validações não passaram por seleção prévia, pois o objetivo era abranger a variabilidade natural existente na espécie.

Os  $R^2$  obtidos para o conjunto de calibração ( $R^2_{cal}$ ) e validação ( $R^2_{val}$ ) (Tabela 2) ficaram acima de 0,9 para todas as propriedades, mostrando boa correlação entre os valores previstos pelos modelos e os valores obtidos pelos métodos de referência. Os valores de  $R^2_{cal}$  são semelhantes aos obtidos por Gislum et al. (2004); Burns et al. (2010); Bezada et al. (2017); Yang et al. (2017) e Simeone et al. (2015).

A precisão dos modelos foi avaliada pelos resultados de SEC e SEP. Segundo Büchi (2013), para que uma calibração seja aceita, os valores de SEC e SEV devem ser os menores possíveis, aproximadamente iguais e comparáveis com o desvio-padrão do método laboratorial utilizado. Os baixos valores de SEC e SEP e altos  $R^2$  (Tabela 2) indicam que as calibrações são estáveis e precisas. Esses valores estão próximos aos encontrados por Mazabel et al. (2020) nas calibrações desenvolvidas para a predição de PB, FDN, FDA e DIVMS em braquiária humidícola.

A eficiência dos modelos em prever a composição de amostras

futuras foi avaliada pela validação externa e aqueles que apresentaram menor SEP, RMSEP, maior RER, RPD e slope mais próximo a 1,0 foram selecionados (Tabela 3). Os resultados permitem observar o grau de ajuste entre os valores de referência e os valores preditos e estimar a capacidade preditiva dos modelos. O RMSEP é uma estimativa do erro (aleatório e sistemático) da predição, expresso nas mesmas unidades que o componente analisado, e pode ser utilizado para avaliar a exatidão (VALDERRAMA et al., 2009). Os valores de RMSEP obtidos foram semelhantes aos encontrados por Bezada et al. (2017) para PB (1,19) e FDN (1,25) de azevém, por Simeone et al. (2015) para FDN (1,74) e FDA (1,46) de braquiária. Yang et al. (2017) obtiveram valor menor de RMSEP (0,57) na calibração de proteína de azevém, porém, maior na calibração FDN (2,60) e semelhante na FDA (1,32). As diferenças entre os trabalhos citados são esperadas, uma vez que são consequências dos diferentes desvios do método laboratorial, dos diferentes comprimentos de onda dos modelos, dos diferentes algoritmos utilizados para a seleção prévia das amostras, da variação do número de amostras, da faixa de abrangência do componente e da sua distribuição, que pode estar uniforme ou irregular.

O quociente ou razão entre a amplitude dos valores de cada componente das amostras e o RMSEP resulta na razão de intervalo de erro (RER). Segundo AACC 39-00.01 (1999) (apud RAMBO, 2013) um  $RER > 4$  é aceitável para calibração destinada à triagem de amostras, com um  $RER > 10$  a calibração é aceitável para controle de qualidade e com um  $RER > 15$  a calibração é boa para quantificação. Os valores de RER obtidos por Bezada et al. (2017) nas calibrações para PB e FDN em azevém foram, respectivamente, 15,49 e 12,47, porém Yang et al.

(2017) obtiveram valores maiores para PB (35,72) e semelhantes para FDN (12,03). Para FDA o RER foi de 15,64. No presente trabalho os valores de RER da calibração de PB foi de 26,33 e das calibrações de FDN, FDA e DIVMO ficaram respectivamente em 14,37; 14,61 e 11,46.

Os valores de  $R^2$ , RER e RPD, associados às equações de calibração da PB e DIVMO, são semelhantes aos relatados por Andueza et al. (2011) para PB, respectivamente 0,98, 28,36, 5,77, e para digestibilidade *in vivo* da matéria orgânica, respectivamente 0,93, 12,35, 3,14, em estudos com azevêns.

O RPD permite avaliar o quanto o modelo pode diferenciar os valores preditos em amostras distintas, pois resultados acima de 1 indicam que o erro do valor estimado é menor que o desvio-padrão do valor real da amostra ( $SD_{cal}/RMSEP_{val}$ ). Para a maioria das aplicações com espectroscopia NIRS em produtos agrícolas Williams & Sobering (1993) recomendam valores acima de 3 para o RPD e acima de 10 para o RER. Williams (2014) sugere que as calibrações podem ser classificadas em: não recomendada ( $RDP < 1,9$ ); insatisfatória (2,0–2,4); razoável (2,5–2,9); boa (3,0–3,4); muito boa (3,5–4,0); excelente ( $> 4$ ). Porém a utilização do RPD para avaliar o desempenho das calibrações NIRS é questionável e pode não ser satisfatória, pois as designações de “regular, bom, muito bom, excelente...”, nos intervalos entre 2,5 a 4,1, não permite uma comparação geral entre modelos com diferentes materiais e diferentes componentes (ESBENSEN et al., 2015). Segundo Williams et al. (2017), para modelos de calibração em que se espera uma variância mínima nos resultados das análises, onde o controle de qualidade tem por objetivo garantir que as especificações sejam atendidas, o RPD pode não ser adequado, sendo melhor o SEP. Mas o RPD é amplamente utilizado e aceito

para estimar a capacidade preditiva de modelos desenvolvidos para forrageiras. No presente trabalho os valores de RPD para todas as propriedades analisadas estão acima de 3,8 e os valores de SEP da validação interna e da validação externa são baixos e similares (Tabela 2 e 3). Simeone et al. (2015) desenvolveram modelos de calibração

para braquiária e obtiveram valores de RPD 5,9; 5,1; 3,6; e 3,9 respectivamente para PB, FDN, FDA e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Concluíram que os modelos possuíam boa habilidade preditiva e que poderiam ser utilizados como método de análise. Yang et al. (2017), trabalhando com azevém *italicus*, obtiveram resultados de RPD

para PB, FDN e FDA, respectivamente de 9,37; 3,44 e 4,40. Os valores de RPD obtidos por Bezada et al. (2017) nas calibrações para PB e FDN em azevém foram, respectivamente, 4,55 e 3,39.

A digestibilidade da matéria orgânica não é uma entidade química definida e diversos componentes orgânicos do alimento estão envolvidos (ANDUEZA et

Tabela 2. Modelos (PLS) com melhor capacidade preditiva\*  
Table 2. Models (PLS) with better predictive ability

Propriedade	Calibração							Validação interna					
	Nº amostras	Amplitude	Sdev	Nº VL	Tratamento	SEC	R <sup>2</sup> <sub>cal</sub>	Nº amostras	Amplitude	Sdev	SEP	Viés	R <sup>2</sup> <sub>val</sub>
PB	205	27,69	6,08	12	db1g2; sa3	0,81	0,98	103	25,65	6,12	0,81	0,07	0,98
FDN	199	37,54	6,78	8	db1; Sg9; MSC	1,62	0,94	99	35,81	6,58	1,62	0,03	0,95
FDA	207	23,25	4,20	10	dt1	0,81	0,96	89	19,88	3,63	0,81	0,01	0,95
DIVMO	176	36,39	6,00	10	sa3; db1g2; ncl	1,86	0,91	87	32,15	5,71	1,86	0,04	0,91

PLS - mínimos quadrados parciais; Sdev – desvio-padrão dos valores da propriedade; VL - variáveis latentes; db1g2 - primeira derivada BCAP Gap2; sa3 - suavização 3 pontos; db1 - primeira derivada BCAP 5 pontos; Sg9 - Savitzky-Golay 9 pontos; MSC – correção de dispersão multiplicativa; dt1 - primeira derivada Taylor 3 pontos; ncl – normalização “by closure”; SEC - erro padrão da calibração; R2 – coeficiente determinação; SEP - erro padrão da previsão. \*software NIRCal® 5.5 BÜCHI.

Tabela 3. Modelos com melhor capacidade preditiva – resultados da validação externa\*  
Table 3. Selected models with better predictive ability – external validation\*

Propriedade	Nº amostras	Amplitude	Slope	RMSEP	SEP	Viés	RPD	RER
PB	82	25,28	1,05	0,96	0,94	0,21	6,33	26,33
FDN	34	19,40	1,04	1,35	1,25	0,51	5,02	14,37
FDA	37	15,05	0,96	1,03	0,76	0,70	4,08	14,61
DIVMO	31	18,11	1,09	1,58	1,59	0,06	3,80	11,46

RMSEP - raiz quadrada do erro médio de previsão; RPD - relação de desempenho do desvio; RER - razão do intervalo de erro. \*Estatísticas - software NIRCal® 5.5 BÜCHI.

al., 2011), o que pode dificultar o ajuste de modelos para utilização do método NIRS. No presente trabalho, o modelo desenvolvido para DIVMO apresentou valores de  $R^2 = 0,91$ ; RPD = 3,80 e RER = 11,46, indicando que pode ser utilizado para triagens de materiais em estudos de avaliação, seleção e melhoramento. Mesmo assim, a introdução de novas amostras poderá melhorar esses indicadores. Nos modelos para PB, FDN e FDA, os valores de  $R^2$ , RPD e RER estão, respectivamente, acima de 0,9; 4 e 14 (Tabelas 2 e 3), dessa forma podem ser considerados adequados para a realização das análises quantitativas da composição de azevém.

## Conclusão

Os modelos de calibração multivariada NIRS, desenvolvidos com diversos cultivares de azevém, de diferentes maturidades, ploidia, anos e origens, apresentaram resultados satisfatórios nas validações externas e foram considerados adequados para uso na rotina laboratorial. Dessa forma, os modelos poderão ser utilizados para quantificar os teores de PB, FDN e FDA de uma ampla diversidade de azevém. O modelo para DIVMO pode ser utilizado para triagens de azevém em estudos de avaliação, seleção e melhoramento.

Novas amostras serão introduzidas periodicamente para atualizar, aumentar a amplitude dos modelos e melhorar o ajuste das calibrações.

## Referências

- ANDUEZA, D.; PICARD, F.; JESTIN, M.; ANDRIEU, J.; BAUMONT, R.; NIRS prediction of the feed value of temperate forages: Efficacy of four calibration strategies. **Animal**, v.5, n.7, p.1002-1013, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731110002697>.
- ANKOM. **Analytical Methods**. 2017. Disponível em: <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a200>. Acesso em: 24 jan. 2022.
- BEZADA, S.Q.; ARBAIZA, T.F.; CARCELÉN, F.C.; SAN MARTÍN, F.H.; LÓPEZ, C.L.; ROJAS, J.E.; RIVADENEIRA, V.; ESPEZÚA, O.F.; GUEVARA, J.V.; VÉLEZ, V.M. Predicción de la composición química y fibra detergente neutro de Rye Grass Italiano (*Lolium multiflorum* Lam) mediante espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS). **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, v. 28, n. 3, p. 538-548, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172017000300007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172017000300007). Acesso em: 31 jan. 2022.
- BÜCHI Labortechnik AG. **NIRCal 5.5 - Operation Manual**. Flawil, Suíça, 2013. 283p.
- BURNS, G.A.; GILLILAND, T.J.; MCGILLOWAY, D.A.; O'DONOVAN, M.; LEWIS, E.; BLOUNT, N.; O'KIELY, P. Using NIRS to predict composition characteristics of *Lolium perenne* L. cultivars. **Advances in Animal Biosciences**, 1, p.321–321, 2010. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/advances-in-animal-biosciences/article/using-nirs-to-predict-composition-characteristics-of-lolium-perenne-l-cultivars/6FDD12E039AE42294466E7A4122FBF44>
- DARDENNE, P.; SINNAEVE, G.; BAETEN, V. Multivariate Calibration and Chemometrics for near Infrared Spectroscopy: Which Method? **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v.8, n.4, p.229-237. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1255/jnirs.283>
- DIAS, M.C.; NUNES, H.; BORBA, A. Near-Infrared Spectroscopy Integration in the Regular Monitorization of Pasture Nutritional Properties and Gas Production. **Agriculture**, v.13, n.7, p.1398, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture13071398>
- ESBENSEN, K.H.; GELADI, P.; LARSEN, A. The RPD myth... **NIR News**, v.25, n.5, p.24-28, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/270640674\\_The\\_RPD\\_myth#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/270640674_The_RPD_myth#fullTextFileContent)
- EPAGRI. **Avaliação de cultivares para o estado de Santa Catarina 2020 – 2021** - Forrageiras. Epagri: Florianópolis, SC, 2020. 38p. (Boletim Técnico, 194).
- FÁVARO, V.R.; CÓRDOVA, U.A.; PINTO, M.G.L.; RECH, Â.F.; WERNER, S.S.; BALDISSERA, T.C. Produção animal e variáveis climáticas em pastagem de azevém-anual tetraploide. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v.22, n.2, 2020.
- FÁVARO, V.R.; PINTO, M.G. L.; CUCCO, D.C.; WERNER, S.S.; ROSSETTO, L. Desempenho, características da carcaça e da carne de bovinos meio/sangue da raça Flamenga, terminados em pastagem de azevém anual e suplementados com casca de soja. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.34, n.1, p.37-41, 2021.
- FERNANDES, A.M.F. **Uso da espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS) para previsão da composição bromatológica de vagens de algaroba e palma forrageira**. 2015. 105f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, CE, 2015.
- GALON, L.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.F.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, E.A.; MINELLA, E.; SOARES, E.R.; FERREIRA, F.A. Competitive ability of barley cultivars

- against ryegrass. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.771-781, 2011.
- GINDRI, M. **Uso do NIRS como ferramenta de diagnóstico nutricional de ovinos mantidos em pastagem natural**. 2016. 77.f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/10923/GINDRI%20MARCELO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 oct. 2023.
- GISLUM, R.; MICKLANDER, E.; NIELSEN, J.P. Quantification of nitrogen concentration in perennial ryegrass and red fescue using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) and chemometrics. **Field Crops Research**, v.88, p. 269- 277, 2004. Disponível em: [https://www.academia.edu/32215921/Quantification\\_of\\_nitrogen\\_concentration\\_in\\_perennial\\_ryegrass\\_and\\_red\\_fescue\\_using\\_near\\_infrared\\_reflectance\\_spectroscopy\\_NIRS\\_and\\_chemometrics](https://www.academia.edu/32215921/Quantification_of_nitrogen_concentration_in_perennial_ryegrass_and_red_fescue_using_near_infrared_reflectance_spectroscopy_NIRS_and_chemometrics). Acesso em: xxxxxx.
- MAZABEL, J.; WORTHINGTON, M.; CASTIBLANCO, V.; PETERS, M.; ARANGO, J. Using near infrared reflectance spectroscopy for estimating nutritional quality of *Brachiaria humidicola* in breeding selections. **Agrosystems Geosciences and Environment**, v.3, e20070, 9p., 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.2007>
- MCCLURE, W.F. 204 years of near infrared technology: 1800-2003, **J. Near Infrared Spectroscopy**, v.11, n.6, p.487-518, 2003. DOI: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1255/jnirs.399>.
- METROHM. **NIR Spectroscopy. A guide to near-infrared spectroscopic analysis of industrial manufacturing processes**. Herisau, Suíça: Metrohm. 2013. Disponível em: [https://www.metrohm.com/pt\\_br/products/8/1085/81085026.html](https://www.metrohm.com/pt_br/products/8/1085/81085026.html). Acesso em: ???
- MONTEIRO, A.R.D; FEITAL, T.S.; PINTO, J.C. Statistical Aspects of Near-Infrared Spectroscopy for the Characterization of Errors and Model Building. **Applied Spectroscopy**, v.71, n.7, p.1665-1676, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/316532367\\_Statistical\\_Aspects\\_of\\_Near-Infrared\\_Spectroscopy\\_for\\_the\\_Characterization\\_of\\_Errors\\_and\\_Model\\_Building](https://www.researchgate.net/publication/316532367_Statistical_Aspects_of_Near-Infrared_Spectroscopy_for_the_Characterization_of_Errors_and_Model_Building). Acesso em: 09 fev. 2022.
- MURPHY, D.; BRIEN, B.; DONOVAN, M.; CONDON, T.; MURPHY, M. A near infrared spectroscopy calibration for the prediction of fresh grass quality on Irish pastures. **Information Processing in Agriculture**, v.9. p.243-253, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317321000366>. Acesso em: 11 oct. 2023.
- NETO, M.M.G.; SIMEONE, M.L.F.; GUIMARÃES, C.C. Predição do teor de proteína bruta em biomassa de capins braquiária por meio de espectroscopia NIR. **Comunicado Técnico**, n. 205. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012. 5p.
- NOEL, S.J.; JØRGENSEN, H.J.H.; KNUDSEN, K.E.B. The use of near-infrared spectroscopy (NIRS) to determine the energy value of individual feedstuffs and mixed diets for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.283, p.115-156, 2022. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0377840121003424?token=42F3EC30C93700967DCD80EA9A2C624B0BF3DC9AE34B8F19E2D414737BD44F51FA9296E10A04CD5C67EFD8716CF6E6A2&originRegion=us-east-1&originCreation=20220214195606>. Acesso em: 11 fev. 2022.
- NORRIS, K.H.; BARNES, R.F.; MOORE, J.E.; SHENK, J.S. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. **Journal of animal science**, v.43, n.4, p.889-897, 1976. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/43/4/889/4697632?login=false>. Acesso em: ???
- PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. **J. Braz. Chem. Soc.**, v.14, n.2, p.189-2019, 2003.
- PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: A mature analytical technique with new perspectives – A review. **Analytica Chimica Acta**, v.1026, n.5, 2018, p.8-36, 2018.
- PAULA, M., A.; VIEIRA, O.V.; MENOSSI, S.; CARVALHO, J.E.; ABUCÁTER, C.R.V. Aplicações da Espectroscopia no Infravermelho Próximo na Cadeia Produtiva de Grãos. In: TIBOLA, C.S.; MEDEIROS, E.P. de; SIMEONE, M.L.F.; OLIVEIRA, M.A. (Ed). **Espectroscopia no Infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 200p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1106595/1/ID445392018LVespectroscopia.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- PRIETO, N.; PAWLUCZYK, O.; DUGAN, M.E.R.; AALHUS, J.L. A review of the principles and applications of near-infrared spectroscopy to characterize meat, fat, and meat products. **Applied Spectroscopy**, v.71, n.7, p.1403-1426, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177/0003702817709299>

- RAMBO, M.K.D. **Caracterização de resíduos lignocelulósicos por espectroscopia NIR aliada a quimiometria para obtenção de insumos químicos.** 2013. 182f. Dissertação (Doutorado em Ciências). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2013.
- RECH, A.F.; WERNER, S.S. Utilização da tecnologia NIRS para predição dos valores nutricionais de forrageiras. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.1, p.11-14. 2020.
- ROCHA, D.J.A.; CÓRDOVA, U.A.; FLARESSO, J.A.; NETO, J.S.; BALDISSERA, T.C.; COSTA, M.D.C. Avaliação de genótipos de azevém-anual para a região serrana de Santa Catarina. *In: Simpósio de integração da pós-graduação: ciência, tecnologia e inovação*, 1, 2018, Lages. **Anais[...]**. Lages: CAV-UDESC, 2018.
- ROCHA, D.J.A.; COSTA, M.D.; CÓRDOVA, U.A.; FLARESSO, J.A.; STRADIOTO NETO, J.; JOCHIMS, F.; VOGT, G.A.; ZARDO, V.F.; PINTO, M.G.L. **Cultivar de azevém-anual SCS317 Centenário.** Florianópolis: Epagri, 2019. 6 p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3ª. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 235 p.
- SIMEONE, M.L.F.; PIMENTEL, M.A.G.; GONTIJO NETO, M.M.; PAES, M.C.D.; SILVA, D.D. Uso da espectroscopia no infravermelho próximo e calibração multivariada para avaliar a composição química do milho. *In: TIBOLA, C.S.; MEDEIROS, E.P. de; SIMEONE, M.L.F.; OLIVEIRA, M.A. (Ed). Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos.* Brasília, DF: Embrapa, 2018. 200 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1106595/1/ID445392018LVespectroscopia.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- TIRONI, S.P.; GALON, L.; SILVA, A.F.; FIALHO, C.M. T.; ROCHA, P.R.R.; FARIA, A.T.; ASPIAZÚ, I.; FORTE, C.T.; SILVA, A.A.; RADÜNZ, A.L. Time of emergency of ryegrass and wild radish on the competitive ability of barley crop. *br/bitstream/doc/1106173/1/Uoespectroscopia.pdf*. Acesso em: 20 jul. 2020.
- SIMEONE, M.L.F.; GONTIJO NETO, M.M.; GUIMARAES, C.C.; MEDEIROS, E.; BARROCAS, G.E. G.; PASQUINI, C. Use of NIR and PLS to predict chemical composition of Brachiaria. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEAR INFRARED SPECTROSCOPY*, 17, 2015, Foz do Iguassu. **Abstracts[...]**. Foz do Iguassu. 3p. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131926/1/use-nir.pdf>. Acesso em: ???/.
- SOHN, S.I.; PANDIAN, S.; OH, Y-J; ZAUUU, J.L.Z.; KANG, H-J.; RYU, T-H; CHO, W-S.; CHO, Y-S.; SHIN, E-K.; CHO, B-K. An overview of near infrared spectroscopy and its applications in the detection of genetically modified organisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v.22, n.18, 9940, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/18/9940>. Acesso em: 31 jan. 2022.
- SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.R.; OLIVARES, I.R.B. Controle de Qualidade para Espectroscopia no Infravermelho Próximo. *In: TIBOLA, C.S.; MEDEIROS, E.P.; SIMEONE, M.L.F.; OLIVEIRA, M.A. (Ed). Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos.* Brasília, DF: Embrapa, 2018. 200p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1106595/1/ID445392018LVespectroscopia.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A.A. Two stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, v.74, p.3583-97, 1991.
- VALDERRAMA, P.; BRAGA, J.W.B.; POPPI, R.J. Estado da arte de figuras de mérito em calibração multivariada. **Química Nova**, v.32, n.5, p.1278-1287, 2009.
- WILLIAMS, P. The RPD Statistic: A Tutorial Note. **NIR News**, v.25, p.22 - 26. 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-RPD-Statistic%3A-A-Tutorial-Note-Williams/3c8ef4809dae96e2476c95cc722d867e9a5870> Acesso em: 19/01/2022.
- WILLIAMS, P.C., SOBERING, D.C. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v.1, n.1, p.25- 32, 1993.
- WILLIAMS, P.; DARDENNE, P.; FLINN, P. Tutorial: Items to be included in a report on a near infrared spectroscopy project. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v.25, n.2, p.85–90, 2017.
- YANG, Z., NIE, G.; PAN, P.; ZHANG, Y.; HUANG, L.; MA, X.; ZHANG, X. Development and validation of near-infrared spectroscopy for the prediction of forage quality parameters in *Lolium multiflorum*. **PeerJ**, v.5, e3867, 2017.



# Parasitoids associated with South American fruit fly in native fruits in the state of Santa Catarina, Brazil

Janaina Pereira dos Santos<sup>1</sup>, Alexandre Carlos Menezes-Netto<sup>2</sup> and Juracy Caldeira Lins Junior<sup>3</sup>

**Abstract** - In Southern of Brazil, the South American fruit fly (*Anastrepha fraterculus*) is the main insect pest of native and exotic fruit trees. This study was conducted in agricultural areas of seven municipalities belonging to the Alto Vale do Rio do Peixe region, in the state of Santa Catarina, Brazil, from 2015 to 2022. It aimed to evaluate the entomofauna of micro-hymenopteran parasitoids associated with *A. fraterculus* in native fruit trees. A sample of 200 fruits of *Eugenia involucrata* (cherry of the Rio Grande), *Eugenia pyriformis* ('uvaia'), *Acca sellowiana* ('feijoa'), *Psidium cattleianum* (yellow and red cattley guava), *Campomanesia xanthocarpa* ('guabiroba') and *Campomanesia guazumifolia* ('sete capotes') per municipality and in each crop season was collected to determine the parasitism index and perform the faunistic analysis of parasitoid species. Seven parasitoid species were recorded, three from the family Figitidae and four from the family Braconidae. *Aganaspis pelleranoi* was the most often recorded species, with a constant presence, very abundant, and dominant incidence in the investigated region. Parasitism rates ranged from 0.2% to 39%, emphasizing the need for conservation-oriented and applied biological control studies.

**Index terms:** *Anastrepha fraterculus*; Natural biological control; Micro-hymenopteran.

## Parasitoides associados à mosca-das-frutas sul-americana em frutíferas nativas em Santa Catarina, Brasil

**Resumo** - No Sul do Brasil, a mosca-das-frutas sul-americana (*Anastrepha fraterculus*) é o principal inseto-praga das frutíferas nativas e exóticas. O estudo foi realizado em áreas agrícolas de sete municípios pertencentes à região do Alto Vale do Rio do Peixe, em Santa Catarina, Brasil, no período de 2015 a 2022. Este estudo teve como objetivo avaliar a entomofauna de micro-himenópteros parasitoides associados à *A. fraterculus* em frutíferas nativas. Uma amostra de 200 frutos de *Eugenia involucrata* (cerejeira-do-mato), *Eugenia pyriformis* (uvaieira), *Acca sellowiana* ('feijoa'), *Psidium cattleianum* (araçazeiros amarelo e vermelho), *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira) e *Campomanesia guazumifolia* (sete-capotes) foram coletadas por município e em cada safra agrícola para determinar os índices de parasitismo e a análise faunística das espécies de parasitoides. Foram registradas sete espécies de parasitoides, três da família Figitidae e quatro de Braconidae. A espécie mais frequente foi *Aganaspis pelleranoi*, apresentando ocorrência constante, muito abundante e dominante na região. Os índices de parasitismo variaram entre 0,2 a 39%, reforçando a necessidade de estudos sobre controle biológico, por conservação e/ou aplicado.

**Termos para indexação:** *Anastrepha fraterculus*; Controle biológico natural; Micro-hymenoptera.

## Introduction

The South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae), is one of the main pests affecting native and

exotic temperate climate fruit trees in Southern Brazil (GARCIA & NORRIBOM, 2011; ROSA et al., 2017; SANTOS & GUIMARÃES, 2018). The application of toxic baits and insecticides in the cover area are the main practices used by fruit

growers to suppress fruit fly populations. However, the use of insecticides is increasingly limited due to the demand of importing countries for fresh fruits without chemical residues (BORGES et al., 2015). In addition, Brazilian

Received on 16 Feb. 2024. Accepted for publication on 09 Apr. 2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1816>

Section editor: Joatan M. da Rosa

<sup>1</sup>Agronomist, Dr., Epagri/Caçador Experimental Station (EECD), PO Box 591, 89501-032, Caçador, SC, Brazil, phone: (49) 3561 6813, email: janapereira@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup>Agronomist, Dr., Epagri/Videira Experimental Station, 89564-506, Videira, SC, Brazil, phone: (49) 3533 5634, email: alexandrenetto@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup>Agronomist, Dr., Epagri/Caçador Experimental Station, PO Box 591, 89501-032, Caçador, SC, Brazil, phone: (49) 3561 6814, e-mail: juracyjunior@epagri.sc.gov.br.

consumers and producers are more environmentally conscious; therefore, management practices applied to *A. fraterculus* need to be improved and other control strategies must be adopted (DIAS et al., 2018). In this sense, biological control can play a crucial role in the fruit sector (NAVA, 2007).

Biological control is a promising alternative for managing Tephritidae fruit flies in Brazil, mainly by implementing native parasitoids (DIAS et al., 2022). One of the management strategies used is the maintenance of refuges adjacent to orchards, based on cultural control and the use of selective insecticides (NAVA, 2007). These practices allow for the establishment and the reproduction of parasitoid species found in agroecosystems (SANTOS, 2022).

Several native fruit tree species cultivated in Southern Brazil are host to flies of the genus *Anastrepha*, mainly those of the family Myrtaceae (GARCIA & NORRIBOM, 2011; SANTOS et al., 2018; BOLDO et al., 2019; SANTOS et al., 2022). It is essential to detect and measure fruit fly populations in these hosts to better understand their infestation and parasitism levels (SANTOS et al., 2018; BOLDO et al., 2019). These steps play an essential role in the implementation of biological control techniques (SANTOS et al., 2018). The last surveys on parasitoids associated with *A. fraterculus* in the state of Santa Catarina were carried out in the 1990s (LEONEL JUNIOR et al., 1995; GUIMARÃES et al., 2000; NORA et al., 2000; GARCIA & CORSEUIL, 2004), highlighting the need to conduct new studies on this topic. Thus, this study aimed to evaluate the entomofauna of micro-hymenopteran parasitoids associated with the South American fruit fly, *A. fraterculus*, in native fruit trees in the Alto Vale do Rio do Peixe region (AVRP), state of Santa Catarina, Brazil.

## Materials and Methods

This study was carried out from 2015 to 2022, and the harvesting season was from October to April of each year, which corresponds to the period of fruit ripening of native species cultivated in the AVRP region, state of Santa Catarina. The following native fruit trees were assessed: *Eugenia involucreta* DC. (cherry of the Rio Grande), *Eugenia pyriformis* Cambess. ('uvaia'), *Acca sellowiana* (O. Berg.) Burret ('feijoa'); *Psidium cattleianum* Sabine (red and yellow cattley guava), *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. ('guabioba'); and *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg. ('sete capotes') (Table 1). Fruit sampling was carried out in the following municipalities: Caçador; Calmon; Macieira; Matos Costa; Rio das Antas; Videira and Lebon Régis. In Caçador, sampling was carried out from 2015 to 2019; in Calmon, Macieira, Matos Costa, Rio das Antas and Videira, sampling was carried out from 2019 to 2022, and in Lebon Régis, sampling was conducted from 2020 to 2022 (Table 1).

Samples of 200 ripe fruits of each species per municipality were collected in each crop season. The fruits were collected randomly both from the ground and treetops. These plants were not sprayed with pesticides and were located near commercial orchards where *Malus domestica* Borkh. (apple), *Pyrus* spp. (pear), *Prunus persica* L. Batsch (peach), *Prunus domestica* L. (plum) and *Vitis* spp. (grape) are grown. Fruits sampled from the ground and treetops were categorized as single samples and assessed together because they were at the same stage of the ripening.

The native fruit species studied had an intense and short ripening period of about 15 to 20 days. Thus, the samples collected here only included fruits that were fully ripe, i.e., that were most

susceptible to fruit fly infestation. The analysis of fruit ripening stage included the following parameters: pulp firmness, measured with a digital motorized penetrometer equipped with a 3mm diameter plunger, and harvest time of each native fruit tree species, established based on data reported in previous surveys conducted in the AVRP region. Changes in fruit epidermis color were also monitored.

The fruits were placed in plastic containers covered with a layer of sterilized sand of approximately 1cm and kept in a room with controlled climatic conditions ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $60 \pm 10\%$  relative humidity; 12h photophase) at the Entomology Laboratory of the Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), at the Experimental Station of Caçador "José Oscar Kurtz". After seven, 14 and 21 days of incubation, the sand was examined for puparia counting. Puparia were kept in Petri dishes covered with sterilized sand (substrate) and placed in cages (40.0 x 29.0 x 51.5cm) or in 48 well cell culture plates to favor the emergence of adults.

The emerged fruit fly specimens were stored in plastic vials (50mL) filled with 70% alcohol. They were then identified to the species level according to Zucchi (2000). Parasitoid specimens were identified using specific dichotomous keys described by Canal & Zucchi (2000) and Guimarães et al. (2000).

The parasitism index was determined using the following formula:  $PI\% = (P / TA^{-1}) \times 100$ , in which: P = total number of emerged parasitoids and TA = total number of emerged adults (fruit flies + parasitoids). The relative frequency of species, expressed in percentage (%), was calculated by considering the proportion of individuals belonging to the same species and the total number of individuals in the sample.

Faunistic analysis was carried out in

Table 1. Period of fruit collection of native fruit tree species in different municipalities of the Alto Vale do Rio do Peixe region, state of Santa Catarina, Brazil (crop seasons from 2015/2016 to 2021/2022)

Tabela 1. Período de coleta de frutos de frutíferas nativas em diferentes municípios da região do Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil (safras 2015/2016 a 2021/2022)

Native fruit trees species Municipalities	Crops/fruit collection months						
	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022
<i>Eugenia involucrata</i> (cherry of the Rio Grande)							
Caçador	Oct/2015	Nov/2016	Nov/2017	Nov/2018	-	-	-
Macieira	-	-	-	-	Nov/2019	Oct/2020	Nov/2021
Videira	-	-	-	-	-	Nov/2020	Nov/2021
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> ('guabiroba')							
Caçador	Dec/2015	Dec/2016	Dec/2017	Dec/2018	-	-	-
Rio das Antas	-	-	-	-	Dec/2019	Dec/2020	Dec/2021
Macieira	-	-	-	-	Dec/2019	Dec/2020	Dec/2021
Matos Costa	-	-	-	-	Dec/2019	Dec/2020	Dec/2021
Calmon	-	-	-	-	Jan/2020	Dec/2020	Dec/2021
Videira	-	-	-	-	-	Dec/2020	Dec/2021
Lebon Régis	-	-	-	-	-	Dec/2020	Dec/2021
<i>Campomanesia guazumifolia</i> ('sete capotes')							
Videira	-	-	-	-	Feb/2020	Feb/2021	Feb/2022
<i>Eugenia pyriformis</i> ('uvaia')							
Caçador	-	-	-	-	Jan/2020	-	-
Macieira	-	-	-	-	Feb/2020	-	-
Calmon	-	-	-	-	Feb/2020	-	-
Videira	-	-	-	-	-	-	Jan/2022
<i>Acca sellowiana</i> ('feijoa')							
Caçador	-	Mar/2017	-	Mar/2019	-	-	-
Videira	-	-	-	-	Feb/2020	Feb/2021	Feb/2022
Lebon Régis	-	-	-	-	-	Feb/2021	Mar/2022
<i>Psidium cattleianum</i> (yellow cattley guava)							
Caçador	Abr/2016	Mar/2017	Feb/2018	Mar/2019	-	-	-
Rio das Antas	-	-	-	-	Feb/2020	Feb/2021	Feb/2022
Macieira	-	-	-	-	Mar/2020	Feb/2021	Feb/2022
Matos Costa	-	-	-	-	Mar/2020	-	-
Videira	-	-	-	-	Mar/2020	-	Feb/2022
<i>Psidium cattleianum</i> (red cattley guava)							
Caçador	Mar/2016	Mar/2017	Feb/2018	Mar/2019	-	-	-
Rio das Antas	-	-	-	-	Mar/2020	Mar/2021	Mar/2022
Matos Costa	-	-	-	-	Mar/2020	Mar/2021	Mar/2022
Videira	-	-	-	-	Mar/2020	Feb/2021	Feb/2022
Lebon Régis	-	-	-	-	-	Mar/2021	-

Dashes (-) represent the crop seasons when no fruits were collected.

The species were divided into the following frequency classes: little frequent (LF) - frequency below the lower limit of the confidence interval (CI) of the mean; frequent (F) - frequency ranging between the lower

and upper limits of the CI of the mean; very frequent (VF) - frequency above the upper limit of the CI of the mean.

Constancy rates were classified as follows: constant (W) - higher than the CI limit; accessory (Y) - within the CI;

and accidental (Z) - below the lower CI limit.

For dominance, species were classified as follows: super dominant (SD) and dominant (D) - frequency above the dominance limit; and

non-dominant (ND) - frequency below than the dominance limit.

Abundance was divided into the following classes: rare (r) - number of individuals below the lower limit of the CI of the mean; dispersed (d) - number of individuals between the lower and upper limits of the CI of the mean; common (c) - number of individuals between the lower and upper limits of the CI of the mean; abundant (a) - number of individuals meeting the upper limits of the CI of the mean; and very abundant (va) - number of individuals above the upper limit of the CI of the mean.

The researchers responsible for the current study were duly authorized by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) and Authorization and Information System in Biodiversity (SISBIO).

## Results and Discussion

In total, 23,709 puparia of *Anastrepha* spp. were observed in this study, of which 7,414 flies of the species *A. fraterculus* emerged. In 355 of these puparia parasitoids emerged. The remaining pupae were unviable. The highest abundance rate of *A. fraterculus* observed among tephritids in the state of Santa Catarina had already been recorded in citrus (GARCIA & LARA, 2006), peach (ALBERTI et al., 2009; GARCIA & NORRBOM, 2011), passion fruit (ALBERTI et al., 2009), pear (ROSA et al., 2017), plum and 'feijoa' (GARCIA & NORRBOM, 2011; ROSA et al., 2017), and apple (SANTOS & GUIMARÃES, 2018).

Seven parasitoid species were recorded, four of which belonged to the family Braconidae (Opiinae): *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligeti, 1911); *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911); *Opius* sp. and *Utetes anastrephae* (Viereck, 1913); while

three belonged to the family Figitidae (Eucoilinae): *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924); *Aganaspis nordlanderi* Wharton, 1998 and *Odontosema anastrephae* Borgmeier, 1935 (Table 2). The subfamilies Eucoilinae (Figitidae) and Opiinae (Braconidae) included the most representative species used for biological control of tephritids (CANAL & ZUCCHI, 2000; GUIMARÃES et al., 2003; DIAS et al., 2022). The main genus of *Anastrepha* parasitoids observed in the state of Santa Catarina belonged to the families Braconidae, Diapriidae and Figitidae (GARCIA & COURSEUIL, 2004; SANTOS & GUIMARÃES, 2018). Some of the Braconidae species we identified in this work had previously been recorded in association with *Anastrepha* in the state of Santa Catarina, such as: *U. anastrephae* (LEONEL JUNIOR et al., 1995; NORA et al., 1995; NORA et al., 2000; GARCIA & COURSEUIL, 2004); *D. areolatus*, *D. brasiliensis* (LEONEL JUNIOR et al., 1995; NORA et al., 2000; GARCIA & COURSEUIL, 2004; SANTOS & GUIMARÃES, 2018), and *Opius bellus* Gahan, 1930 (LEONEL JUNIOR et al., 1995; NORA et al., 1995; NORA et al., 2000; GARCIA & COURSEUIL, 2004). According to Canal & Zucchi (2000), *U. anastrephae* was misidentified as *Opius tomopagliae* (Costa Lima, 1937). As a result, this species currently lacks records in the state of Santa Catarina.

The following Figitidae species (Eucoilinae) recorded in this study had already been reported in the state of Santa Catarina: *O. anastrephae* (GUIMARÃES et al., 2000; GARCIA & COURSEUIL, 2004); *A. pelleranoi* (GUIMARÃES et al., 2000; NORA et al., 2000; GARCIA & COURSEUIL, 2004; SANTOS & GUIMARÃES, 2018); and *A. nordlanderi* (SANTOS & GUIMARÃES, 2018). Although Garcia and Courseuil (2004) reported *Trichopria anastrephae* Lima, 1940 (Diapriidae) in fruits of *Psidium guajava* L. (guava), this species

was not recorded in the present study, probably because it was not evaluated host.

Of the all parasitoid species recorded in this study, only *A. nordlanderi* had not been recorded in surveys carried out in the state of Santa Catarina in the 1990s. In fact, *A. nordlanderi* was first documented in Southern Brazil in 2015, specifically in Caçador, in the state of Santa Catarina (SANTOS & GUIMARÃES, 2018). In our study, this species was recorded in the municipalities of Caçador and Macieira (Table 2).

Red cattley guava and cherry of the Rio Grande were the hosts harboring the highest number of parasitoid species, comprising six of the seven species recorded here (Table 2). These findings corroborate those reported by Garcia and Courseuil (2004), who found that cattley guava, cherry of the Rio Grande and guava were the hosts harboring the highest number of parasitoid species in *A. fraterculus* in Western Santa Catarina. Nora et al. (1995) recorded parasitoids associated with *A. fraterculus* in fruits of 'feijoa' (*D. areolatus*, *D. brasiliensis*, *O. bellus* and *U. anastrephae*), 'guabioba' (*D. brasiliensis*, *O. bellus* and *U. anastrephae*), 'sete capotes' (*D. areolatus* and *D. brasiliensis*) and yellow cattley guava (*D. brasiliensis*) in the AVRP region. In the study mentioned above, Eucoilinae (not identified at the species level) was also recorded in fruits of all hosts assessed.

Parasitism rates ranged from 0.2% to 39%, with variations between fruit trees and collection municipalities (Table 2). According to Nora et al. (2000), the level of parasitism in the state of Santa Catarina is variable and influenced by the host plant species in which fruit flies develop. According to Canal and Zucchi (2000), the natural parasitism of fruit flies varies depending on aspects such as host fruit, location and time of collection. However, these rates rarely exceed 50%, which is considered low

Table 2. Parasitoids associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) and parasitism index recorded for native fruit tree species, in the Alto Vale do Rio do Peixe region, state of Santa Catarina, Brazil (crop seasons from 2015/2016 to 2021/2022)

Tabela 2. Parasitoides associados à *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) e índice de parasitismo em frutos de frutíferas nativas, na região do Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil (safras 2015/2016 a 2021/2022)

Native fruit trees species	Parasitoid Family/Species	Collection Municipality (Parasitism index %)
<i>Psidium cattleianum</i> (red cattley guava)	Figitidae <i>Aganaspis pelleranoi</i>	Caçador (0.2); Rio das Antas (7.2); Videira (4.7); Lebon Régis (1.5)
	<i>Aganaspis nordlanderi</i>	Caçador (0.2)
	Braconidae <i>Doryctobracon brasiliensis</i>	Caçador (7); Videira (1.4); Matos Costa (0.3); Rio das Antas (3); Lebon Régis (2)
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	Caçador (4.4); Videira (16.3); Matos Costa (0.3); Lebon Régis (3)
	<i>Utetes anastrephae</i> <i>Opius</i> sp.	Videira (1.5) Rio das Antas (0.4); Videira (4.5)
<i>Psidium cattleianum</i> (yellow cattley guava)	Figitidae <i>Aganaspis pelleranoi</i>	Caçador (2.5); Macieira (23); Rio das Antas (0.8); Videira (2.4)
	<i>Aganaspis nordlanderi</i> <i>Odontosema anastrephae</i>	Macieira (9) Rio das Antas (0.9)
	Braconidae <i>Doryctobracon brasiliensis</i>	Caçador (12); Matos Costa (11.5); Macieira (5)
<i>Acca sellowiana</i> (‘feijoa’)	Figitidae <i>Aganaspis pelleranoi</i>	Caçador (4.2)
	Braconidae <i>Doryctobracon brasiliensis</i>	Caçador (4); Videira (1.3)
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	Caçador (4.5); Videira (3)
<i>Eugenia involucrata</i> (cherry of the Rio Grande)	Figitidae <i>Aganaspis pelleranoi</i>	Caçador (4); Videira (3.3)
	<i>Aganaspis nordlanderi</i> <i>Odontosema anastrephae</i>	Caçador (0.9) Videira (0.6)
	Braconidae <i>Doryctobracon brasiliensis</i> <i>Doryctobracon areolatus</i> <i>Utetes anastrephae</i>	Macieira (3.3); Videira (0.8) Caçador (5); Macieira (1.2) Caçador (7); Macieira (8); Videira (10)
	Figitidae <i>Aganaspis pelleranoi</i> <i>Aganaspis nordlanderi</i>	Videira (31); Matos Costa (9); Lebon Régis (1) Caçador (6)
	Braconidae <i>Doryctobracon brasiliensis</i> <i>Utetes anastrephae</i>	Calmon (4); Videira (7) Videira (2); Macieira (6); Rio das Antas (39); Lebon Régis (1)
<i>Eugenia pyriformis</i> (‘uvaia’)	Braconidae <i>Doryctobracon areolatus</i>	Caçador (6)
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (‘sete capotes’)	Figitidae <i>Aganaspis pelleranoi</i>	Videira (0.9)

for integrated pest management programs. According to the authors, natural parasitism can be enhanced by conservation-oriented or applied biological control based on massive releases. According to Nava (2007), several potential species have already been listed for the applied biological control of *A. fraterculus* in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Among them, *Opius* sp., *D. brasiliensis*, *D. areolatus* and *A. pelleranoi* were found to parasitize up to 40% of fruit fly larvae in different orchards.

Of the seven species studied here, *A. pelleranoi* was not associated with 'uvaia'. Therefore, this parasitoid species was recorded in most assessed hosts (Table 2). It was also the most frequent species, accounting for 31.8% of the emerged parasitoids, and was constant, very abundant and dominant in the AVRP region (Table 3). *Aganaspis pelleranoi* was not recorded in Calmon. Moreover, it was a little frequent and had an accidental, dispersed and non-dominant incidence in Macieira. On the other hand, in the other municipalities, it had a frequent or very frequent incidence, was mostly dominant (Table 3). According to Garcia & Corseuil (2004), *A. pelleranoi* was the most frequent species recorded in Western Santa Catarina (25.6%), followed by *D. brasiliensis* (21.1%) and *D. areolatus* (18.6%). These authors observed that cattley guava was a common host for these three parasitoid species, which is in line with the present results.

*Utetes anastrephae* was the second most frequent species. It was associated with three hosts (Table 2) and accounted for 24% of emerged parasitoids. It was very frequent and had an accessory, abundant and dominant incidence in the AVRP region (Table 3). The species *D. areolatus* and *D. brasiliensis* were associated with five hosts (Table 2) accounting for 18.0% and 21.7% of

emerged parasitoids, respectively, and showing frequent, common and dominant incidence in the AVRP region. *Odontosema anastrephae* (1.1%), *A. nordlander* (1.4%), and *Opius* sp. (2.0%) were the least frequent species, with an accidental incidence in the AVRP region. *Opius* sp. and *O. anastrephae* were observed only in the cities of Videira and Rio das Antas, while *A. nordlander* was recorded in Macieira and Caçador (Table 2). *A. nordlander* and *O. anastrephae* had a rare and non-dominant incidence, while *Opius* sp. had a dispersed and dominant incidence (Table 3). Calmon only recorded one parasitoid of the species *D. brasiliensis*; therefore, it was not possible to perform its faunistic analysis.

Since the use of insecticides is increasingly limited, especially in fruits grown for export, it is necessary to find other strategies focused on controlling fruit flies in orchards based on integrated pest management. Thus, studies focused on investigating the diversity of parasitoid species can help the biological control of fruit flies by providing essential information on fruit species that act as hosts for these natural enemies, besides encouraging future studies aimed at applied biological control.

## Conclusion

- The parasitoids of the species *A. pelleranoi*, *A. nordlander*, *O. anastrephae* (Figitidae), *D. brasiliensis*, *D. areolatus*, *Opius* sp. and *U. anastrephae* (Braconidae) were associated with *A. fraterculus* in fruits from native host trees grown in the Alto Vale do Rio Peixe region, state of Santa Catarina;
- *Aganaspis pelleranoi* was the most frequent species, with a constant, very abundant and dominant incidence;
- The region showed a diversity of

parasitoid species, although at low parasitism rates, and it is necessary to conduct new studies focused on investigating conservation-oriented and applied biological control processes.

## Acknowledgment

The authors would like to thank the FAPESC (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina) and CNPq/INCT – HYMPAR (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides) for providing the financial support necessary for the development of the current research.

## References

- ALBERTI, S.; GARCIA, F.R.M.; BOGUS, G.M. Moscas-das-frutas em pomares de pessegueiro e maracujazeiro, no município de Iraceminha, Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1565-1568, 2009.
- BOLDO, R.S.; KOVALESKI, A.; ROSA, J.M.; BOFF, M.I.C.; FRANCO, C.R. Development of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) in different host fruits. **Journal of Agricultural Science**, Ottawa, v.11, n.8, p.273-279, 2019.
- BORGES, R.; MACHOTA JUNIOR, R.; BOFF, M.I.C.; BOTTON, M. Efeito de iscas tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **BioAssay**, Piracicaba, v.10, n.3, p.1-8, 2015.
- CANAL, N.A.; ZUCCHI, R.A. Parasitóides – Braconidae. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (orgs.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.119-126.

Table 3. Faunistic analysis applied to parasitoid species associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in the Alto Vale do Rio do Peixe region, Santa state of Catarina, Brazil (crop seasons from 2015/2016 to 2021/2022)

Tabela 3. Análise faunística das espécies de parasitoides associadas à *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) na região do Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil (safra 2015/2016 a 2021/2022)

Collection Municipality	Parasitoid Family/Species	Relative frequency (%)	Classes			
			Frequency <sup>1</sup>	Constancy <sup>2</sup>	Abundance <sup>3</sup>	Dominance <sup>4</sup>
Caçador	Figitidae					
	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	32.3	F	Y	c	D
	<i>Aganaspis nordlanderi</i>	4.2	LF	Z	d	ND
	Braconidae					
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	15.6	F	Z	c	D
	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	40.6	VF	Z	va	D
Rio das Antas	<i>Utetes anastrephae</i>	7.3	F	Z	c	D
	Figitidae					
	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	38.9	VF	Y	va	D
	<i>Odontossemia anastrephae</i>	2.8	LF	Z	r	ND
	Braconidae					
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	8.3	F	Z	c	ND
Videira	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	13.9	F	Z	c	ND
	<i>Utetes anastrephae</i>	19.4	F	Z	c	D
	<i>Opius</i> sp.	16.7	F	Y	c	D
	Figitidae					
Macieira	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	36.7	VF	Y	va	D
	<i>Odontossemia anastrephae</i>	1.8	LF	Z	d	ND
	Braconidae					
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	18.3	F	Z	c	D
	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	7.7	F	Y	c	D
	<i>Utetes anastrephae</i>	34.9	VF	Z	va	D
Matos Costa	<i>Opius</i> sp.	0.6	LF	Z	d	ND
	Figitidae					
	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	8.0	LF	Z	d	ND
	<i>Aganaspis nordlanderi</i>	2.6	LF	Z	r	ND
	Braconidae					
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	31.6	F	Y	c	D
Lebon Régis	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	28.9	F	Y	c	D
	<i>Utetes anastrephae</i>	28.9	F	Z	c	D
	Figitidae					
	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	11.1	F	Y	va	ND
Alto Vale do Rio do Peixe region	Braconidae					
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	11.1	F	Y	va	ND
	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	77.8	VF	W	va	D
	Figitidae					
Alto Vale do Rio do Peixe region	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	33.3	F	Y	c	ND
	Braconidae					
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	33.3	F	Z	c	ND
	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	16.7	F	Z	c	ND
	<i>Utetes anastrephae</i>	16.7	F	Z	c	ND
	Figitidae					
Alto Vale do Rio do Peixe region	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	31.8	VF	W	va	D
	<i>Aganaspis nordlanderi</i>	1.4	LF	Z	r	ND
	<i>Odontossemia anastrephae</i>	1.1	LF	Z	r	ND
	Braconidae					
	<i>Doryctobracon areolatus</i>	18.0	F	Y	c	D
	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	21.7	F	W	c	D
Alto Vale do Rio do Peixe region	<i>Utetes anastrephae</i>	24.0	VF	Y	a	D
	<i>Opius</i> sp.	2.0	LF	Z	d	D

1 - Frequency: LF = little frequent; F = frequent; VF= very frequent.

2 - Constancy: Z = accidental; Y = accessory; W = constant.

3 - Abundance: r = rare; d = dispersed; c = common; va = very abundant.

4 - Dominance: ND = non-dominant; D = dominant.

- DIAS, N.P.; ZOTTI, M.J.; MONTOYA, P.; CARVALHO, I.R.; NAVA, D.E. Fruit fly management research: a systematic review of monitoring and control tactics in the world. **Crop Protection**, Guildford, v.112, p.187-200, 2018.
- DIAS, N.P.; MONTOYA, P.; NAVA, D.E. A 30-year systematic review reveals success in tephritid fruit fly biological control research. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, n.170, p.370-384, 2022.
- GARCIA, F.R.M.; CORSEUIL, E. Native hymenopteran parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Santa Catarina State, Brazil. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.87, n.4, p.517-521, 2004.
- GARCIA, F.R.M.; LARA, D.B. de. Análise faunística e flutuação populacional de mosca-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em pomar cítrico no município de Dionísio Cerqueira, Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis, v.19, n.3, p.65-70, 2006.
- GARCIA, F.R.M.; NORRBOM, A.L. Tephritoid flies (Diptera, Tephritoidea) and their plant hosts from state of Santa Catarina in Southern Brazil. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.94, n.2, p.151-157, 2011.
- GUIMARÃES, J.A.; DIAZ, N.B.; ZUCCHI, R.A. Parasitoides - (Figitidae: Eucilinae). In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (orgs.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.127-134.
- GUIMARÃES, J.A.; GALLARDO, F.E.; DIAZ, N.B.; ZUCCHI, R.A. Eucilinae species (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) parasitoids of fruit-infesting dipterous in Brazil: identity, geographical distribution and host associations. **Zootaxa**, v.278, p.1-23, 2003.
- LEONEL JR., F.L.; ZUCCHI, R.A.; WHARTON, R.A. Distribution and tephritid hosts (Diptera) of braconid parasitoids (Hymenoptera) in Brazil. **International Journal of Pest Management**, London, v.41, n.4, p.208-213, 1995.
- MORAES, R.C.B.; HADDAD, M.L.; SILVEIRA NETO, S.; REYES, A.E.L. Software para análise faunística. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8., 2003, São Pedro. **Anais do 8º Siconbiol[...]**. 2003. v.1, n.1, p.195.
- NAVA, D.E. **Controle biológico de insetos-praga em frutíferas de clima temperado: uma opção viável, mas desafiadora**. Embrapa: Pelotas, 2007. 20p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 208).
- NORA, I.; CANAL, N.A.; ZUCCHI, R.A.; BRANCO, E.S. Levantamento de parasitoides (Hym., Braconidae) de *Anastrepha* (Dip., Tephritidae) na região do Alto Vale do Rio do Peixe, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 6., SIMPÓSIO INTEGRADO DE MANEJO DE PRAGAS, 2., 1995, Caxambu. **Resumos[...]**. Lavras: ESAL, 1995. p.298.
- NORA, I.; HICKEL, E.R.; PRANDO, H.F. Moscas-das-frutas nos estados brasileiros: Santa Catarina. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (orgs.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos. 2000. p.271-276.
- ROSA, J.M.; ARIOLI, C.J.; SANTOS, J.P.; MENEZES-NETTO, A.C.; BOTTON, M. Evaluation of food lures for capture and monitoring of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) on temperate fruit trees. **Journal of Economic Entomology**, Laham, v.110, p. 995-1001, 2017.
- SANTOS, J.P.; GUIMARÃES, J.A. Parasitoids associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in native fruits: first record of *Aganaspis nordlander* (Hymenoptera: Figitidae) in the state of Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n.3, p.1-5, 2018.
- SANTOS, J.P.; LACERDA, A.E.B.; ALVES, A.C.; ANSILIERO, A.A. Índices de infestação da mosca-das-frutas sul-americana em frutíferas nativas em Caçador, SC, Brasil. **Actas Portuguesas de Horticultura**, Lisboa, v.29, p.86-92, 2018.
- SANTOS, J.P. Frutíferas hospedeiras de moscas-das-frutas: arrancá-las ou conservá-las? **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.1, p.5-7, 2022.
- SANTOS, J.P.; MENEZES-NETTO, A.C.; WERNER, S.S.; LINS JUNIOR, J.C. Infestação de moscas-das-frutas em hospedeiros nativos na região do Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.2, p.31-36, 2022.
- SILVEIRA NETO, S.S.; MONTEIRO, R.C.; ZUCCHI, R.A.; MORAES, R.C.B. Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.9-15, 1995.
- ZUCCHI, R.A. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Orgs.). In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Orgs.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.13-24.



# A aplicação do remineralizador de varvito afeta a disponibilidade do N de composto orgânico

Rafael Ricardo Cantú<sup>1</sup>, Alexandre Visconti<sup>1</sup>, Rafael Gustavo Ferreira Morales<sup>1</sup> e Euclides Schallenberger<sup>1</sup>

**Resumo** – O conhecimento sobre o uso de remineralizadores do solo, constituídos por farelos ou pós de rochas silicatadas, vem sendo intensamente demandado por meio de editais de pesquisas e pelas cadeias produtivas da agricultura. O potencial de uso dos remineralizadores associados a compostos orgânicos (CO) é uma das principais demandas de estudo. Considerando que no Vale do Itajaí em Santa Catarina o pó de varvito (PV) e os compostos de resíduos de agroindústrias são encontrados abundantemente, tornam-se necessários estudos com a associação destes materiais. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar no solo o efeito da mistura do CO e PV na mineralização do N e na disponibilidade de macronutrientes. O experimento foi realizado em incubação controlada onde foram misturadas no solo, cinco doses do PV (0, 5, 10, 20 e 40Mg ha<sup>-1</sup>) ao CO (30Mg ha<sup>-1</sup>), além do tratamento somente com o solo. A adição do pó do PV em doses acima 5Mg ha<sup>-1</sup> afeta a mineralização de N do CO, reduzindo a amonificação, intensificando a nitrificação e ocasionando menores teores de N mineral total no solo no decorrer da incubação. Os outros macronutrientes avaliados não sofreram alterações, indicando a ausência de contribuição do PV nesses atributos.

**Termos de indexação:** Compostagem; Pó de rocha; Nutrição de plantas.

## Application of varvite remineralizer delays N availability of organic compost

**Abstract** – The demand for knowledge on the use of soil remineralizers containing silicate rock crumbs or powders has been constantly increasing. The potential use of remineralizers associated with organic compounds (CO) is one of the main demands for study. Considering that in the Itajaí Valley in Santa Catarina, varvite powder (PV) and agro-industrial waste compounds are found abundantly, studies are needed on the association of these materials. Thus, the objective of the work was to evaluate the effect of the mixture of CO and PV on N mineralization and macronutrient availability in the soil. The experiment was carried out in a controlled incubation where five doses of PV (0, 5, 10, 20 and 40Mg ha<sup>-1</sup>) and CO (30Mg ha<sup>-1</sup>) were mixed into the soil, in addition to the treatment with soil alone. The addition of PV powder in doses above 5 Mg ha<sup>-1</sup> affects the mineralization of N from CO, reducing ammonification, intensifying nitrification and causing lower levels of total mineral N in the soil during incubation. The other macronutrients evaluated did not change, indicating the absence of contribution from PV in these attributes. The potential use of remineralizers associated with organic compounds (CO) is one of the main demands for study. Considering that in the Itajaí Valley in Santa Catarina varvite powder (PV) and agro-industrial waste compounds are found abundantly, studies are needed with the association of these materials. Thus, the objective of the work was to evaluate the effect of the mixture of CO and PV on N mineralization and macronutrient availability in the soil. The experiment was carried out in a controlled incubation where five doses of PV (0, 5, 10, 20 and 40Mg ha<sup>-1</sup>) and CO (30Mg ha<sup>-1</sup>) were mixed into the soil, in addition to the treatment with soil alone. The addition of PV powder in doses above 5 Mg ha<sup>-1</sup> affects the mineralization of N from CO, reducing ammonification, intensifying nitrification and causing lower levels of total mineral N in the soil during incubation. The other macronutrients evaluated did not change, indicating the absence of contribution from PV in these attributes.

**Index terms:** Composting; Rock dust; Plant nutrition.

Recebido em 08/01/2024. Aceito para publicação em 16/04/2024

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1803>

Editora de seção: Marlise Nara Ciota

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P 277 88301-970 Itajaí, SC, fone: (48) 3398-6300, e-mail: rrcantu@epagri.gov.sc.br, visconti@epagri.sc.gov.br, rafaelmorales@epagri.sc.gov.br, schallenberger@epagri.sc.gov.br.

## Introdução

Os remineralizadores são materiais assim caracterizados, por formar novos argilominerais ao longo do tempo e assim ‘rejuvenescer’ solos intemperizados (MAPA, 2016; EMBRAPA, 2020). São, na maioria, pós de rochas silicatadas e recebem essa exclusiva classificação pelo Ministério da Agricultura e Pecuária - Mapa, devendo apresentar algum benefício ao agroecossistema (MAPA, 2016).

Apesar dos remineralizadores estarem disponíveis em abundância nas diversas regiões do país, há escassez e dubiedade de resultados que comprovem os benefícios da rocha moída, tal como PV (EMBRAPA, 2020). Todavia, instituições de pesquisa têm direcionado esforços para avaliar a eficiência agrônômica desses materiais, fomentados por editais, pelas cadeias produtivas da agricultura e mineração.

Entre os materiais com potencial remineralizador, o pó da rocha varvito (PV) é encontrado com abundância na região do Vale do Itajaí, gerado pelas diversas mineradoras da ‘pedra ardósia’ da região. O Varvito é uma rocha sedimentar estratiforme formada pela alternância rítmica, resultando numa textura listrada marcante e aspecto laminar (LARROYD et al., 2018).

A utilização de remineralizadores, como o PV, associados a compostos orgânicos (CO) pode ser uma alternativa para a aplicação simultânea em cultivos (CARNEIRO et al., 2013). Isso porque, em muitas regiões, como o Vale do Itajaí, há a produção de CO próximo aos locais de oferta dos remineralizadores, como o PV. Nesta região, existem empreendimentos de agroindústrias da produção de carne, que transformam os resíduos em CO de elevada qualidade. Todavia, apesar de já haver avaliações agrônômicas deste insumo (HIGASHIKAWA et al., 2022), ainda há

escassez de informações sobre o uso em cultivos do PV associado ao CO.

Neste contexto, consideramos que são de elevada importância estudos para avaliar o efeito da mistura do PV associado ao CO, na disponibilidade dos nutrientes ao solo. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar se a associação de PV ao CO, em incubação controlada, influencia na mineralização do N e na disponibilidade de macronutrientes no solo.

## Material e métodos

A avaliação do efeito do PV sobre a mineralização de N do CO foi realizada na Estação Experimental da Epagri de Itajaí – EEI, SC, no ano de 2020. O experimento de incubação foi conduzido no Laboratório de Microbiologia Ambiental e Agrícola (LAMAG) da EEI. As análises do N total, mineral amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) foram realizadas no LAMAG, conforme Tedesco et al. (1995). A determinação dos macronutrientes, pH e das características do composto orgânico utilizado foi realizada no laboratório de solos do Centro de Pesquisa para

Agricultura Familiar – CEPAF/Chapecó, utilizando as metodologias da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos e de Tecido Vegetal dos estados do RS e SC - Rolas.

O CO, a base dos resíduos do abate e da criação de suínos (HIGASHIKAWA et al., 2022), foi obtido no município de Rio de Sul e o PV, obtido junto a uma pedreira no município de Trombudo Central, ambos localizados no Vale do Itajaí em SC. O solo utilizado no experimento foi um Cambissolo Háplico (0 a 15cm), em área de pastagem localizada dentro da EEI, a mais de 15 anos sem manejo de adubação e calagem (Tabela 1).

Os tratamentos utilizados estão descritos na Tabela 2, sendo que a dose do CO ( $30\text{Mg ha}^{-1}$ ) foi estabelecida com base em testes já realizados (HIGASHIKAWA et al., 2022) e as recomendações da CQFS-RS/SC (2016) para cultivos com adubação exclusivamente orgânica, baseada na demanda do N. As doses do PV foram misturadas ao solo e ao CO, nas quantidades de 0, 5, 10, 20 e  $40\text{Mg ha}^{-1}$ , adaptadas de estudos realizados com outros pós de rochas (ANDA et al., 2015).

Tabela 1. Atributos de fertilidade do composto orgânico (CO), do pó de varvito (PV) e dos solos utilizados nos experimentos

Table 1. Fertility attributes of organic compost (CO), varvite powder (PV) and soils used in the experiments

Material	pH	P	K	N	MO	Relação C/N
		..... $\text{mg dm}^{-3}$ .....			%	
CO	6,5	2087	730	2920	-	14
PV	8,7	-	36,4	-	-	-
Solo	5,3	40,8	37,3	-	2,5	-

\* Análises com metodologia da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas.

\* Analysis using the methodology of the Official Network of Soil and Plant Tissue Analysis Laboratories of the States of RS and SC - Rolas.

Tabela 2. Tratamentos utilizados nos experimentos para avaliações agrônômicas de composto orgânico (CO) misturado ao pó de varvite (PV)

Table 2. Treatments used in experiments for agronomic evaluations of organic compost (CO) mixed with varvite powder (PV)

Tratamento	Dose de CO ..... Mg ha <sup>-1</sup> .....	Dose de PV ..... g kg de solo <sup>-1</sup> .....	Dose de CO	Dose de PV
T1 - Testemunha	0	0	0	0
T2 - CO	30	0	20	0
T3 - CO + PV	30	5	20	3,3
T4 - CO + PV	30	10	20	6,7
T5 - CO + PV	30	20	20	13,3
T6 - CO + PV	30	40	20	26,7

\* Análises com metodologia da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas.

\* Analysis using the methodology of the Official Network of Soil and Plant Tissue Analysis Laboratories of the States of RS and SC - Rolas.

O estudo foi conduzido em condições controladas no período de abril a junho de 2020, analisando a mineralização do N, com incubação em estufa BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Para adequar as doses do CO e PV de Mg ha<sup>-1</sup> para g L<sup>-1</sup> de solo (Tabela 2), foi estabelecida a quantidade de solo em 150L m<sup>2</sup>, correspondente a profundidade de incorporação do CO no solo (15cm de profundidade) em cultivo no campo.

A instalação e o manejo da incubação foram adaptados com base nos estudos realizados por Cordovil et al. (2019), onde as misturas foram acondicionadas em frascos 'snap cap' contendo 200g cada, considerando peso seco. Em seguida, foi corrigida a umidade de 15% para 18% adicionando-se água destilada, ficando próximo a 70% da capacidade de campo (CARNEIRO et al., 2013), que é um índice convencionalmente utilizado em incubações. Os recipientes foram identificados com os tratamentos, as repetições e os tempos de incubação,

para controlar as extrações. Deste modo, o experimento foi constituído por seis tratamentos, com quatro repetições e seis períodos de avaliação, constituindo um total de 144 'snap caps'. Os recipientes contendo os tratamentos foram mantidos em BOD a 25°C, em ambiente aeróbico, com fotoperíodo de 12 horas. A correção da umidade no decorrer do experimento, foi realizada semanalmente por diferença de peso dos recipientes, adicionando água destilada.

Para determinar a taxa de mineralização do N foram realizadas seis extrações ao longo do tempo, aos 01, 10, 28, 41, 60 e 90 dias de incubação. Foram analisadas as dinâmicas das mineralizações do N entre os tratamentos, por meio de análise de variância e testes de separação de médias, utilizando os programas estatísticos Sisvar 5.6 e Excel.

## Resultados e discussão

A mineralização do N do CO foi

afetada pelas doses do PV, variando de forma e intensidade conforme o aumento das quantidades do remineralizador (Figura 1). Observando os resultados é possível constatar que nos tratamentos T2 (que recebeu somente o CO) e no T3 (que recebeu CO e a menor dose do PV - 5Mg ha<sup>-1</sup>), os teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> se mantiveram mais elevados durante a incubação, em comparação aos tratamentos T4, T5 e T6, que receberam CO misturado às maiores doses de PV (10, 20 e 40Mg ha<sup>-1</sup>). Por outro lado, os tratamentos com maiores doses de PV (T4, T5 e T6) mantiveram os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> superiores ao T2 e T3 (Figura 1A).

A mineralização e a manutenção mais elevada do N, na forma amoniacal no início da incubação, declinando somente próximo aos 40 dias, nos tratamentos T2 e T3, sem PV e com a menor dose, respectivamente (Figura 1A), seguem a tendência de estudos com materiais orgânicos (ARAUJO et al., 2020). Neste caso, apresentando uma nitrificação mais lenta do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Figura 1B). Por outro lado, ocorreu uma nitrificação do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> maior e mais antecipada nos tratamentos com maiores doses do PV (T4, T5 e T6) (Figura 1B).

Considerando estes efeitos significativos na dinâmica dos teores de N mineral (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), proporcionados pelas doses do PV sobre o CO, é possível presumir que o pó da rocha interferiu na atividade microbiana relacionada à decomposição da matéria orgânica e nas bactérias Nitrosomonas, que oxidam o NH<sub>4</sub><sup>+</sup> transformando-o em NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. É possível constatar que houve uma maior intensificação na nitrificação do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nos tratamentos com as maiores doses de PV (Figura 1B), sugerindo uma maior atividade das Nitrosomonas. Por outro lado, ocorreu uma menor mineralização total do N, respectivamente (Figura 1C), sugerindo uma menor atividade dos microrganismos heterotróficos, que decompõe a matéria orgânica no

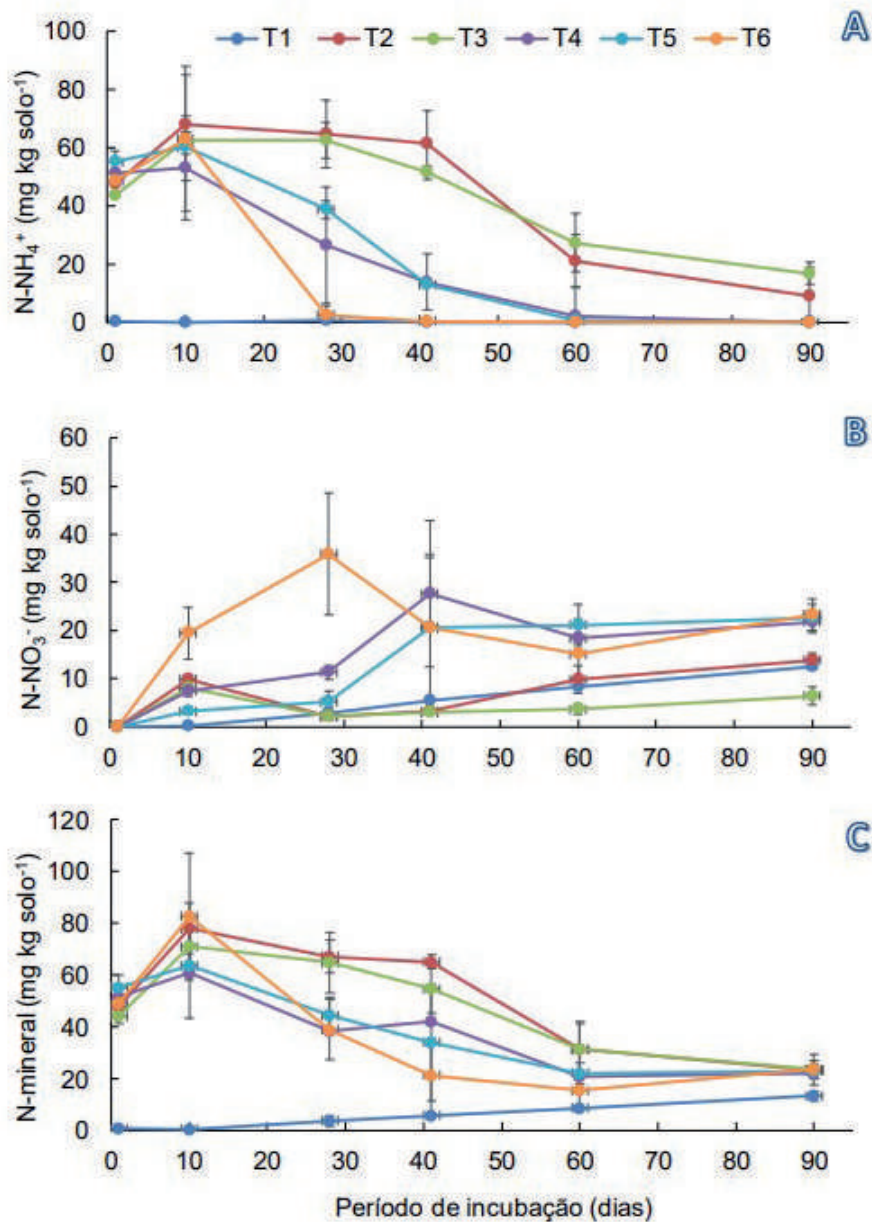


Figura 1. Teores de nitrogênio mineral de fertilizante orgânico misturado a doses de pó de varvito, no decorrer de incubação controlada. As barras no gráfico indicam a diferença mínima significativa de cada avaliação pelo teste de Tukey 5%  
 Figure 1. Mineral nitrogen contents of organic fertilizer mixed with doses of varvite powder, during controlled incubation. The bars in the graph indicate the minimum significant difference for each assessment using the 5% Tukey test

solo, com o aumento das doses do PV. Todavia, não foram encontrados na literatura estudos relacionando o efeito do PV na mineralização do N, ou na biomassa microbiana, apesar de serem abundantes os estudos (GUIMARÃES et al., 2018; TEBAR et al., 2021)

sobre o efeito de microrganismos na solubilidade de P e K em outras rochas moídas.

As diferenças observadas na mineralização total do N do CO não devem estar relacionadas à contribuição do PV para os principais

componentes de fertilidade do solo analisados (Tabela 3), considerando a ausência de efeito nesses indicadores. Assim, a interferência na mineralização do N deve ser atribuída a outros efeitos do PV na comunidade microbiana, além dos indicadores de fertilidade avaliados (Tabela 3), conforme verificado por outros autores com diferentes rochas moídas e nutrientes (GUIMARÃES et al., 2018; TEBAR et al., 2021).

A imobilização microbiana também pode ter influenciado para os menores teores de N mineral observados durante a incubação, entre os 10 e 60 dias, nos tratamentos com as maiores doses do PV (Figura 1C). Todavia, essa inferência seria mais assertiva, caso fossem avaliadas a atividade ou a biomassa microbiana, como em outros trabalhos (CANTÚ et al., 2017; ARAUJO et al., 2020), podendo ser uma abordagem para estudos futuros com o remineralizador PV.

A dinâmica da forma nitrogenada mineral no solo afeta os cultivos, pois pode disponibilizar melhor o N, dependendo da melhor relação  $\text{NH}_4^+$  /  $\text{NO}_3^-$  exigida pela planta cultivada. Sobretudo, afeta diretamente as perdas das formas nitrogenadas por lixiviação, emissão e volatilizações gasosas. É importante destacar que os teores totais de N mineral nos tratamentos se mantiveram entre 20 e 80mg kg<sup>-1</sup> do solo, que é desejável para a nutrição e aspectos ambientais em cultivos (CANTÚ et al., 2017), demonstrando a assertividade da dose do CO utilizada. No tratamento controle, com apenas solo (T1), os teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  variaram entre 0 e próximo de 10 mg kg<sup>-1</sup> do solo do início ao final da incubação respectivamente, conforme o esperado e encontrado recorrentemente na literatura (CARNEIRO et al., 2013; ARAUJO et al., 2020).

Em relação aos indicadores de fertilidade do solo, é possível verificar que apenas o valor do pH variou no

Tabela 3. Teores dos nutrientes no solo e pH com adição do composto orgânico (CO) e pó de varvito (PV), no início (0 dias) e ao final (90 dias) do experimento

Table 3. Nutrient levels and pH in the soil with the addition of organic compost (CO) and varvite powder (PV), at the beginning (0 days) and at the end (90 days) of the experiment

Tratamento	pH inicial	pH final	P inicial	P final	K inicial	K final	Ca inicial	Ca final	Mg inicial	Mg final
			.....mg dm <sup>3</sup> .....			.....cmol dm <sup>3</sup> .....				
T1	5,1A	5,4B	40,8b	38,5b	37,3b	42,7b	2,1b	2,2b	0,4b	0,4b
T2	5,0A	5,5B	77,9a	79,2a	175,1a	161,3a	2,9a	3,1a	1,1a	1,1a
T3	5,0A	5,5B	74,3a	86,1a	159,5a	156,3a	3,0a	3,2a	1,1a	1,1a
T4	5,1A	5,6B	84,1a	81,7a	164,0a	173,9a	3,3a	3,2a	1,2a	1,2a
T5	5,1A	5,5B	80,9a	81,6a	179,5a	164,1a	3,0a	2,9a	1,1a	1,2a
T6	5,1A	5,6B	78,9a	78,6a	168,7a	159,5a	3,0a	3,0a	1,2a	1,1a

\* Letras maiúsculas comparam os tratamentos em cada característica avaliada no início e final do experimento (linha) e letras minúsculas comparam a diferença entre os tratamentos nas características avaliadas (coluna), pelo teste de Scott-Knott 5%.

\* Capital letters compare treatments in each characteristic evaluated at the beginning and end of the experiment (row) and lowercase letters compare the difference between treatments in the characteristics evaluated (column), using the 5% Scott-Knott test.

decorrer da incubação, não havendo diferença significativa entre os tratamentos nos teores dos principais nutrientes entre o início e o final do experimento (Tabela 3). Portanto, a elevação do pH deve estar relacionada com a adição do CO, uma vez que fertilizantes orgânicos influenciam os atributos de acidez do solo, elevando o pH (DIKINYA & MUFWANZALA, 2010).

Resultados sobre a ausência de variação nos teores de nutrientes no solo, como o encontrado neste estudo, se assemelham a outros da literatura (CHAVES & MENDES, 2016), onde os autores não verificaram diferenças nos teores iniciais e finais da maioria dos

nutrientes, utilizando remineralizadores à base de rochas silicatadas. Todavia, outros estudos (ANDA et al., 2015) apontam disponibilização significativa de cátions ao solo pelo remineralizador, utilizando pó de basalto. O menor teor dos macronutrientes no solo (Tabela 3) encontrado no T1 na incubação se deve a não adição do CO neste tratamento, comparado aos demais que receberam o fertilizante, que conhecidamente disponibiliza nutrientes ao solo (HIGASHIKAWA et al., 2022).

Por fim, é importante destacar que a ausência no incremento dos macronutrientes no solo pela mistura do PV ao CO pode estar relacionada a

outros fatores limitantes à incubação. É que nesta condição há a ausência de plantas, precipitações, flutuações de temperatura e umidade, o que está associado ao curto período de avaliação rotineiramente adotado em experimentos dessa natureza (CORDOVIL et al., 2019).

Assim, se considera imprescindível a realização de testes a campo em diferentes cultivos, buscando verificar as respostas benéficas ou não das plantas a essas diferentes dinâmicas de disponibilidade do N, bem como a disponibilização dos demais nutrientes com a associação do PV ao CO.

## Conclusão

A adição do pó de varvito (PV) em doses acima 5Mg ha<sup>-1</sup> afeta a mineralização de N do composto orgânico (CO), reduzindo a amonificação, intensificando a nitrificação e ocasionando menores teores de N mineral total no solo no decorrer da incubação.

Nas condições de incubação não foi verificada a disponibilização dos macronutrientes avaliados pelo PV, quando associado ao CO. Assim, se entende necessário aprofundar os estudos com incubações mais prolongadas e estudos a campo com diferentes cultivos.

## Referências

- ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; ISHAK, C. Improving chemical properties of a highly weathered soil using finely ground basalt rocks. **Catena**, v.124, p.147-161, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.012>.
- ARAÚJO, M.D.M.; FEITOS, M.M.; PRIMO, A.A.; TANIGUCHI, C.A.K.; SOUZA, H.A. Mineralization of nitrogen and carbon from organic compost from animal production waste. **Revista Caatinga**, v.33, p.310-20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33204rc>.
- CANTÚ, R.R.; AITA, C.; DONEDA, A.; GIACOMINI, D.A.; DESSBESELL, A.; ARENHARDT, M.; BASTIANI, G.G.; PUJOL, S.B.; ROCHETTE, P.; CHANTIGNY, M.H.; GIACOMINI, S.J. Alternatives to regular urea for abating N losses in lettuce production under sub-tropical climate. **Biology And Fertility Of Soils**, Berlin, v.53, n.6, p.589-599, 2017.
- CARNEIRO, W.J.O.; SILVA, C.A.; MUNIZ, J.A.; SAVIAN, T.V. Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.8, p.715-725, 2013.
- CHAVES, L.H.G.; MENDES, J.S. Interpretação das características químicas dos solos submetidos à incubação com biocarvão e pó de rocha MB-4. **Revista Espacios**, Caracas, v.37, n.30, p.18, 2016.
- CORDOVIL, C.M.D.S.; PINTO, R.; SILVA, B.; SAS-PASZT, L.; SAKRABANI, R.; SKIBA, U.M. The impact of woody biochar on microbial processes in conventionally and organically managed arable soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.50, p.1387-1402, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1614609>.
- DIKINYA, O.; MUFWANZALA, N. Chicken Manure-Enhanced Soil Fertility and Productivity: Effects of Application Rates. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, v.1, p.46-54, 2010.
- EMBRAPA. **Esclarecimentos sobre uso de agrominerais silicáticos (remineralizadores) na agricultura**. Brasília, DF, 2020. (Embrapa. Esclarecimentos Oficiais).
- GUIMARÃES, G.G.F.; KLAIC, R.; GIROTO, A.S.; MAJARON, V.F.; AVANSI, W.; FARINAS, C.S. Smart fertilization based on sulfur-phosphate composites: synergy among materials in a structure with multiple fertilization roles. **ACS Sustain Chem Eng.**, v.6, n.9, p.12187–12196. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b02511>
- HIGASHIKAWA, F.S.; CANTÚ, R.R.; KURTZ, C.; GONÇALVES, P.A.S.; VIEIRA NETO, J. Aplicações anuais de adubação mineral e orgânica em plantio direto de cebola: efeito no rendimento e na fertilidade do solo. **Revista Thema**, Pelotas, v.21, n.1, p. 130-153, 2022.
- LARROYD, F.; RECUERO, J.C.; CENTENO, C.L.; HEIDER, M. “Ardósia” de Trombudo Central (SC) – Varvito– Florianópolis: DNPM, 2018. 39 p.
- MELO, V.F.; CASTILHOS, R.M.V.; PINTO, L.F.S. Reserva mineral do solo. *In*: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos**. Viçosa, MG: SBCS, 2009. v.1, p.251-332.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, RS: SBCS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 400p.
- TEBAR, M.M.; ALOVISI, A.M.T.; MUGLIA, G.R.P.; VILLALBA, L.A.; SOARES, M.S.P. Efeito Residual do pó de rocha basáltica nos atributos químicos e microbiológicos do solo e no estado nutricional da cultura da soja. **Research, Society and Development**, v.10, n.11, e375101119612, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19612>.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

# Melhoramento de campo nativo: tecnologia fundamental para a preservação dos campos naturais

Ulisses de Arruda Córdova<sup>1</sup>, Nelson Eduardo Prestes<sup>2</sup>, Jefferson Araújo Flaresso<sup>3</sup> e Vilmar Francisco Zardo<sup>4</sup>

**Resumo** – As pastagens naturais são o ecossistema mais antigo do Sul do Brasil. Durante centenas de anos, essas pastagens foram utilizadas para criação de bovídeos, permanecendo praticamente com a mesma fisionomia. Nas últimas décadas, iniciou-se uma intensa substituição por outras atividades. Com o objetivo de viabilizar a pecuária em campo natural, pesquisadores de várias instituições sul-brasileiras geraram alternativas para aumentar a produtividade pela intensificação de seu uso. Em Santa Catarina, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Experimental de Lages (Epagri/EEL) desenvolveu e validou a tecnologia de melhoramento de campo nativo (MCN). Essa prática possibilita multiplicar a produtividade, tornando-o rentável, equivalente a atividades de maior densidade econômica. Este artigo tem o objetivo de resgatar o histórico do trabalho realizado com MCN no Planalto Sul de SC, demonstrando a alta produtividade quando utilizadas práticas recomendadas de processos e insumos e a possibilidade do pecuarista se manter numa atividade que pratica há aproximadamente três séculos.

**Termos para indexação:** Pastagens Naturais; Introdução de Espécies; Biodiversidade; Serra Catarinense; Sobressemeadura.

## Improving native grasslands: an increasingly necessary technology for preserving natural grasslands

**Abstract** – Natural pastures are the oldest ecosystem in southern Brazil. For hundreds of years, these pastures were used to raise cattle, remaining practically the same in appearance. In recent decades, an intense substitution by other activities has begun. With the aim of making livestock farming viable in natural fields, researchers from several South Brazilian institutions have generated alternatives to increase productivity by intensifying its use. In Santa Catarina, the Agricultural Research and Rural Extension Company of Santa Catarina/Experimental de Lages (Epagri/EEL) developed and validated native field improvement (MCN) technology. This practice makes it possible to multiply productivity, making it profitable, equivalent to activities with greater economic density. This article aims to recover the history of the work carried out with MCN in the Southern Plateau of SC, demonstrating the high productivity when using recommended process and input practices and the possibility of livestock farmers maintaining an activity they have been practicing for approximately three centuries.

**Index terms:** Natural Pastures; Species Introduction; Biodiversity; Serra Catarinense; Sod-Seed.

## Introdução

As pastagens naturais de Santa Catarina vem sendo, há várias décadas, substituídas por outras atividades econômicas, especialmente grãos (milho, soja, trigo), florestas cultivadas (*Pinus* sp., *Eucalyptus* sp.) e horticultura (frutíferas, alho, batata). Está ocorrendo uma pressão social e econômica que não leva

em consideração a importância desse ecossistema, especialmente sua biodiversidade, na qual coexistem centenas de espécies de gramíneas, leguminosas e compostas, entre outras famílias botânicas também numerosas. Com isso, muitos pecuaristas, especialmente familiares, estão deixando a atividade que é praticada nesse ambiente há aproximadamente três séculos. E, certa-

mente, ecótipos de muitas espécies importantes ainda não estudadas ou catalogadas correm o risco de desaparecer, por erosão genética.

A insuficiência de estudos detalhados e as constantes alterações antrópicas dificultam estabelecer a área original e atual das pastagens naturais em Santa Catarina. Alguns trabalhos recentes não distinguem pastagens

Recebido em 14/11/2023. Aceito para publicação em 11/04/2024.

Editor de seção: André Brugnara Soares

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, M. Sc., Epagri/Estação Experimental de Lages (EEL), Rua João José Godinho, s/nº, Bairro Morro do Posto, 88506-080, Lages, SC, e-mail: ulisses@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., pesquisador aposentado da Epagri/EEL. Rua Emiliano Ramos, 576, Apto. 603, Centro 88502-215, Lages, SC, e-mail: neprestes@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, M. Sc., Epagri/EEL, e-mail: flaresso@epagri.sc.gov.br.

<sup>4</sup> Médico-veterinário, M. Sc., Epagri/EEL, e-mail: zardo@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1780>

naturais de cultivadas.

A maior dificuldade para a manutenção do campo nativo é a baixa produtividade, principalmente em regime extensivo de exploração pecuária, que se situa em torno de 40 a 70kg de peso vivo por ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (PINTO et al., 2012). Essa produtividade é resultado do predomínio de forrageiras estivais. Dessa forma, geadas fortes as crestam, reduzindo a quantidade e a qualidade disponível de alimentos por um período de quatro a seis meses, e os animais perdem peso por autofagia, utilizando suas próprias reservas corporais.

## Histórico da formação dos campos naturais

De acordo com Leite (2002), muitos elementos de ordem geológica são considerados para “provar que a estepe não só é a paisagem mais antiga, como também a primeira camada de fanerógamos desenvolvida sobre os últimos derrames basálticos”, no Sul do Brasil. Quadros & Pillar (2002) citam hipótese de Klein (1975) “de que os campos entremeados com a floresta de araucária, [...] são relictos de um período climático mais seco”. Pesquisadores clássicos têm a mesma opinião (RAMBO, 1953; MAACK, 1981; LEITE & KLEIN, 1990) e afirmam que a vegetação campestre é resultante de um longo período de clima mais frio e seco, os quais não favorecem o surgimento de florestas, uma vez que elas exigem ambiente pluvial.

O clima atual, mais quente e úmido, favorece a formação de floresta que aos poucos está invadindo os campos. “Essa condição favoreceu a expansão da floresta, desde os seus refúgios (regiões mais baixas e úmidas) até as áreas anteriormente ocupadas pela vegetação campestre” (QUADROS, 2001). No entanto, Almeida (2009) afirma que a expansão foi efetivamente interrompida pelo avanço da ação antrópica,

a partir do século XVI, com o início da ocupação desse ecossistema.

Os campos naturais de Santa Catarina estão distribuídos, dependendo de sua composição florística, em nove tipos fisionômicos diferentes (GOMES et al., 1990). Os principais representantes são os campos denominados de ‘palha fina’ e ‘palha grossa’, que apresentam predomínio de *Schizachyrium tenerum* Ness (capim-mimoso) e *Andropogon lateralis* Nees (capim-caninha), respectivamente.

## Validação da tecnologia

O processo contínuo de substituição do campo nativo por outras coberturas vegetais sem uma melhor avaliação de seus efeitos ao ambiente é consequência da baixa rentabilidade da pecuária extensiva. Para reduzir a intensidade desse processo e para a pecuária proporcionar remuneração suficiente para atender as necessidades econômicas e sociais, há necessidade de

adotar novas práticas de produção. Para isso, é condição preponderante a utilização das tecnologias disponíveis que elevam os índices produtivos. Autores como Nabinger (1980), Vincenzi (1987), Jacques (1993), Ferreira et al. (2008) reconhecem que a preservação das pastagens naturais depende da utilização de práticas de manejo, como subdivisão das invernadas, diferimento, mineralização proteinada de inverno, roçadas, ajuste da carga animal e a introdução de espécies de alto valor forrageiro.

Os primeiros resultados em rendimento animal obtidos pelo melhoramento de campo nativo em SC por meio da introdução de forrageiras foram publicados por Ritter & Sorrenson (1985). Nesse ensaio, conduzido na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Estação Experimental de Lages (Epagri/EEL), foi obtida a produtividade de 299kg de PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Apesar de já ser uma prática utilizada com sucesso



Figura 1. Campo nativo, o mais importante recurso forrageiro do Planalto Sul Catarinense  
Foto: Ulisses de Arruda Córdova

Figure 1. Native grassland, the most important forage resource in the Planalto Sul Catarinense

Photo: Ulisses de Arruda Córdova



em outros países, tanto em linha de pesquisa como em propriedades rurais, essa tecnologia não prosperou em SC. Segundo Córdova et al. (2012), o principal motivo foi o desconhecimento de particularidades relacionadas ao manejo da pastagem.

O marco inicial da retomada do melhoramento de campo nativo em SC foi a realização de excursões e a troca de conhecimento com profissionais e produtores do Rio Grande do Sul, do Uruguai e da Argentina.

A primeira alteração nas recomendações para adequação da fertilidade do solo ocorreu a partir de 1997, quando se passou a indicar a metade da necessidade de fósforo (P2O5) e de potássio (K2O), pelo fato de ser cultivo superficial, e, no máximo, cinco toneladas de calcário por hectare (PRESTES & CÓRDOVA, 2010). Os custos de implantação diminuíram sem que ocorresse decréscimo quanto à produção de forragem (IDEM). Assim, a decisão dos produtores pela adoção da tecnologia foi melhor aceita.

A presença de um grande número de participantes passou a ser constante nos eventos sobre melhoramento de pastagens naturais, não apenas no Planalto Sul, mas em todo o estado. Foram totalizados, até 2014, 9.944 participantes em 103 eventos que ocorreram em todas as regiões de SC, o que resultou em uma média próxima a 97 participantes (CÓRDOVA, 2021).

A partir de 1998, com o objetivo de qualificar e ampliar a assistência técnica oferecida aos produtores, realizaram-se cursos para técnicos, nos quais 180 profissionais foram capacitados em quatro edições. Em três dias, eram abordados princípios fundamentais sobre o manejo e o melhoramento de pastagens naturais.

Entre as décadas de 1990 e 2000, ocorreram diversos acontecimentos importantes para estimular a prática

de melhoramento de campo nativo no Planalto Sul de Santa Catarina, como a “XVII Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Zona Campos”, em Lages (SC), com presença de pesquisadores do Brasil, da Argentina e do Uruguai, além de outros técnicos e produtores. E diversos seminários regionais com centenas de participantes.

Após o período de validação da tecnologia de melhoramento de campo nativo, foram lançados alguns programas com o objetivo de incentivar a adoção dessa prática em propriedades da Serra Catarinense e em outros locais de SC, como o Programa Campos Naturais do Planalto Serrano Catarinense e Programa Melhoramento de Campos Naturais de Santa Catarina, o primeiro de âmbito regional e o segundo estadual, que recebiam financiamento do Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE).

Atualmente, está clara a necessidade de entender melhor a importância de implementar uma nova proposta de aprimoramento de campo nativo (Figura 1) em SC, com a participação de diversas instituições, tendo como objetivo principal apresentar aos produtores alternativas técnicas sustentáveis em todas as vertentes (econômica, social, ambiental e espacial).

## Produtividade e indicadores técnicos do MCN

Existem resultados expressivos obtidos com a tecnologia de melhoramento de campo nativo no Sul do Brasil, inclusive nas regiões de altitude, que apresentam as condições mais desafiadoras e grande extensão desse ecossistema e nas quais vem ocorrendo substituições por outras atividades em maior escala.

Em Urupema (SC), em 11,5ha, com aplicação a lanço de calcário e ferti-

lizantes e sobressemeadura manual, 32 novilhos permaneceram por 293 dias, proporcionando um rendimento de 540kg de peso vivo (PV) ha<sup>-1</sup>, com ganho médio diário (GMD) de 0,662kg, incluindo o período de outono-inverno (SANTOS, 2004).

Com o objetivo de difundir a tecnologia em eventos de melhoramento de campo nativo, foram implantadas várias unidades de referência em diferentes municípios. O objetivo era avaliar resultados em locais de altitude, aplicando toda a tecnologia disponível. Assim, optou-se por Urupema, Paineira e São Joaquim (CÓRDOVA, 2021). Os resultados estão expressos na Figura 2, sendo muito superiores aos obtidos em regime extensivo.

Alguns municípios do Planalto Sul de SC tiveram suas áreas de campo nativo drasticamente reduzidas pela implantação de florestas de *Pinus* sp. e cultivo de grãos, devido à maior presença de áreas planas e ao menor afloramento de rocha e solos com melhor fertilidade natural. Preocupados com essa alteração drástica no ambiente, pesquisadores da Epagri/EEL conduziram experimentos com animais em propriedades por um período de 12 anos.

O primeiro experimento foi de 2004 a 2007, conduzido em Campo Belo do Sul em propriedades, com avaliações da produção vegetal e animal e da qualidade da forragem. A produtividade média das três propriedades, ao final do terceiro ano, foi de 511,6kg PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 7.326kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 1) (CÓRDOVA et. al., 2012).

Entre os anos de 2009 e 2011, um outro trabalho de pesquisa com melhoramento de campo nativo foi desenvolvido em Campo Belo do Sul, com introdução de azevém-anual e aveia-preta de alta tolerância ao frio. Os resultados obtidos com rendimento de PV por hectare, carga animal e GMD estão expressos na Tabela 2 (CÓRDOVA & FLARESSO, 2023).

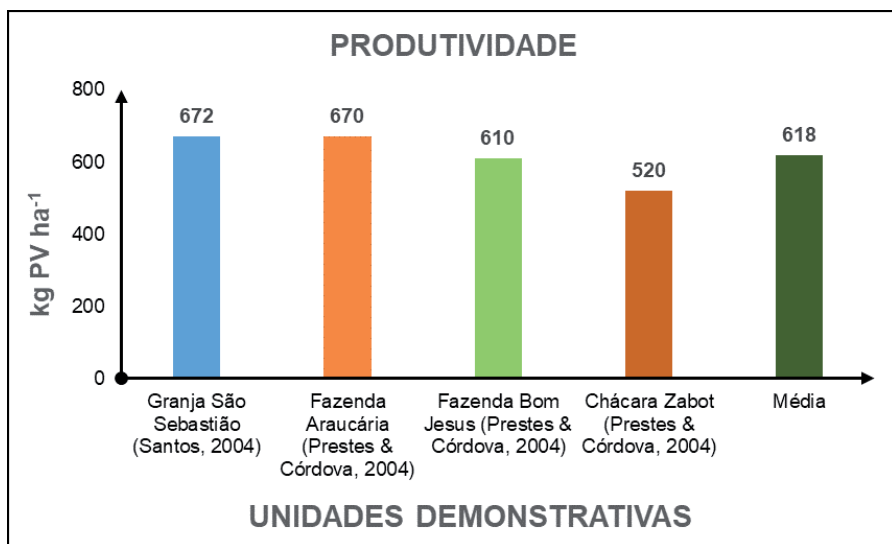


Figura 2. Rendimento animal em Unidades Demonstrativas com melhoramento de campo nativo.

Fonte: Adaptado de Córdova (2021).

Figure 2. Animal performance in Demonstration Units with native field improvement.

Source: Adapted from Córdova (2021).

Tabela 1. Produtividade obtida em três propriedades de Campo Belo do Sul

Table 1. Productivity obtained on three properties in Campo Belo do Sul

Propriedade	Pastejo (dias)	Área (ha)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
1	305	8,9	497,7	9.500,7
2	305	9,7	486,3	7.419,4
3	305	11	550,9	5.057,9
<b>Média</b>	<b>305</b>	<b>9,9</b>	<b>511,6</b>	<b>7.326</b>

Tabela 2. Ganho de peso vivo por hectare, carga animal média e ganho médio diário durante os três períodos de avaliação

Table 2. Live weight gain, animal load and average daily gain during the three evaluation periods

Período (dias)	Ganho de peso (kg de PV ha <sup>-1</sup> )			Carga Animal (kg de PV ha <sup>-1</sup> )			GMD (kg an <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )		
	1º per. <sup>1</sup>	2º per. <sup>1</sup>	3º per. <sup>2</sup>	1º per.	2º per.	3º per.	1º per.	2º per.	3º per.
Total período	585,3	589,2	521,8	625,0	653,7	730,8	0,710	0,608	0,782
<b>Média</b>		<b>565,4</b>			<b>669,9<sup>3</sup></b>			<b>700</b>	

1º per.: período de 305 dias; 2º per.: período de 265 dias; 3º per.: corresponde a 1,49 UA.

O experimento seguinte foi conduzido em Lages, no período de 2011 a 2015, em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria (RS). Nesse ensaio, além de forrageiras anuais e leguminosas (azevém-anual, aveia-branca, centeio, trevo-branco e trevo-vermelho), o campo nativo foi melhorado com festuca Rizomat. Os resultados de rendimento animal foram de 455kg PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, GMD de 0,52kg e lotação de 1,65 UA ha<sup>-1</sup> (FLARESSO et al., 2019).

A síntese dos 12 anos de pesquisa em propriedades com melhoramento de campo nativo consta na Tabela 3. No encerramento de cada projeto, foram realizados dias de campo para apresentar os resultados e difundir a tecnologia.

Importante trabalho sobre melhoramento de campo nativo foi realizado por um acadêmico da Universidade do Planalto Catarinense – Uniplac (ANDRADE, 2001), que comparou essa tecnologia com o sistema extensivo tradicional em 15 propriedades. A menor produtividade encontrada de campo nativo melhorado foi de 208kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e a maior 628,6kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo a média de 356,6kg de PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os resultados estão expressos na Tabela 4.

Prestes et al. (2016) obtiveram aumento da produção de forragem

Tabela 3. Resultados de 12 anos de melhoramento de campo nativo no Planalto Sul Catarinense por meio de diversas práticas de sobressemeadura

Table 3. Results of 12 years of native field improvement in Planalto Sul Santa Catarina through various overseeding practices

Período	Peso Vivo <sup>1</sup>	GMD <sup>2</sup>	Carga Animal <sup>3</sup>
2004 a 2007	512	790	648
2009 a 2011	565	670	700
2011 a 2015	455	520	744
Média	<b>510,7</b>	<b>660</b>	<b>697,3</b>

<sup>1</sup> kg de PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> GMD (g animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>); <sup>3</sup> kg de PV<sup>1</sup> ha<sup>-1</sup>.

Tabela 4. Resultados técnicos obtidos em 15 propriedades que implantaram melhoramento de pastagens naturais comparadas com o sistema tradicional

Table 4. Technical results obtained on 15 properties that implemented natural pasture improvements compared to the traditional system

Indicador	Pastagens melhoradas	Manejo tradicional
Produtividade (kg/ha/ano)	356,6	40
Taxa de natalidade (%)	96,9	60,3
Taxa de mortalidade (%)	0,5	2
Lotação (cab/ha/ano)	2	0,4
Idade de abate (meses)	27	39
Idade de entoure (meses)	21	28

em campo natural com predominância de *Schizachyrium tenerum* com aplicação de 25% da dose recomendada de calcário (7,2t ha<sup>-1</sup>) e com 50% da dose recomendada de fósforo (70kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Ainda segundo Prestes et al. (2017), a aplicação de 3,6t ha<sup>-1</sup> aliada a doses crescentes de fósforo em campo nativo permitiu o estabelecimento e persistência de leguminosas e o crescimento linear na produção de forragem.

Macedo et al. (1997), em experimento realizado em campo tipo palha grossa em Correia Pinto (SC), avaliaram o impacto do diferimento. Foram deter-

minadas quatro épocas de diferimento (janeiro, fevereiro, março e abril) e quatro épocas de reutilização (maio, junho, julho e agosto). Concluíram que o diferimento em janeiro e a utilização em julho produzem maior quantidade de matéria seca por hectare, sem afetar a qualidade da pastagem.

A produção média do campo nativo no Rio Grande do Sul está em torno de 70kg de PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> segundo Nabinger et al. (2009). Porém, os mesmos autores afirmam (Figura 3) que: apenas com o ajuste correto de carga animal, a produtividade pode alcançar 230kg (Nível 2); com a prática anterior aliada à correção e à fertilização do solo, é possível atingir 350kg (Nível 3); com a correção do solo e a aplicação de nitrogênio, é possível chegar ao patamar de 730kg (Nível 4); e a aplicação das práticas anteriores mais a introdução de espécies forrageiras de clima temperado pode ultrapassar 1.000kg de PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Nível 5).

Paim (2003) cita trabalho de Scholl et al. (1976), no qual comparou-se o ganho de peso de novilhos em melhoramento de campo nativo, com aplicação de calcário (3 t ha<sup>-1</sup>), fertilização (400kg ha<sup>-1</sup> de 10-30-10), introdução de aveia-branca (80kg ha<sup>-1</sup>) e trevo-vesicular (6kg ha<sup>-1</sup>), com campo nativo que não recebeu nenhum tratamento, com

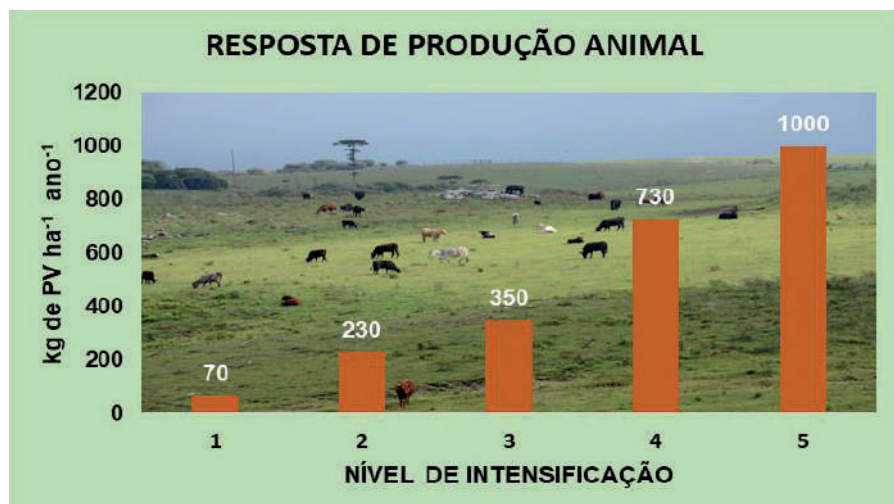


Figura 3. Resposta de produção animal a níveis crescente de intensificação tecnológica  
Figure 3. Animal production response to increasing levels of technological intensification

exceção de uma roçada anual. No final de dois anos de avaliação, o ganho de peso na área melhorada foi de 467kg de PV ha<sup>-1</sup>, enquanto na área apenas roçada foi de 90,5kg de PV ha<sup>-1</sup>.

Dalmina et al. (2021), em experimento realizado no município de Vacaria (RS) visando verificar o efeito de calcário no campo nativo, obtiveram um aumento de 31,87% na produção de matéria seca com a aplicação superficial de 5t ha<sup>-1</sup> comparada à não aplicação. Ocorreram ganhos mesmo no outono e inverno, justamente épocas do ano em que as baixas temperaturas reduzem drasticamente a produção de forragem no campo nativo.

Leão (2022) faz referência a Jacques et al. (2009), afirmando que a prática de introdução de espécies forrageiras de clima temperado sobre campos nativos pode incrementar em até oito vezes a produção média por meio de ganho de PV ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, além de reduzir os custos de implantação de uma pastagem em relação ao preparo convencional. O mesmo autor menciona que essa prática aumenta a carga de suporte nos meses de maior escassez forrageira.

Em Santo Antônio das Missões (RS), Matos (2013) obteve, de abril a novembro de 2012, 518kg de PV ha<sup>-1</sup> em campo melhorado com sementeira de 50kg ha<sup>-1</sup> de azevém-anual, 150kg da fórmula 05-20-20 e 45kg de nitrogênio em cobertura. Além do aumento da produtividade, o diferimento, aliado às práticas de melhoramento do campo nativo, provocou o desenvolvimento e o aumento da qualidade de espécies nativas, inclusive o surgimento de espécies supostamente desaparecidas.

Silva et al. (2015), após avaliarem os fatores de risco do melhoramento de campo nativo, concluíram que essa prática é viável, considerando capaci-

dade de suporte, preços e custos, sendo que o risco pode ser considerado baixo, com a probabilidade de não recuperar o capital investido sendo inferior a 20% em relação ao sistema convencional adotado no campo nativo em regime extensivo.

Em trabalho realizado na Depressão Central do Rio Grande do Sul, Gatiboni et al. (2000) concluíram que o melhoramento da pastagem natural pela introdução de azevém-anual e trevo-vesicular, com correção de solo e adubação fosfatada, aumenta a oferta de forragem em todas as estações do ano. Resultados semelhantes são citados por Castilhos e Jacques (2000) em trabalho realizado em Eldorado do Sul (RS), no qual concluem que o rendimento de matéria seca da pastagem natural aumenta com adubação de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK).

Em trabalho de tese desenvolvido por Moojen (1991), obteve-se como efeito da adubação da pastagem nativa: redução do solo descoberto; menor participação de gramíneas de baixo valor nutritivo, de plantas indesejáveis e de material morto na composição botânica; enquanto algumas espécies de gramíneas e leguminosas de melhor qualidade apareceram mais frequentemente.

Heringer & Jacques (2002), em trabalho realizado em André da Rocha (RS), avaliaram a pastagem natural com distintos manejos: sem queima e sem roçada há 3 anos; melhorada com sete anos; melhorada há 24 anos; e queimada há mais de 100 anos numa frequência bienal. Todas as áreas eram pastejadas. As principais conclusões foram: a correção do solo com calcário e fertilizantes melhoram a qualidade da forragem; e a queima da pastagem natural não melhora a qualidade da

forragem, que é semelhante às aquelas só pastejadas.

## Conclusão

A adoção de práticas de melhoramento de campo nativo possibilitam a preservação das pastagens naturais, sem a necessidade de conversão para outros usos, sendo a única alternativa de conservar os remanescentes desse ecossistema com a presença de produtores.

## Referências

ALMEIDA, J.A. Fatores abióticos. *In: Biodiversidade dos campos do planalto das araucárias*. Brasília: Série Biodiversidade, v.30, 2009. p.21-23.

ANDRADE, A.S.B. de. **Os efeitos da técnica de melhoramento de campo nativo na pecuária de corte na região da Amures**. 2001. 39f. Monografia (Curso de Economia)- Universidade do Planalto Catarinense, Lages. SC, 2001.

CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. Pastagem natural melhorada pela sobressemeadura de trevo branco e adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.6, n.1, p.19-25, 2000.

CÓRDOVA, U.A. Estado da arte do melhoramento de campo nativo em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.34, n.3, p.1-5, 2021.

CÓRDOVA, U.A.; FLARESSO, J.A. *In: OELKE, C.A.; GALATI, R.L. (Ed.). Indicadores zootécnicos de uma pastagem com introdução de espécies de clima temperado tolerante a baixas temperaturas*. São Paulo: Zootecnia: tópicos atuais em pesquisa – volume 3, 2023.

p.148-155.

CÓRDOVA, U.A.; PRESTES, N.E.; SANTOS, O.V.; RAMOS, C.I. Validação da tecnologia de melhoramento de pastagens naturais no Planalto Sul de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, SC, v.11, n.1, p.54-62, 2012.

DALMINA, J.C.; TEIXEIRA, G. de L.; MATTÉ, J.A.; VELHO, D.A.; VARGAS, V.R. de; CONTE, E.D. Melhoramento de campo nativo com uso de calcário e gesso agrícola nos Campos de Cima da Serra/RS. Lages, SC: **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.20, n.4, p.325-331, 2021.

FERREIRA, T.E.; NABINGER, C.; FREITAS, A.K. de; ELEJALDE, D.G.; SCHMITT, F.; BRAMBILLA, D.M. Melhoramento do campo nativo: tecnologias e o impacto no sistema de produção. *In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS. ÊNFASE: BOVINOS DE CORTE: PRINCÍPIOS PRODUTIVOS, BIOTÉCNICAS E GESTÃO*, 13., Canoas, RS. **Anais [...]** Canoas, RS. 2008. p.27-88.

FLARESSO, J.A.; CÓRDOVA, U.A.; PINTO, C.E. Rendimento animal de uma pastagem natural melhorada com introdução de festuca (*Festuca arundinacea*), leguminosas e gramíneas anuais de clima temperado. *In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL DO CONE SUL EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS FORRAGEIROS DA ÁREA TROPICAL E SUBTROPICAL – GRUPO CAMPOS*, 25., Santa Maria, RS. **Anais [...]** Santa Maria, RS, 2019, p.1-3.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; PELLEGRINI, J.B.R.; BRUNETTO, G.; SAGGIN, A.; FLORES, J. P. C. Influência da adubação fosfatada e da introdução de espécies forrageiras de inverno

na oferta de forragem de pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1663-1668, 2000.

GOMES, K.E.; QUADROS, F.L.P.; VIDOR, M.A.; DALL'AGNOL; M. RIBEIRO; A.M.L. GONÇALVES; J.O.N. Zoneamento das pastagens naturais do Planalto Catarinense. *In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL DO CONE SUL EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS RURAIS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL*, 11., Lages, SC, 1989. **Anais[...]** Lages-SC, 1989. Lages, 1990. p.304 – 312.

HERINGER, I.; JACQUES, A.V.Á. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.399-406, 2002.

JACQUES, A.V.A. Melhoramento de pastagens naturais; introdução de espécies de estação fria. *In: Campo nativo, melhoramento e manejo*. Porto Alegre: 1993. p.25- 31.

LEÃO, R.M. **Produtividade primária e manejo das pastagens naturais do sul do Brasil**: uma revisão da literatura. Porto Alegre, 2022, 34f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2022.

LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. *In: Geografia do Brasil; região sul*. Fundação IBGE/ Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 1990. p.113-150.

LEITE, P.F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do Sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, RS. v. 1, n.1 p.51-73. 2002.

MAACK, R. O revestimento vegetal do Estado do Paraná. *In: Geografia física*

**do Estado do Paraná**, Rio de Janeiro, 1981. p.199 -192.

MACEDO, A.; SILVA, A.W.L. da; FRANCISCATO, C. Épocas de diferimento e de reutilização em pastagem natural do Planalto Catarinense. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 34., Juiz de Fora. **Anais[...]**, Juiz de Fora, 1997. p.301-303.

MATOS, P.C. Melhoramento e manejo de campo nativo na pecuária familiar. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 8, n. 2, 2013.

MOOJEN, E.L. **Dinâmica e potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a presenças de pastejo, época de diferimento e níveis de adubação**. 1991. 172f. (Tese Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1991.

NABINGER, C. Técnicas de melhoramento de pastagens naturais no Rio Grande do Sul. *In: SEMINÁRIO SOBRE PASTAGENS – “DE QUE PASTAGENS PRECISAMOS”*, 1980, Porto Alegre. **Anais[...]** Porto Alegre, 1980. p. 28-58.

NABINGER, C; FERREIRA, E.T.; FREITAS, A.K.; CARVALHO, P.C. de F.; SANT'ANNA, D. M. *In: Valério de Patta Pilar... [et al.]*. (Ed). **Produção animal com base em campo nativo: aplicação de resultados de pesquisa**. Brasília: Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade, 2009. p. 175 – 198.

PAIM, N.R. Pastagens nativas da Região Sul do Brasil. *In: As pastagens nativas gaúchas*. Porto Alegre: Federacite, 2003. p. 23-38.

PINTO, C.E.; FLARESSO, J.A.; ROSA, J. L.;

- PRESTES, N.E.; CÓRDOVA, U.A. **Pastagens naturais**. Florianópolis: Epagri, 2012. 6p.
- PRESTES, N. E.; CORDOVA, U. de A. **Histórico e Principais Resultados do Melhoramento de Pastagens Naturais no Planalto de Santa Catarina**. In: CURSO DE CAPACITAÇÃO CONTINUADA DE MULTIPLICADORES EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, ESTABELECIMENTO DE PASTAGENS DE INVERNO, 2, 2010. Passo Fundo: Embrapa, CNPT, 2010, v.1.
- PRESTES, N.E.; AMARANTE, C.V.T. do; PINTO, C.E.; PRESTES, G.; ZANINI, G.D.; MEDEIROS-NETO, C. De; SBRISSIA, A. F. Forage production in a natural grassland with limestone and phosphorus dosages. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3265-3276, 2016.
- PRESTES, N.E.; AMARANTE, C.V.T. do; PINTO, C.E.; PRESTES, G.A.; ZANINI, G.D.; ZANELLA, P.G.; SBRISSIA, A. F. Limestone and phosphorus application and forage production in natural pastures with sodseeding of cool-season species. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 3681-3694, 2017.
- QUADROS, F.L.F. **Conceitos fundamentais: origem e ecologia histórica da flora, importância ecológica, econômica e potencial de produção dos campos naturais. Práticas para aumentar a eficiência dos campos naturais do Planalto Catarinense**. Lages: Apostila do 2º Curso Sobre Melhoramento de Campo Nativo para Técnicos, 2001. p.5 -10.
- QUADROS, F.L.F. de; PILAR, V.P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, RS. v. 1, n.1 p.109-118. 2002.
- RAMBO, B. História da flora do planalto rio-grandense. **Anais Botânicos do Herbário "Barbosa Rodrigues"**, Itajaí, SC, n.5, 1953. p.185-232.
- RITTER, W.; SORRENSON, W.J. **Produção de bovinos no Planalto Catarinense, Brasil: situação atual e perspectivas**. Eschborn, Alemanha, GTZ, 1995. 172 p.
- SANTOS, O.V. dos. Análise econômica e custos de implantação de pastagens nativas melhoradas. In: **Práticas para aumentar a eficiência dos campos naturais do Planalto Catarinense**. Lages, SC: 2004, p.88-90 (Apostila do 3º Curso sobre MCN para Técnicos).
- SILVA, A.; SIMÃO, R.; LAMPERT, V.D.N. Análise qualitativa e quantitativa do risco econômico com o melhoramento de campo nativo na produção de bovinos de corte na região da campanha gaúcha. In: JORNADA NESPRO, 10.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 2., 2015, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre, 2015. p.145-156.
- VINCENZI, M.L. Pastagens nativas. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM BOVINOCULTURA DE LEITE, 1., 1987. Rio do Sul. **Anais [...]**1987. p.37-59.

**Os números da agropecuária catarinense  
estão todos em um só lugar**



**INFOAGRO**

- Produção agropecuária vegetal e animal
- Preços de produtos agrícolas e de terras
- Importações e exportações do agronegócio
- Políticas públicas

Acesse pelo computador, tablet ou celular:

**[www.infoagro.sc.gov.br](http://www.infoagro.sc.gov.br)**



**Pastagem exuberante na região de Lages**

Foto: Aires C. Mariga