



ESALQ CCARBON

# Plantas de cobertura:

Uma opção para captura de carbono

DR. LUCAS NOGUEIRA SOUZA

# SOLO

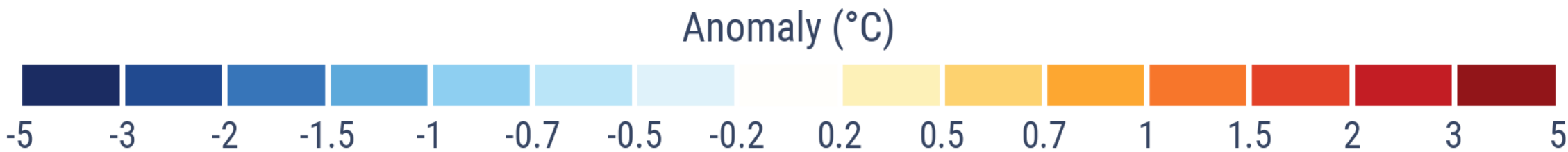
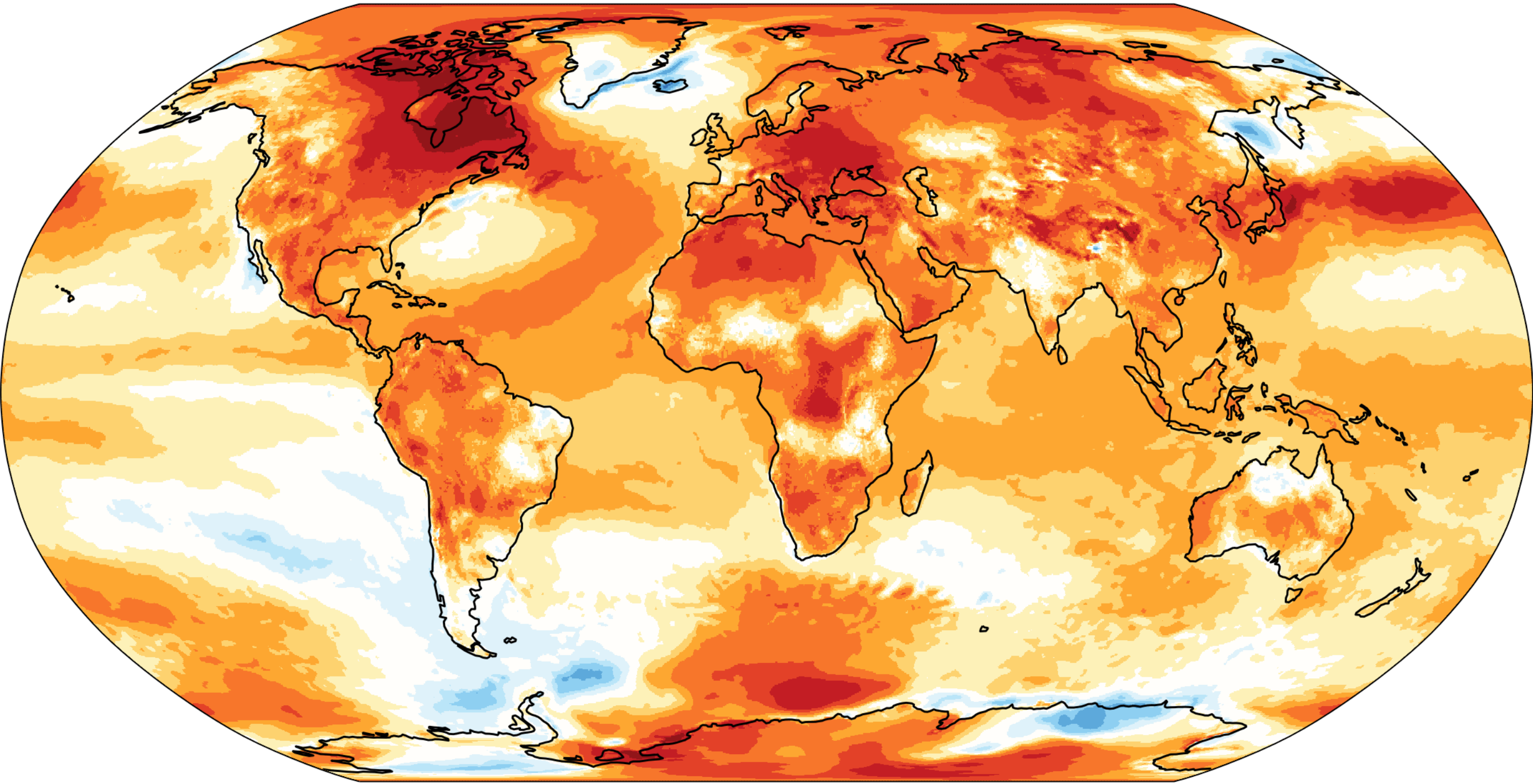


# 2024 - o ano mais quente da história



## Surface air temperature anomalies in 2024

Data: ERA5 • Reference period: 1991–2020 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



nature

Search

Log in

Content ▾ About ▾ Publish ▾

[news explainer](#) > article

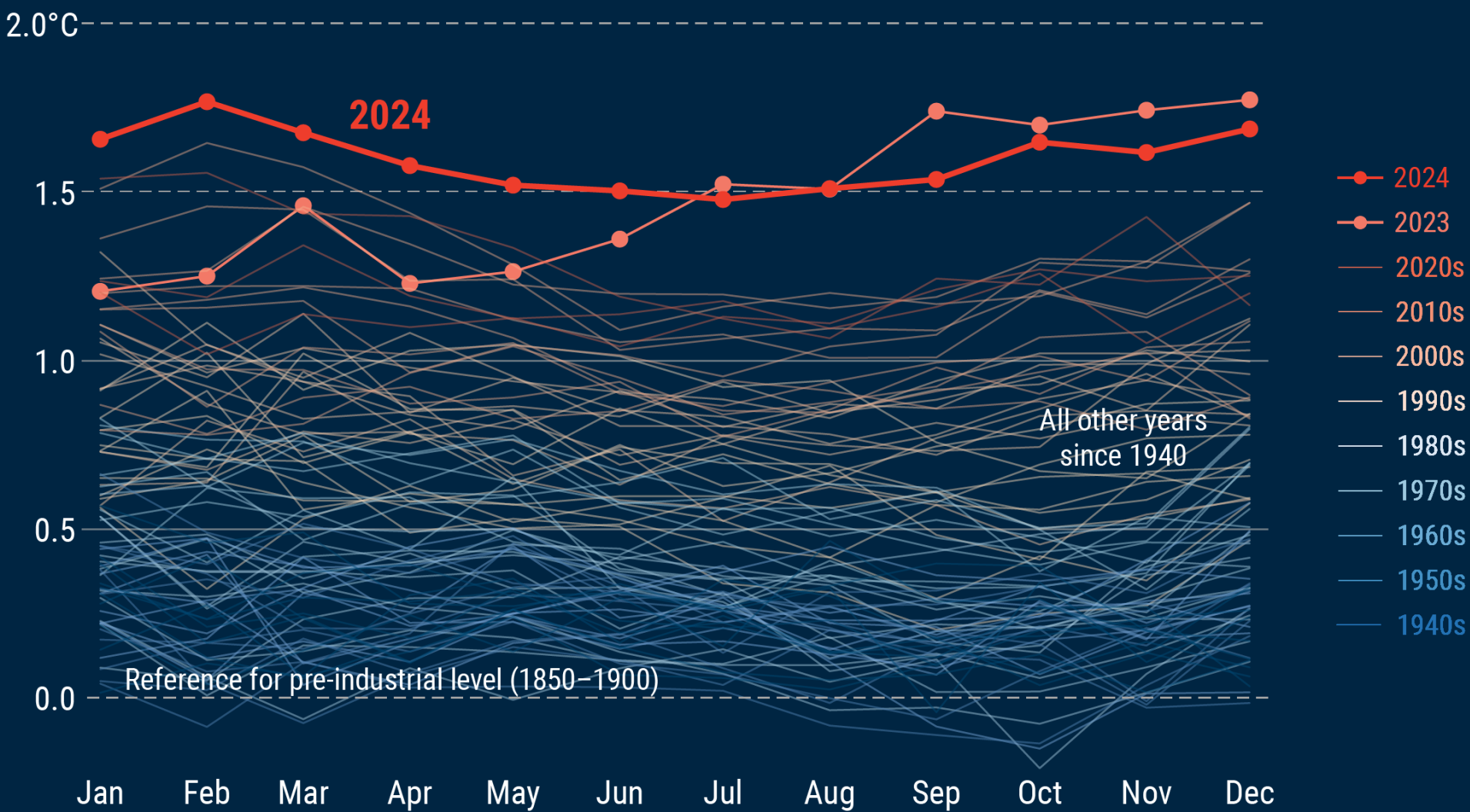
NEWS EXPLAINER | 06 January 2025

## Earth shattered heat records in 2023 and 2024: is global warming speeding up?



### Global surface air temperature increase above pre-industrial

Data: ERA5 • Reference period: pre-industrial (1850–1900) • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION





# A América do Sul está se tornando mais quente, seca e inflamável

Article

communications earth & environment

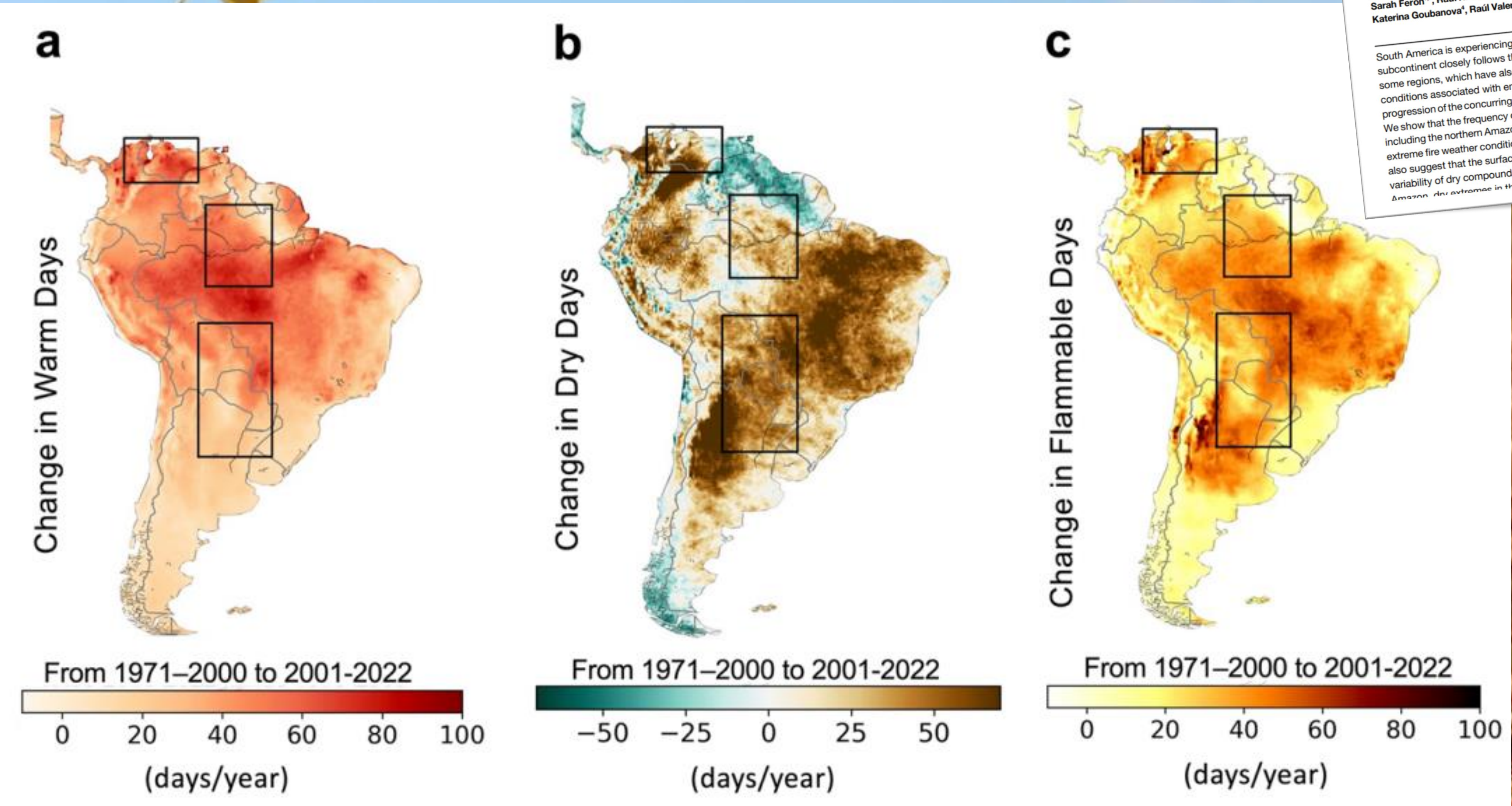
<https://doi.org/10.1038/s43247-024-01654-7>

South America is becoming warmer, drier, and more flammable

Check for updates

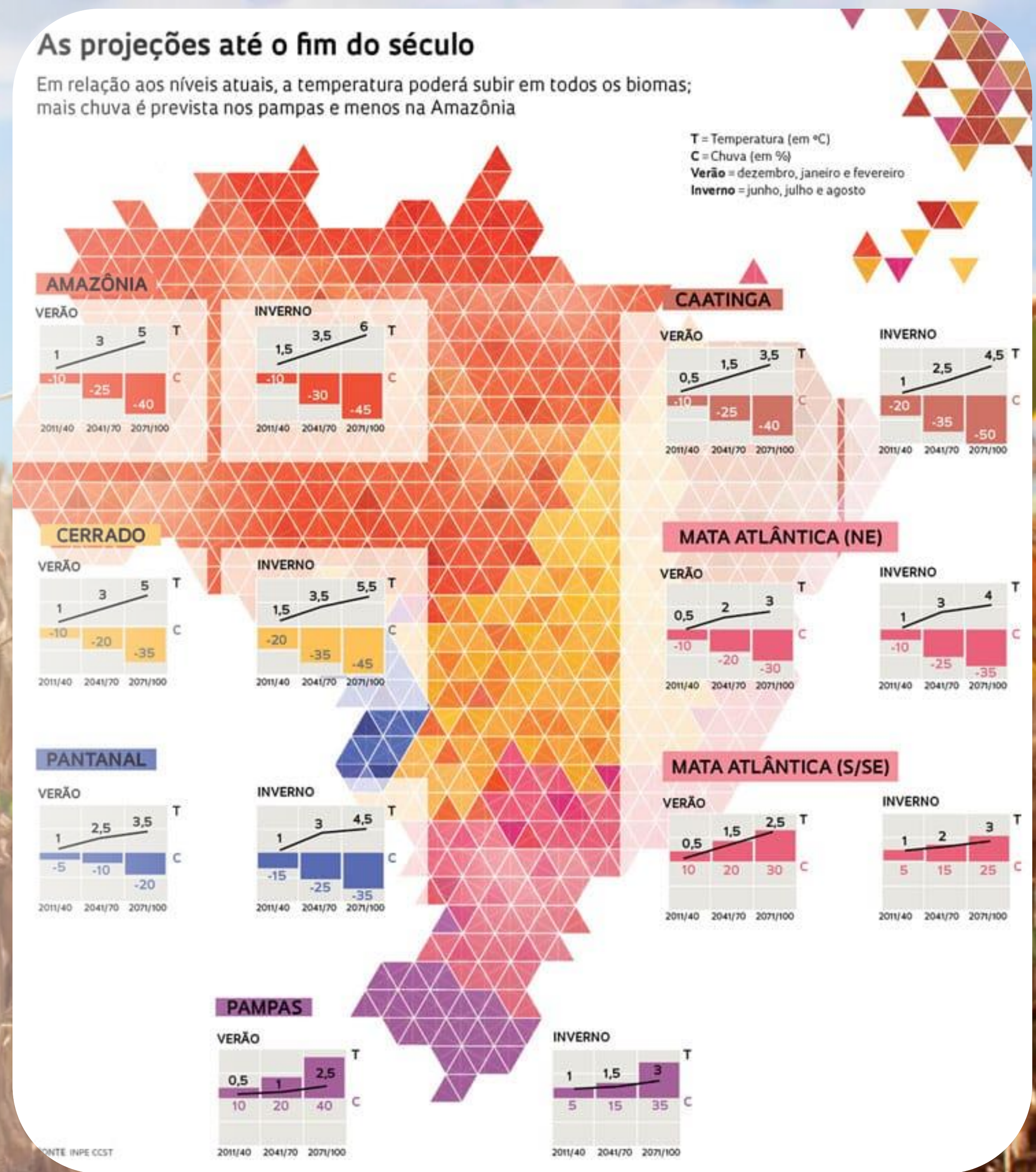
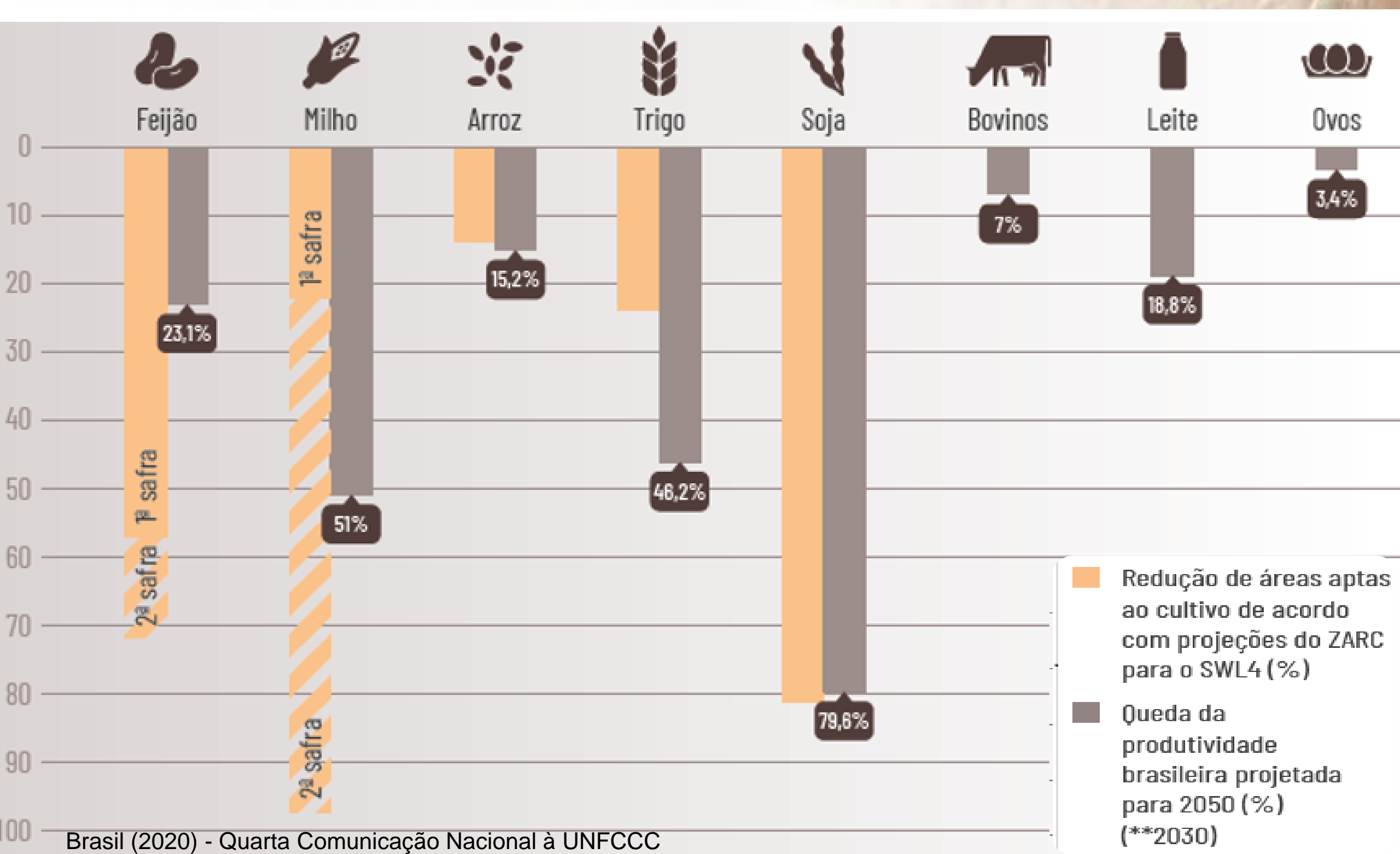
Sarah Feron<sup>1,2</sup>, Raúl R. Cordero<sup>2</sup>, Alessandro Damiani<sup>3</sup>, Shelley MacDonell<sup>4</sup>, Jaime Pizarro<sup>2</sup>, Katerina Goubanova<sup>4</sup>, Raúl Valenzuela<sup>5</sup>, Chenghao Wang<sup>6,7</sup>, Lena Rester<sup>1</sup> & Anne Beaulieu<sup>1</sup>

South America is experiencing severe impacts from climate change. Although the warming of the subcontinent closely follows the global path, the rise of temperatures has been more pronounced in some regions, which have also seen a parallel increment in the occurrence of droughts and weather conditions associated with enhanced fire risk. Here, we use reanalysis datasets to analyze the progression of the concurring warm, dry, and high fire risk conditions (i.e., dry compounds) since 1971. We show that the frequency of these compound extremes has surged in key South American regions including the northern Amazon, which have seen a 3-fold increase in the number of days per year with extreme fire weather conditions (including high temperatures, dryness, and low humidity). Our results also suggest that the surface temperature of the tropical Pacific Ocean modulates the interannual variability of dry compounds in South America. While El Niño enhances the fire risk in the northern Amazon, dry extremes in the Gran Chaco region appear to be more responsive to La Niña





**INFELIZMENTE**, agricultura é um dos setores mais vulneráveis as mudanças climáticas, e as projeções indicam reduções de produtividade muito significativas se agirmos para limitar o aquecimento global!





**A grande pergunta:**

**Como reduzir a  
vulnerabilidade  
da lavoura às  
adversidades  
climáticas?**





# Agricultura Regenerativa

Define-se pela utilização de **práticas de manejo que visam melhorar a saúde do solo, sequestrar carbono, aumentar a produtividade**, bem como proteger os recursos hídricos e a biodiversidade





# SAÚDE DO SOLO

É A BASE PARA UMA AGRICULTURA  
MAIS PRODUTIVA E RESILIENTE

Capacidade continuada de um solo manter-se **EQUILIBRADO** sob o ponto de vista químico, físico e biológico, sustentando **processos e funções** que proporcionem um ambiente favorável para que as plantas expressem seu máximo potencial genético

Plantas cultivadas em SOLOS SAUDÁVEIS são **RESISTENTES E RESILIENTES** à estresses ambientais e proporcional maior **PRODUÇÃO** e **ESTABILIDADE PRODUTIVA** ao longo do tempo.



# SAÚDE

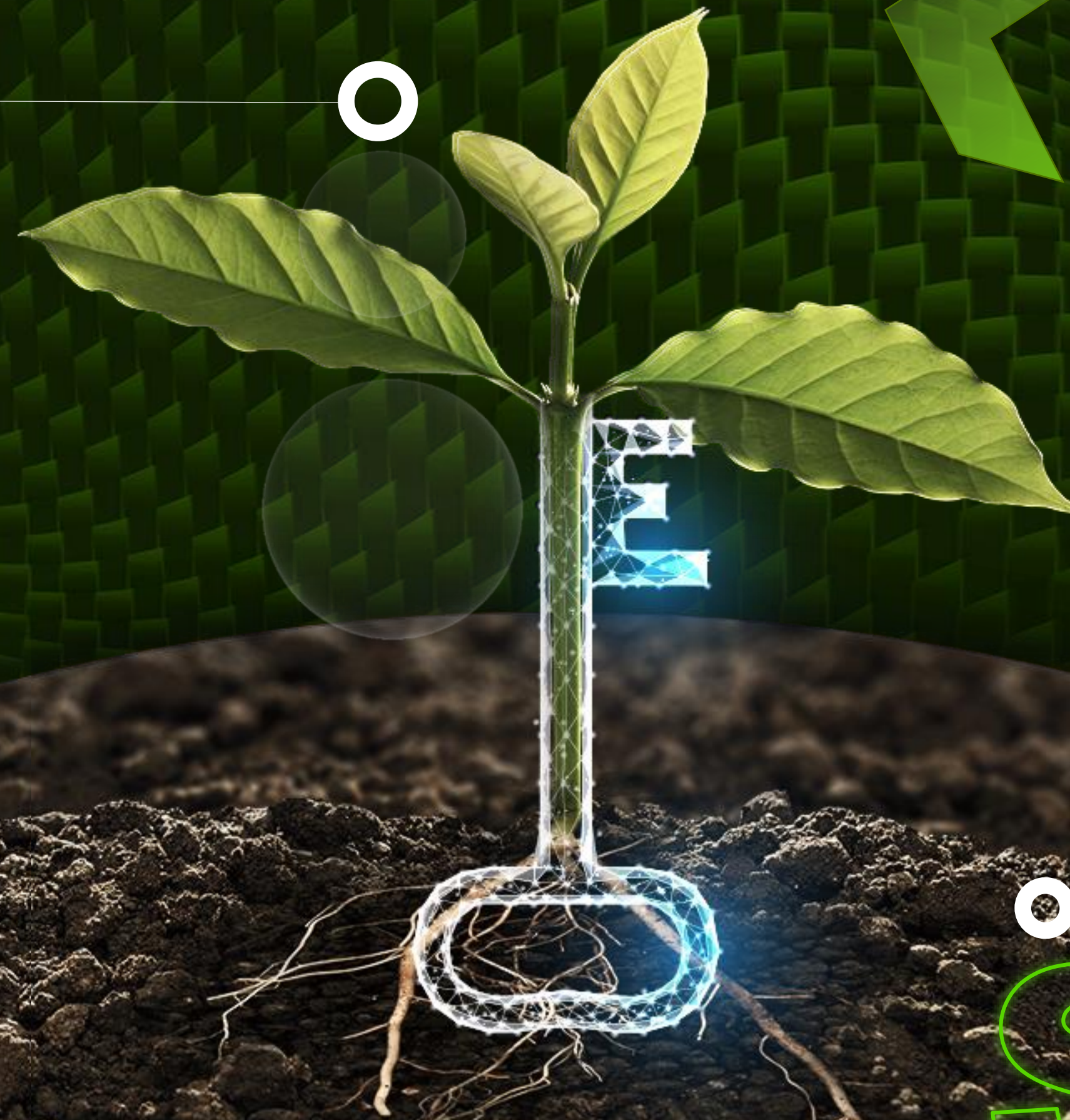


**A planta é chave (para a captura de CO<sub>2</sub>) e o solo é o cofre (para o sequestro de C na matéria orgânica)**

**-Bases para a agricultura regenerativa**

**...INTENSIFICAÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO**

**CO<sub>2</sub>**



QUÍMICA

SS



FÍSICA

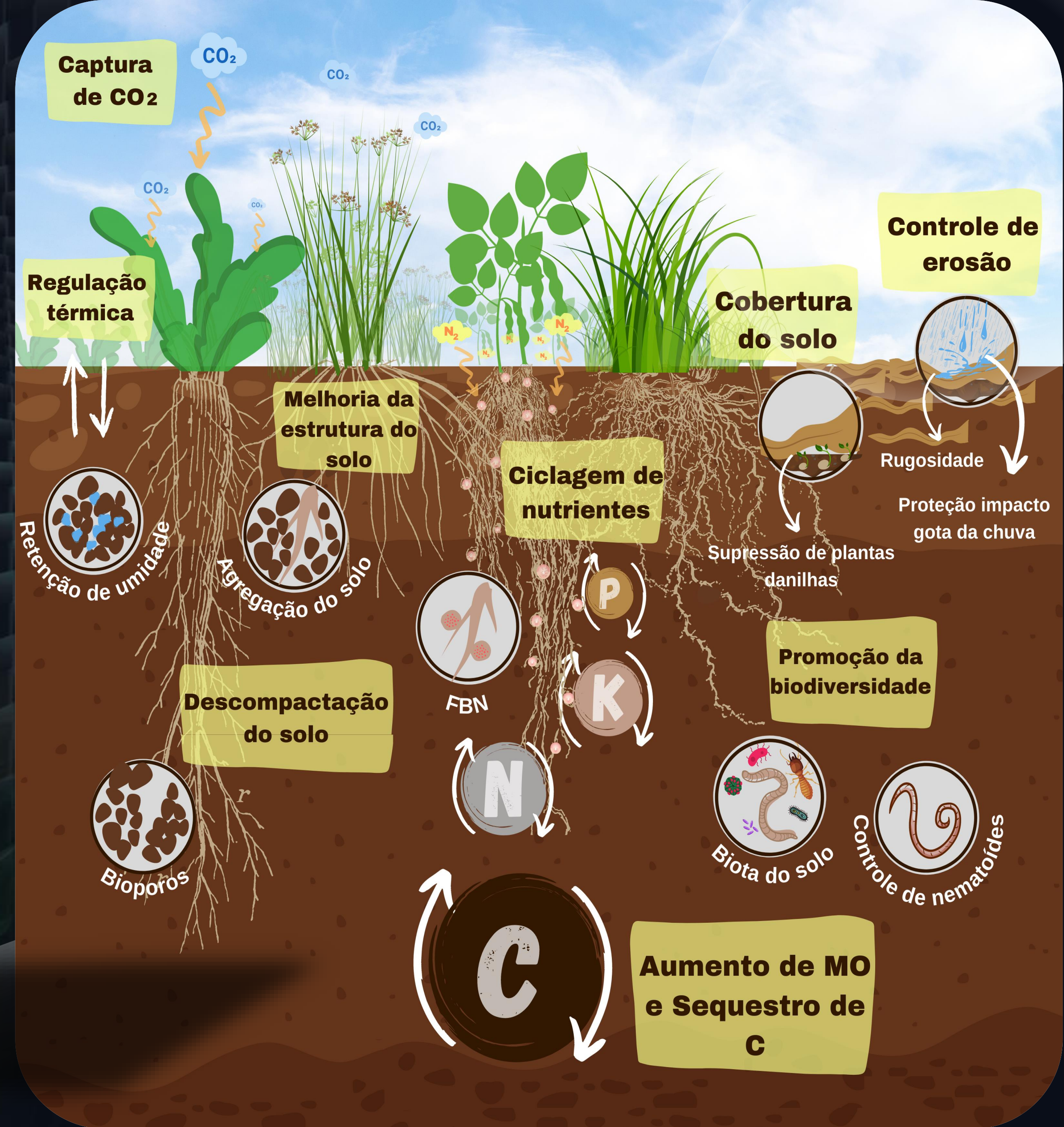
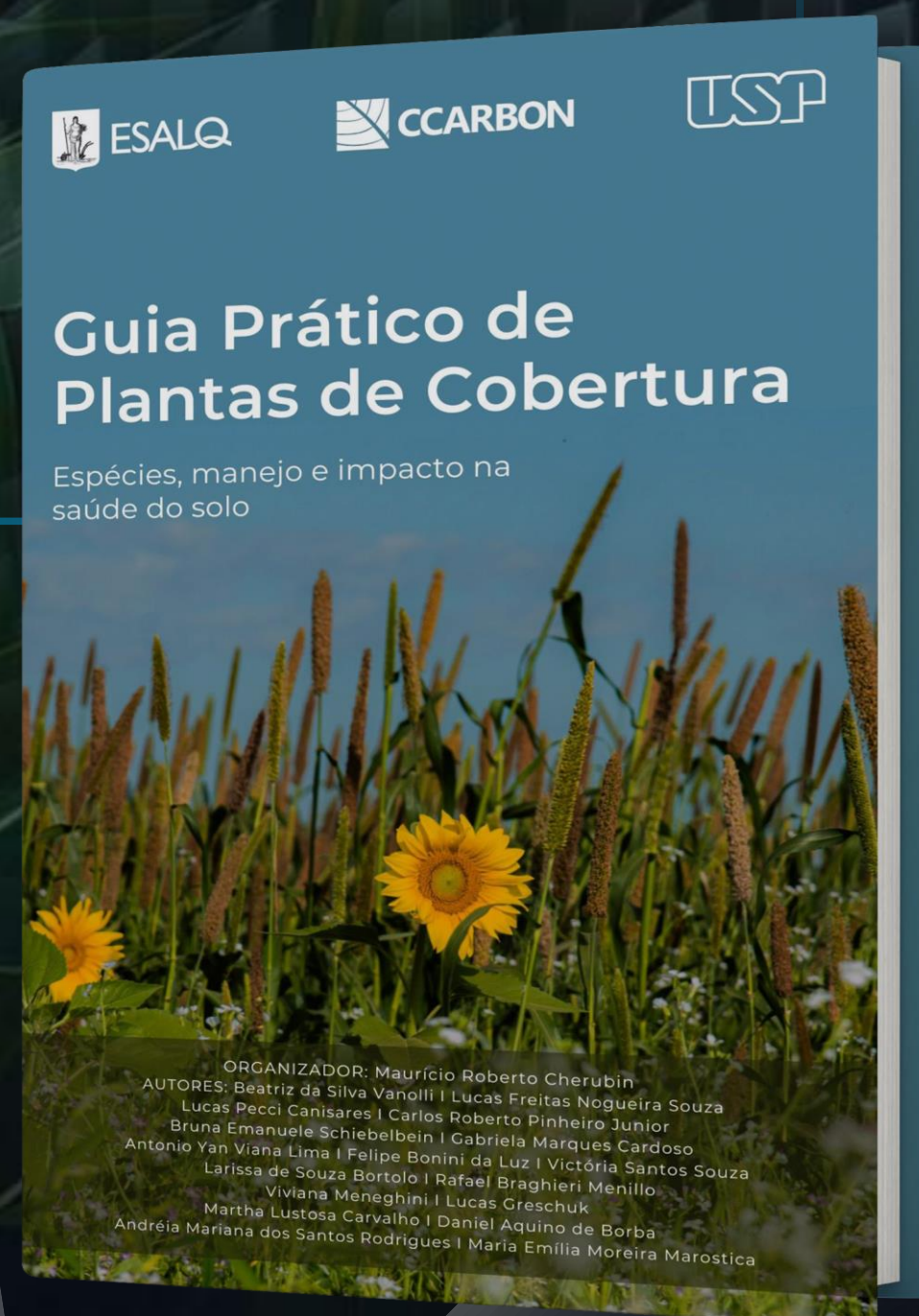


BIOLOGIA



# AS PLANTAS DE COBERTURA TRAZEM MÚLTIPLOS BENEFÍCIOS À SAÚDE DO SOLO,

que se refletem em melhoria da produtividade do sistema de produção



# COBERTURA





ESALQ



CCARBON



# Guia Prático de Plantas de Cobertura

Espécies, manejo e impacto na saúde do solo

Guia Prático de Plantas de Cobertura: Espécies, manejo e impacto na saúde do solo

## Crotalária breviflora

(*Crotalaria breviflora*)



Lauderbach Photo Wilmor

### Características gerais

Crotalária breviflora é uma leguminosa anual da família Fabaceae, com metabolismo C3, hábito de crescimento arbustivo ereto, raízes pivotantes e ramificadas. É uma espécie de crotalária muito utilizada na entrelinha de culturas perenes, como o café, devido ao seu porte baixo, com altura entre 0,8 e 1,0 m que permite o trânsito de máquinas nas entrelinhas, além de excelente opção para fornecer nitrogênio para a cultura consorciada. Crotalária breviflora é valorizada por sua capacidade de fixação de



nitrogênio, o que melhora a fertilidade do solo para culturas consorciadas apresentando alto potencial para uso em consórcio com milho de segunda safra quando se tem o objetivo de reduzir populações de nematoides.

### Informações fitotécnicas

- Peso de mil sementes

19 a 21 g

- Produção de biomassa

Massa seca: 3 a 5 t ha<sup>-1</sup>

Relação C/N: 14/1 a 18/1

- Ciclo até o florescimento

90 a 110 dias

- Semeadura

Em linha: 15 kg de sementes ha<sup>-1</sup> com espaçamento de 0,25 a 0,5 m entre linhas e profundidade de semeadura de 2 a 3 cm.

A lanço: 20 kg de sementes ha<sup>-1</sup>.

Guia Prático de Plantas de Cobertura: Espécies, manejo e impacto na saúde do solo

- Época de semeadura

Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
Sul												
Sudeste Centro-Oeste												
Centro-Norte (altitude acima de 600m)												
<div> <div></div> Recomendado           <div></div> Recomendado com restrições           <div></div> Não recomendado         </div>												

### Indicações de uso e limitações

É recomendada principalmente para uso na entrelinha de culturas perenes e para consórcio com milho de segunda safra, devido ao porte baixo e ereto. Os principais benefícios nesses manejos incluem a supressão de plantas daninhas, a possibilidade de fornecer nitrogênio à cultura comercial por meio da fixação biológica, e o controle de nematoides das espécies *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis*. No entanto, não tolera geadas e tem o potencial produtivo de massa seca reduzido no outono/inverno. Portanto, sua maior adaptabilidade é em regiões de climas tropicais e subtropicais.

- Aspectos físicos do solo

A decomposição da biomassa contribui significativamente para a formação de agregados do solo, melhorando sua estrutura, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes e promovendo a aeração. Esse processo também favorece a infiltração de água, reduzindo o risco de erosão e melhorando a saúde do solo.

- Aspectos biológicos do solo

O cultivo dessa espécie de crotalária possibilita o aumento da concentração de esporos de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera de cafeeiros, além de atuar no controle de nematoides patogênicos.

### Impacto no manejo da saúde do solo

- Aspectos químicos do solo

Destaca-se pelo potencial de extração de nutrientes, extraindo em média 96 kg ha<sup>-1</sup> de N, 7 kg ha<sup>-1</sup> de P e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K.

### Tabela de indicação de manejo

Restrições para rotação e/ou sucessão*					Supressão da população de nematoides			Sens. ao glifosato
Soja	Milho	Algodão	Trigo	Cana-de-açúcar	P. brachyurus	M. incognita	R. reniformis	
<div> <div></div> Recomendado           <div></div> Recomendado com restrições           <div></div> Não recomendado         </div>								

\*Restrições para rotação e/ou sucessão: quando a planta de cobertura compartilha pragas e/ou doenças com a cultura comercial, servindo assim como hospedeira na entressafra.

Referências: 19, 20, 118



ORGANIZADOR: Maurício Roberto Cherubin  
 AUTORES: Beatriz da Silva Vanolli | Lucas Freitas Nogueira Souza  
 Lucas Pecci Canisares | Carlos Roberto Pinheiro Junior  
 Bruna Emanuele Schiebelbein | Gabriela Marques Cardoso  
 Antonio Yan Viana Lima | Felipe Bonini da Luz | Victória Santos Souza  
 Larissa de Souza Bortolo | Rafael Braghieri Menillo  
 Viviana Meneghini | Lucas Greschuk  
 Martha Lustosa Carvalho | Daniel Aquino de Borba  
 Andréia Mariana dos Santos Rodrigues | Maria Emília Moreira Marostica



# Pesquisas no campo





# Diversificação com MIX e seu impacto na produtividade da soja em sucessão

**Rio Verde - GO**

Soja – mix – Soja

**MIX**

Crotalária spect (10 kg ha<sup>-1</sup>)

Braquiária ruzzi (4 kg ha<sup>-1</sup>)

Milheto (10 kg ha<sup>-1</sup>)

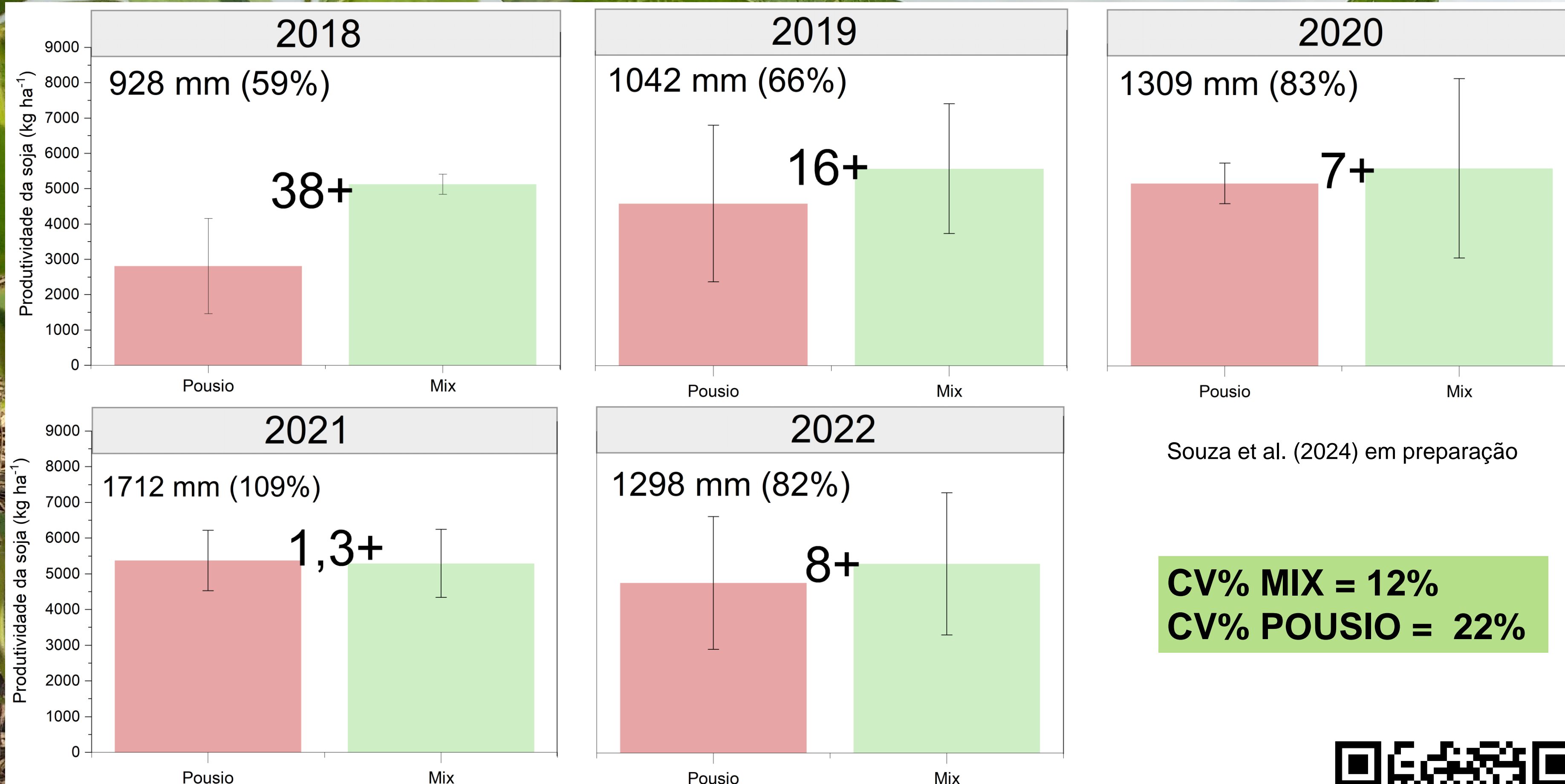
**POUSIO**

Sem planta daninha  
(dessecado)

**Conclusão:**

Em 5 safras o MIX  
resultou em aumento  
de 70 sacas de soja,  
ou seja, rendeu MAIS  
UMA boa safra.

Cultivo de mix  
proporcionou maior  
estabilidade produtiva  
da soja



População de nematoides

Maior ciclagem de nutrientes

Infestação de plantas daninhas

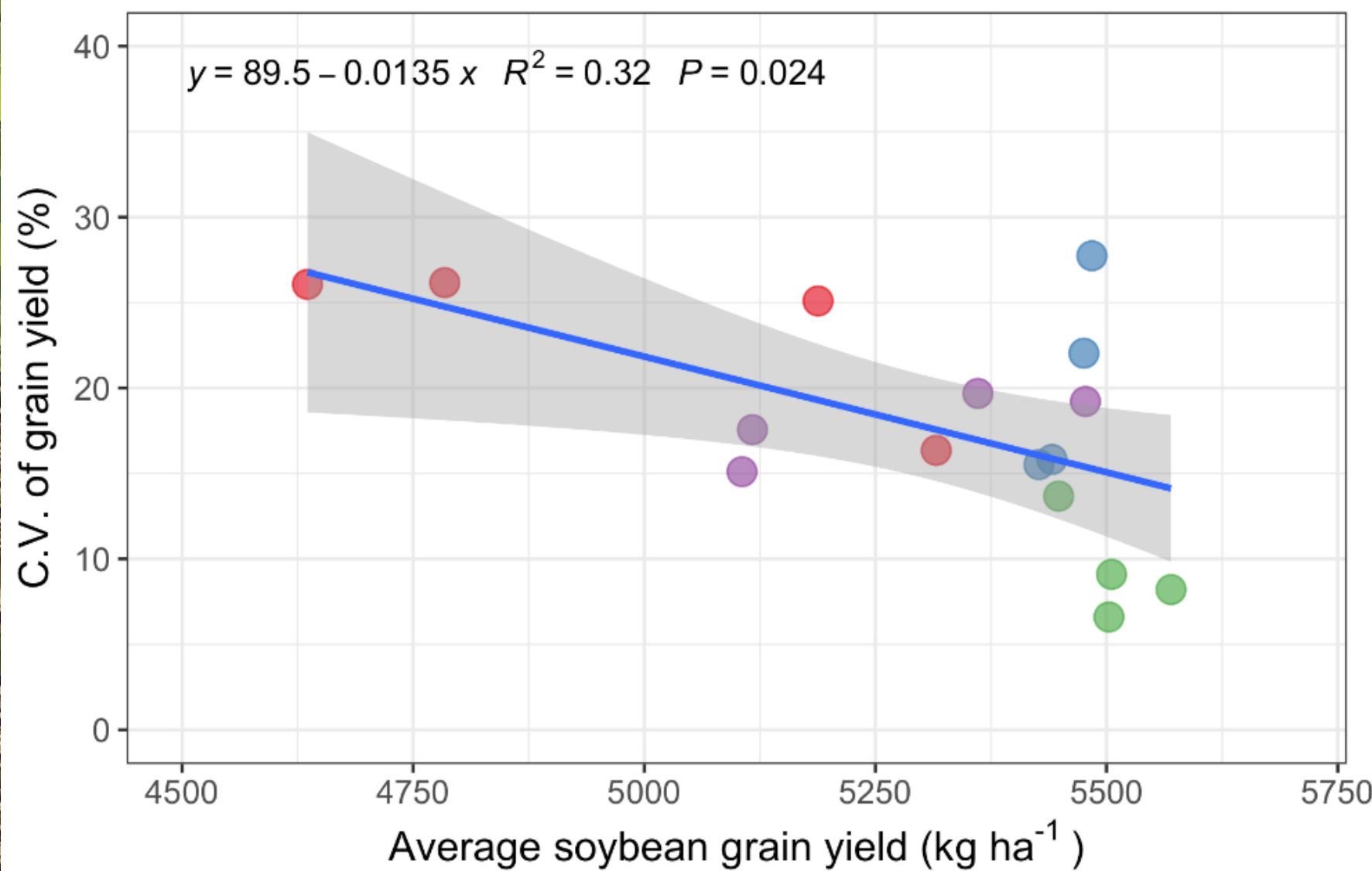
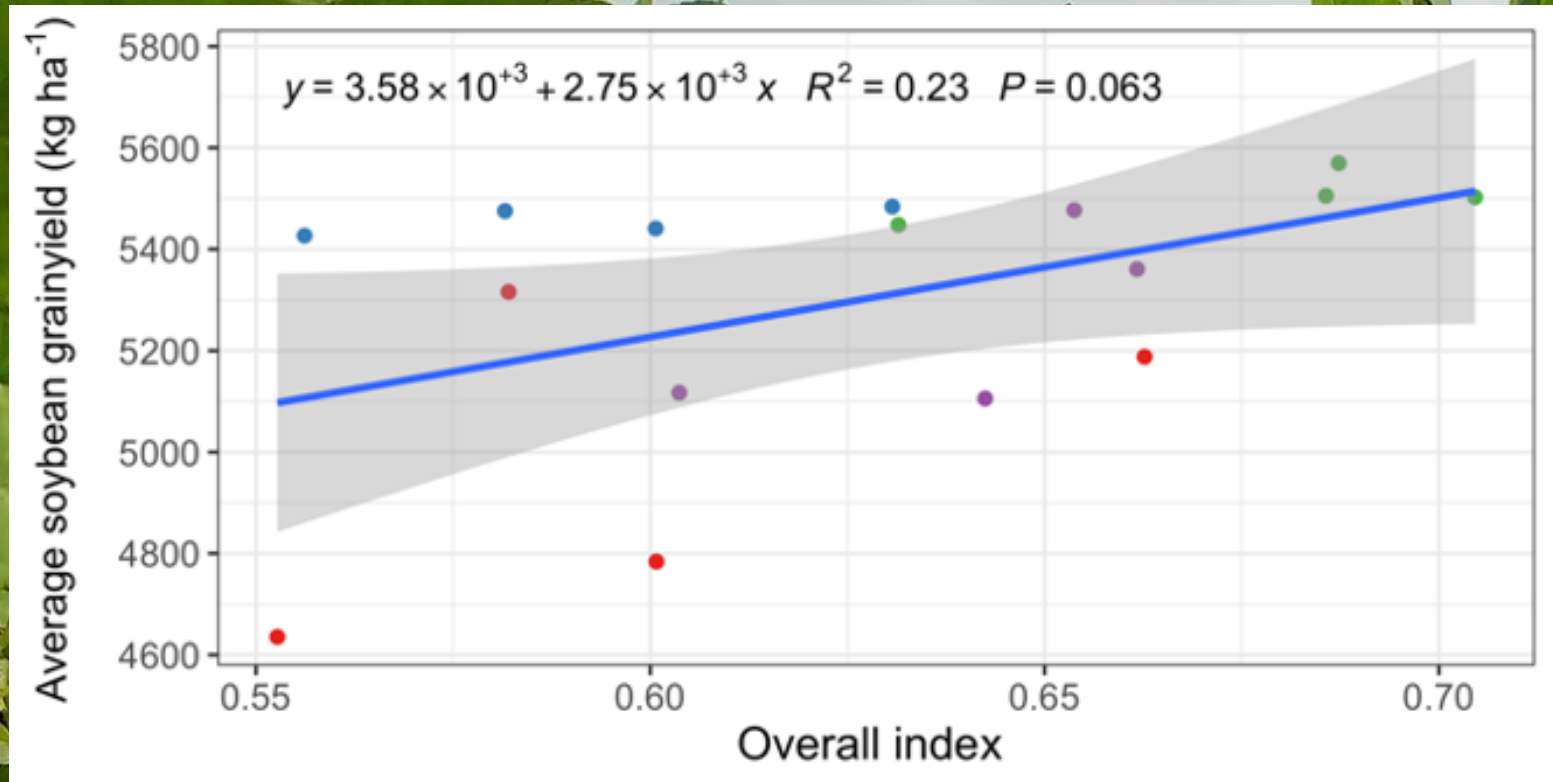
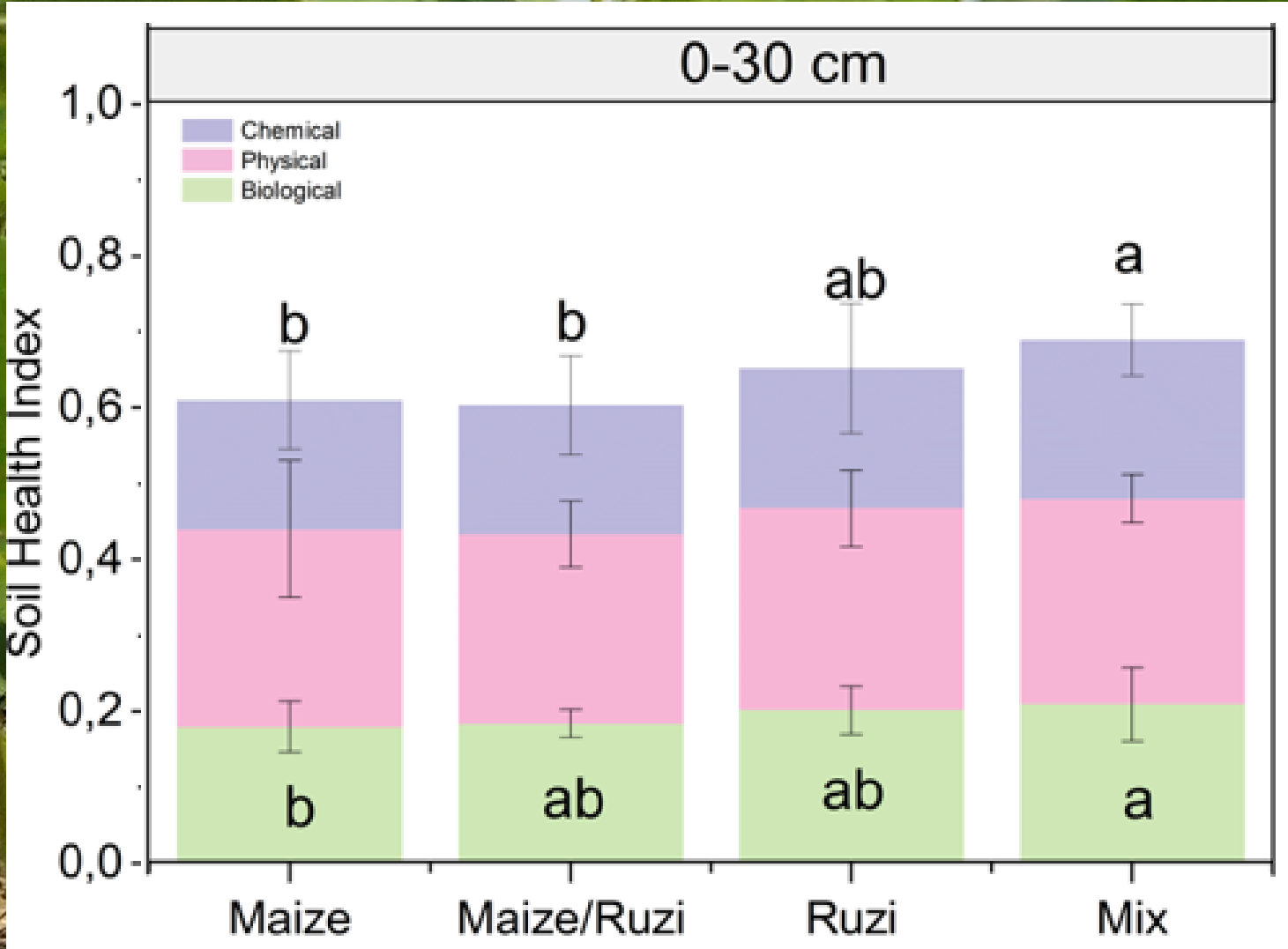
Souza et al. (2024)



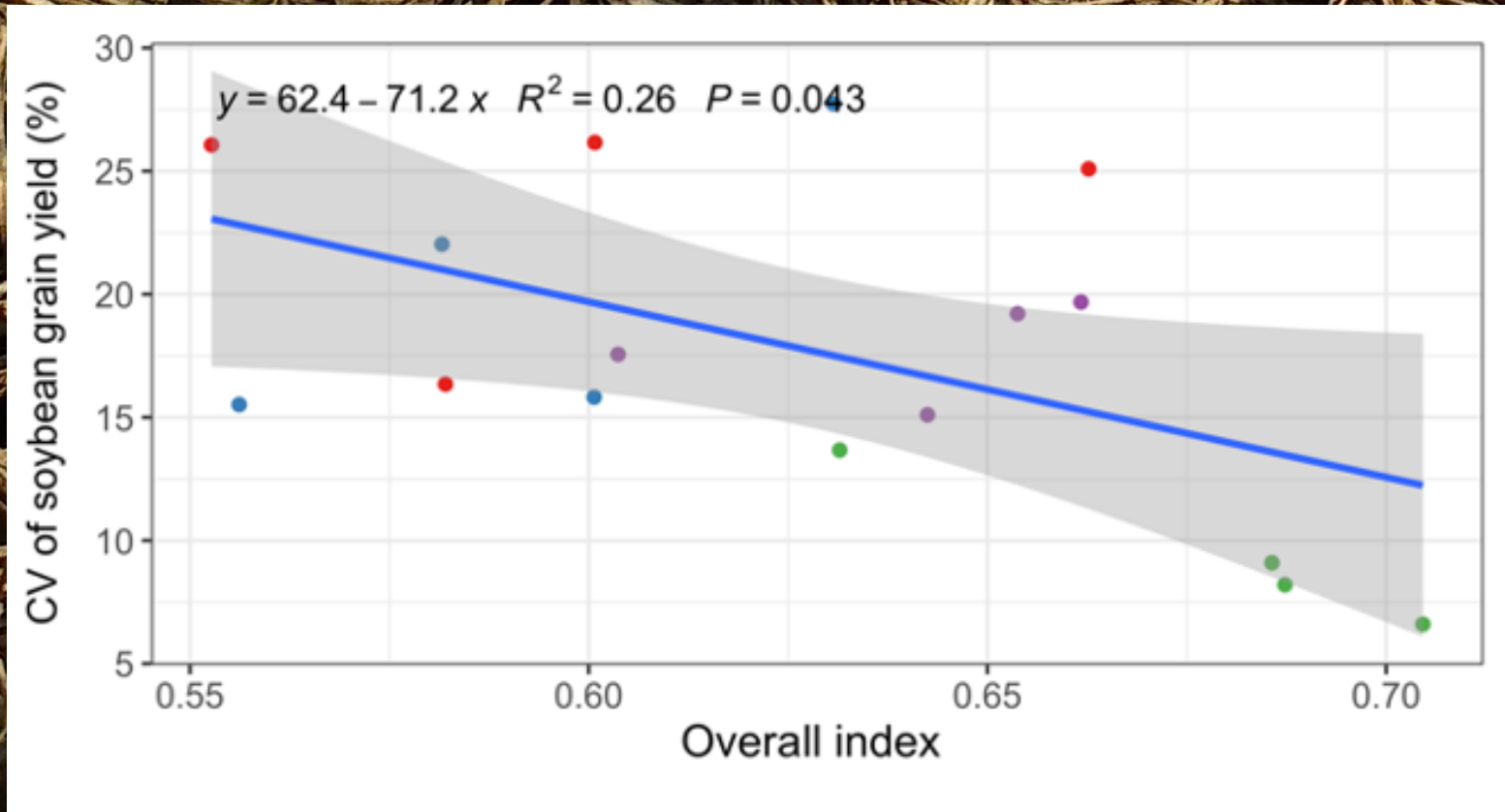
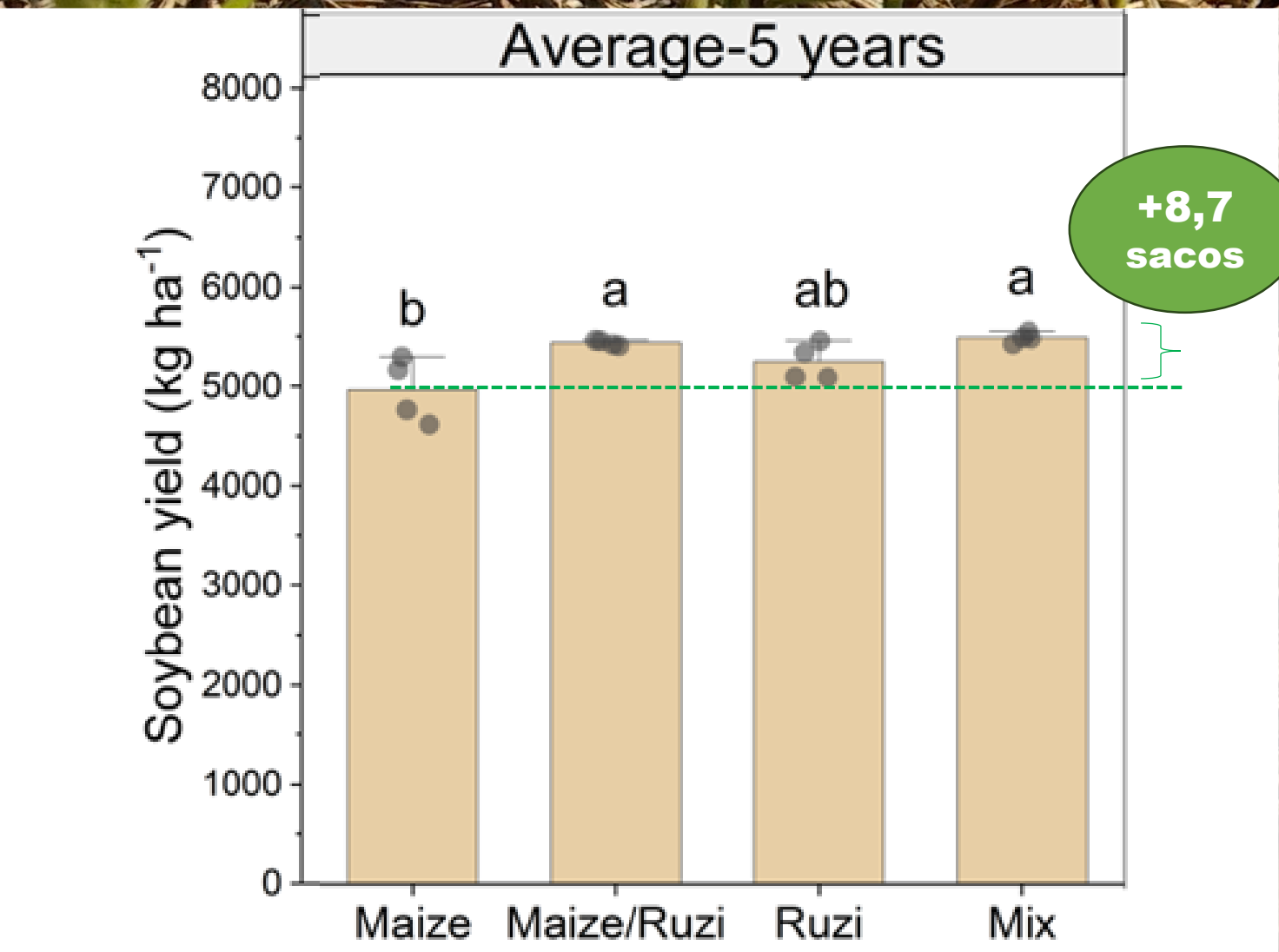


# Solo mais saudável, maior produtividade e melhor estabilidade produtiva (resiliência)

Rio Verde - GO



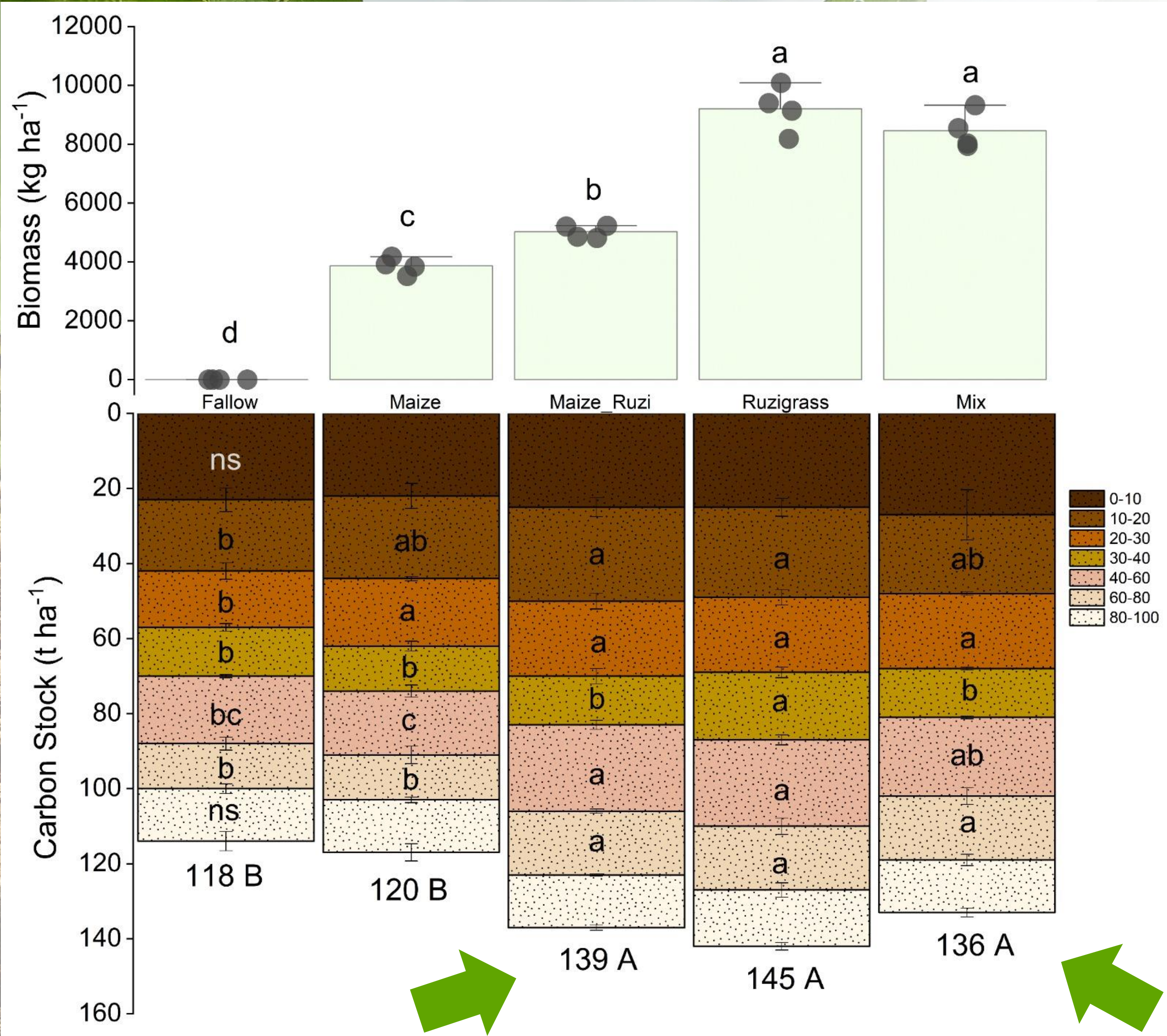
**Carbono do solo explicou 20% da variação da produtividade da soja**





Solo mais saudável, maior produtividade e melhor estabilidade produtiva (resiliência)

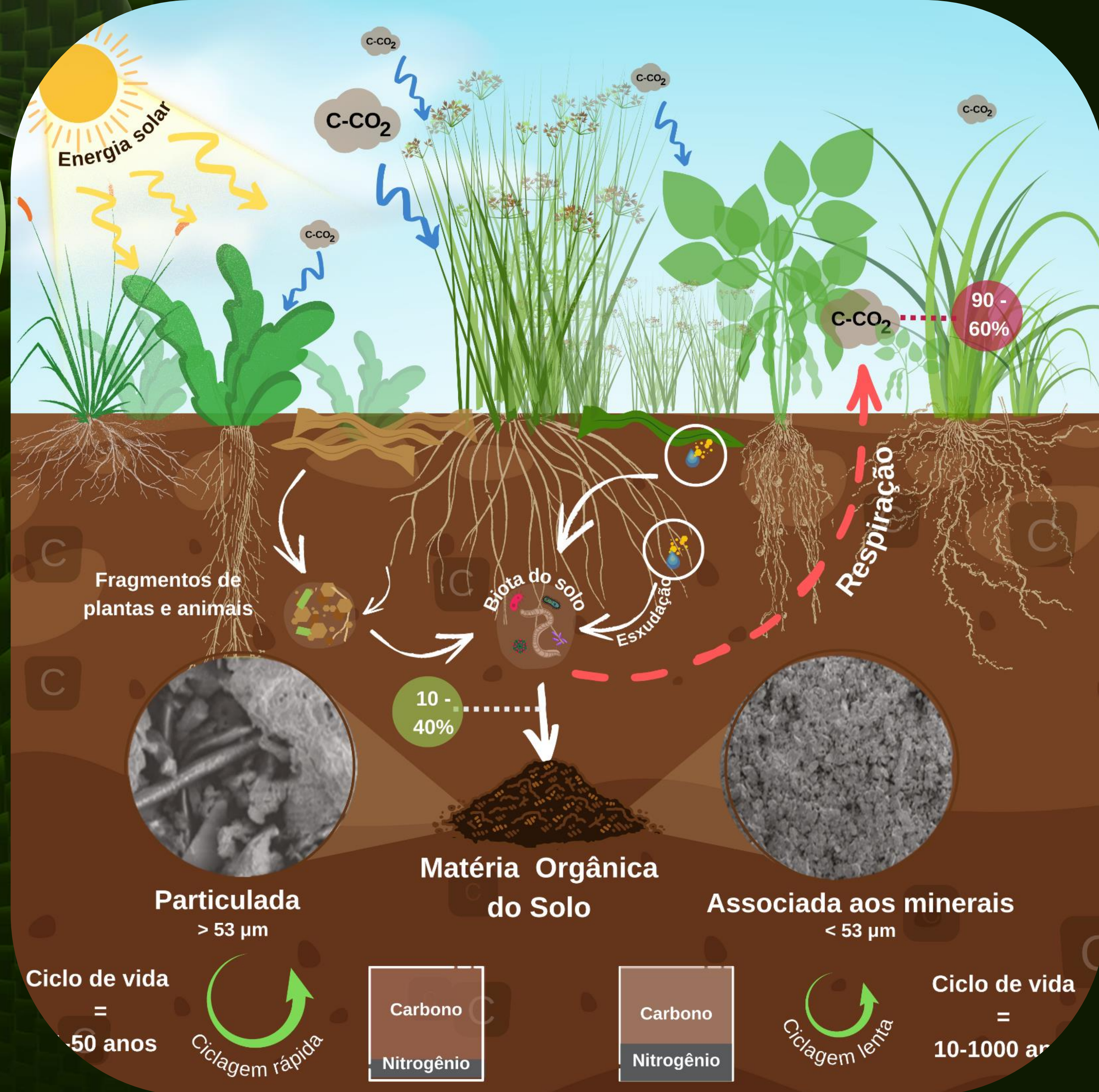
Rio Verde - GO





# De que forma as plantas de cobertura contribuem para o aumento dos estoques de C do solo?

- Aumento na **QUANTIDADE** de biomassa produzida e aportada ao solo;
- Aumento na **DIVERSIDADE/QUALIDADE** de biomassa aportada no solo;
- **Aumento no teor de N** do solo via fixação biológica de N (leguminosas) – (maior crescimento das plantas + eficiência de estabilização de carbono no solo);
- Aumento da **estabilização e proteção do C** pelo aumento da agregação do solo.







# Taxas de Sequestro de C

## no solo em SPD

Região	Bayer et al. (2006)	Estimativa Revisada
Sul (Subtropical)	0,48	Mono/Rot. Cult. Tradicional 0,12±0,06 Rotação Culturas Intensivo 0,58±0,09
Cerrado (Tropical)	0,35	Mono/Rot. Cult. Tradicional 0,03±0,07 Rotação Culturas Intensivo 0,42±0,06
Temperada- USA	0,34 (0,24-0,40)	

BRASIL





Review

Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis

Christopher Poeplau<sup>a,b,\*</sup>, Axel Don<sup>a</sup>

**+ 0,32  
Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>**



A meta-analysis of global cropland soil carbon changes due to cover cropping

Jinshi Jian<sup>a,b</sup>, Xuan Du<sup>c</sup>, Mark S. Reiter<sup>a,d</sup>, Ryan D. Stewart<sup>a,\*</sup>

**+ 0,56  
Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>**



# Potential of C sequestration in agricultural soils



## OPEN ACCESS

EDITED BY  
Edward Wilczewski,  
Bydgoszcz University of Science and  
Technology, Poland

REVIEWED BY  
Serkan Ates,  
Oregon State University, United States  
Boris Durdević Durdević,  
University of Osijek, Croatia

\*CORRESPONDENCE  
Carlos Eduardo Pellegrino Cerri  
✉ cepcerri@usp.br

RECEIVED 15 August 2024  
ACCEPTED 31 October 2024  
PUBLISHED 19 November 2024

CITATION  
Cerri CEP, Cherubin MR,  
Villela JM, Locatelli JL, Carvalho ML,  
Villarreal F, de Castro Mello FF,  
Ibrahim MA and Lal R (2024) Carbon farming  
in the living soils of the Americas.  
*Front. Sustain. Food Syst.* 8:1481005.  
doi: 10.3389/fsufs.2024.1481005

COPYRIGHT  
© 2024 Cerri, Cherubin, Villela, Locatelli,  
Carvalho, Villarreal, de Castro Mello, Ibrahim  
and Lal. This is an open-access article  
distributed under the terms of the [Creative  
Commons Attribution License \(CC BY\)](#). The  
use, distribution or reproduction in other  
forums is permitted, provided the original  
author(s) and the copyright owner(s) are  
credited and that the original publication in  
this journal is cited, in accordance with  
accepted academic practice. No use,  
distribution or reproduction is permitted  
which does not comply with these terms.

## Carbon farming in the living soils of the Americas

Carlos Eduardo Pellegrino Cerri<sup>1,2\*</sup>,  
Maurício Roberto Cherubin<sup>1,2</sup>, João Marcos Villela<sup>1</sup>,  
Jorge Luiz Locatelli<sup>1</sup>, Martha Lustosa Carvalho<sup>1</sup>,  
Federico Villarreal<sup>3</sup>, Francisco Fujita de Castro Mello<sup>3</sup>,  
Muhammad Akbar Ibrahim<sup>3</sup> and Rattan Lal<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Soil Science, Luiz de Queiroz College of Agriculture, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, <sup>2</sup>Center for Carbon Research in Tropical Agriculture (CCARBON), University of São Paulo, São Paulo, Brazil, <sup>3</sup>Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture, San José, Costa Rica, <sup>4</sup>CFAES Rattan Lal Center for Carbon Management and Sequestration, School of Environment and Natural Resources, The Ohio State University, Columbus, OH, United States

Soil represents Earth's largest terrestrial reservoir of carbon (C) and is an important sink of C from the atmosphere. However, the potential of adopting best management practices (BMPs) to increase soil C sequestration and offset greenhouse gas (GHG) emissions in agroecosystems remains unclear. Synthesizing available information on soil C sink capacity is important for identifying priority areas and systems to be monitored, an essential step to properly estimate large-scale C sequestration potential. This study brings an overview of thousands of research articles conducted in the Americas and presents the current state-of-the-art on soil C research. Additionally, it estimates the large-scale BMPs adoption impact over soil C dynamics in the region. Results indicated that soil C-related terms are widely cited in the literature. Despite that, from a total of ~13 thousand research articles recovered in the systematic literature review, only 9.2% evaluated soil C (at any depth), and only 4.6% measured soil C for the 0–30 cm soil layer, mostly conducted in North and South America regions. Literature review showed a low occurrence of terms related to BMPs (e.g., cover cropping), suggesting a research gap on the subject. Estimates revealed that upscaling of BMPs over 30% of agricultural land area (334 Mha) of the Americas can lead to soil C sequestration of 13.1 (±7.1) Pg CO<sub>2</sub>eq over 20 years, offsetting ~39% of agricultural GHG emissions over the same period. Results suggest that efforts should be made to monitor the impact of cropping system on soil C dynamics on the continents, especially in regions where data availability is low (e.g., Central, Caribbean, and Andean regions). Estimating the available degraded area for the continent and the soil C sequestration rates under BMPs adoption for Central, Andean, and Caribbean regions were major shortcomings encountered in our analysis. Thus, it is expected that some degree of uncertainty may be associated with the obtained results. Despite these limitations, upscaling of BMPs across the Americas suggests having great potential for C removal from the atmosphere and represents a global positive impact in terms of climate change mitigation and adaptation.

## KEYWORDS

soil C sequestration, climate mitigation, greenhouse gas, agriculture, climate adaptation, soil health, soil organic matter, food systems

Estimates revealed that upscaling of best management practices (no-tillage and integrated systems) over **30%** of agricultural land area (334 Mha) of the Americas can lead to soil C sequestration of 13.1 (±7.1) Pg CO<sub>2</sub>eq over 20 years, **offsetting ~39%** of agricultural GHG emissions over the same period.



Living Soils  
of the Americas



# Potential of C sequestration in agricultural soils



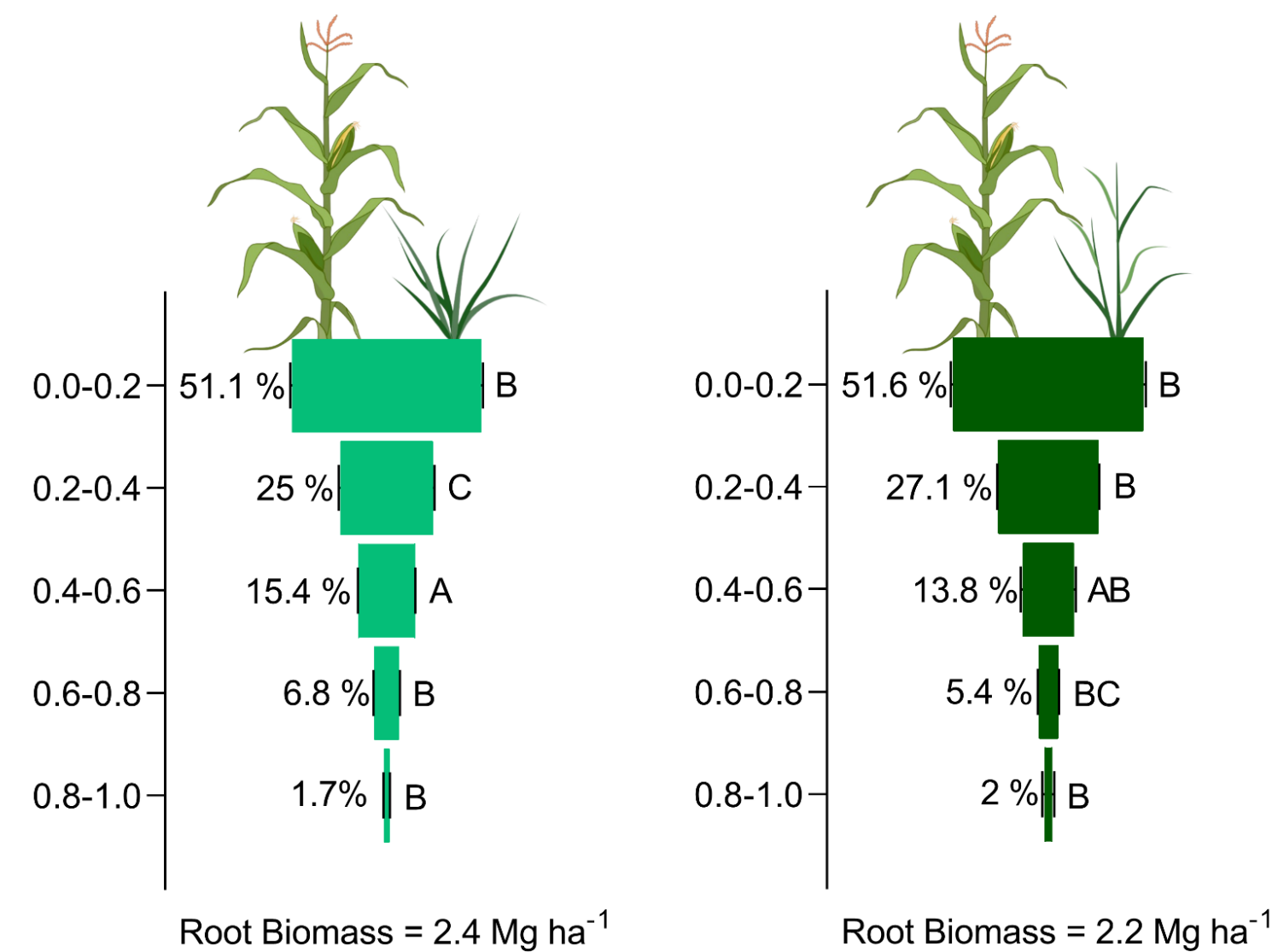
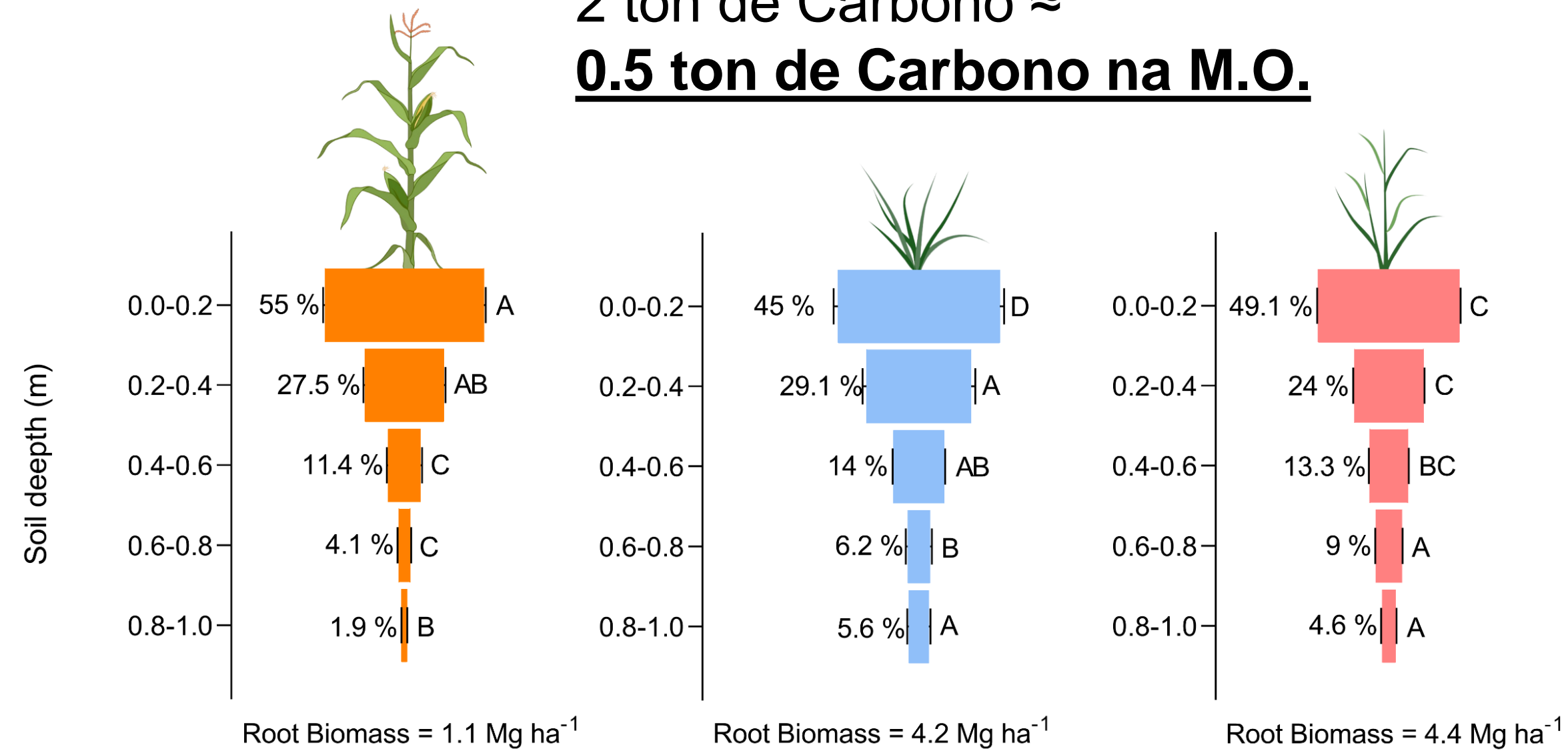
- Consórcio **vs** Milho monocultivo

Adição de:

4.4 ton ha<sup>-1</sup> (Palha+Raíz) ≈

2 ton de Carbono ≈

**0.5 ton de Carbono na M.O.**







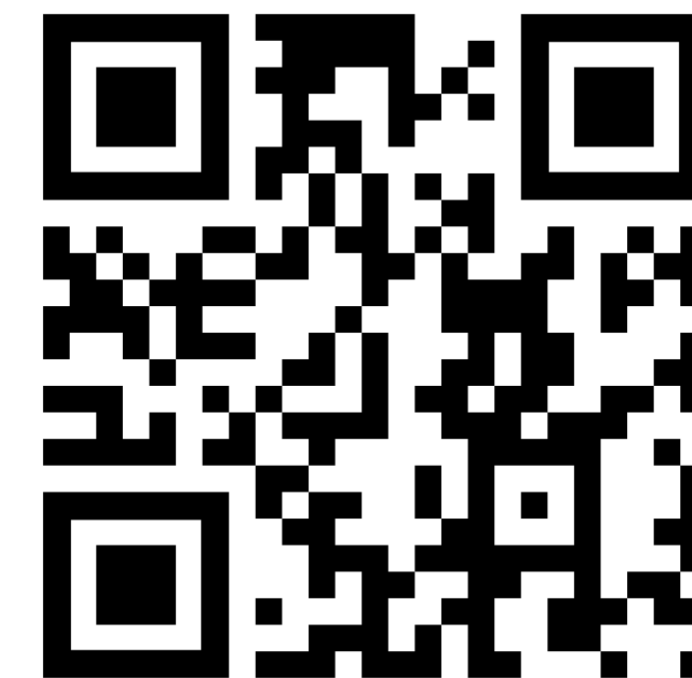
# CCARBON

CENTER FOR CARBON RESEARCH  
IN TROPICAL AGRICULTURE

UNIVERSITY OF SÃO PAULO



<https://ccarbon.usp.br/>







# KITSOHMA


## Avaliação da saúde do solo no campo

Bruna E. Schiebelbein

Maurício R. Cherubin



**CCARBON**  
CENTER FOR CARBON RESEARCH  
IN TROPICAL AGRICULTURE  
UNIVERSITY OF SÃO PAULO

<b>INPI</b> INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL	30/07/2024 16:23	870240064465
		
29409162317910882		
Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT		
Número do Processo: BR 10 2024 015629 3		
Dados do Depositante (71)		
Depositante 1 de 1		
Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP		
Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica		
CPF/CNPJ: 63025530000104		
Nacionalidade: Brasileira		
Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa		
Endereço: Rua da Reitoria, 374 - Butantã		
Cidade: São Paulo		
Estado: SP		
CEP: 05508220		
País: Brasil		
Telefone: (11) 3091.4474		
Fax:		
Email: pidireto@usp.br		

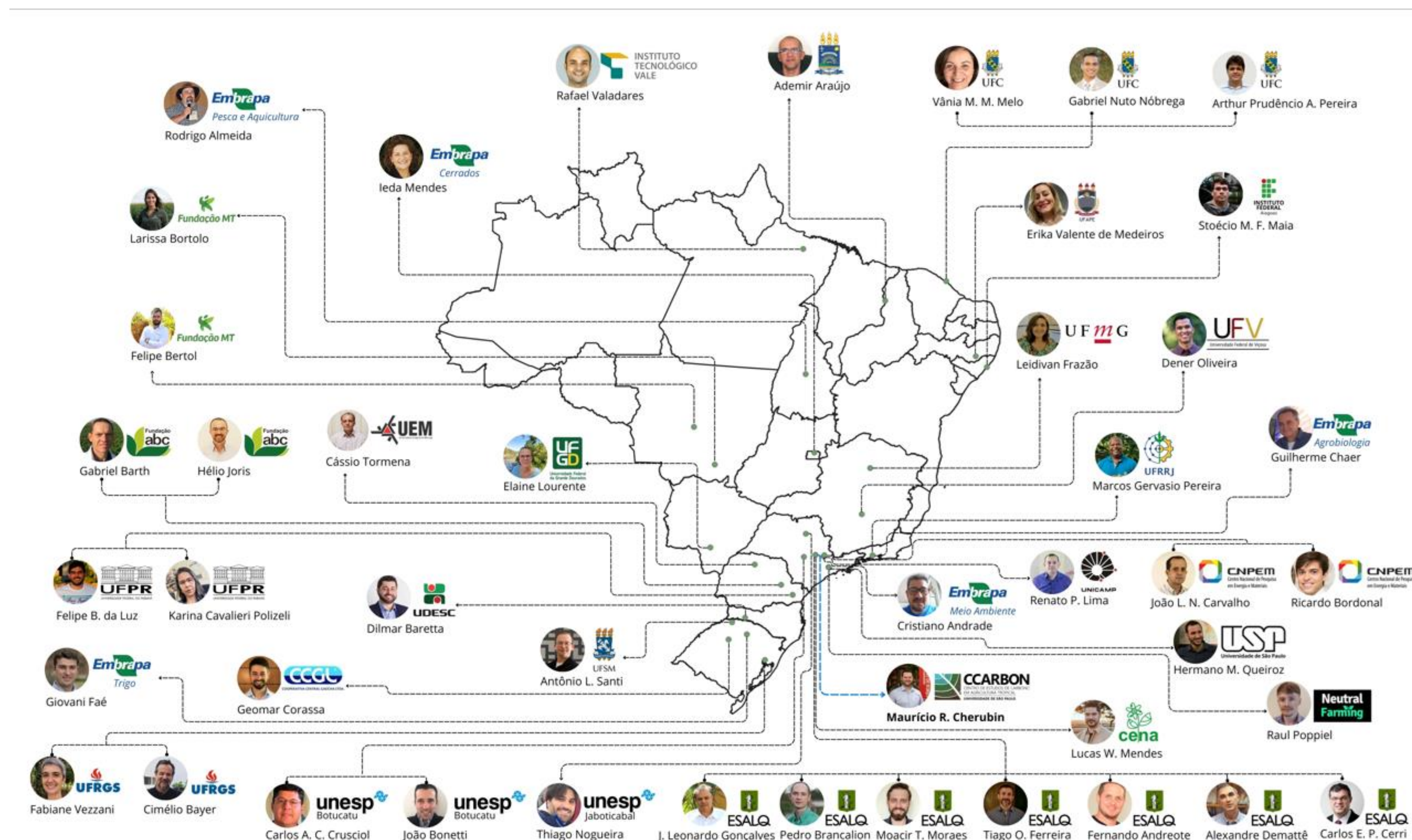


# Aliança Nacional de Saúde do Solo



**47** pesquisadores envolvidos

Criação de uma **aliança nacional na agenda de saúde do solo**, para fomentar cooperação em pesquisa, inovação e disseminação entre pesquisadores, agricultores, profissionais do setor produtivo e tomadores de decisão.





**SAÚDE DO SOLO É A FUNDAÇÃO PARA A TRANSFORMAÇÃO DA AGRICULTURA NAS PRÓXIMAS DÉCADAS**  
**ERA DA “EVOLUÇÃO VERDE”**

**SOLOS SAUDÁVEIS**

**ÁGUA**  
**CARBONO**  
**BIODIVERSIDADE**  
**Químico**  
**Físico**  
**Biológico**

**REDUÇÃO DE GEE**

**MAIOR PRODUTIVIDADE DAS PLANTAS**  
**MAIOR RENTABILIDADE**  
**MAIOR INVESTIMENTO NA LAVOURA**

**Devemos entrar no ciclo virtuoso!**



**SAÚDE DO SOLO É A FUNDAÇÃO PARA A TRANSFORMAÇÃO DA AGRICULTURA NAS PRÓXIMAS DÉCADAS**  
**ERA DA “EVOLUÇÃO VERDE”**

**SOLOS SAUDÁVEIS**

Químico

Físico

Biológico

Maior produtividade das plantas

Maior rentabilidade

Maior investimento na lavoura

REDUÇÃO DE GEE

ÁGUA

CARBONO

BIODIVERSIDADE

**Devemos entrar no ciclo virtuoso!**



# MUITO OBRIGADO

**DR. LUCAS  
NOGUEIRA SOUZA**

lucas.nogueirasouza@usp.br



## ESALQ

