

Diversidade microbiana em solos tropicais: abrindo a caixa preta



16 a 20
outubro
2016

Centro de
Convenções de
GOIÂNIA - GO

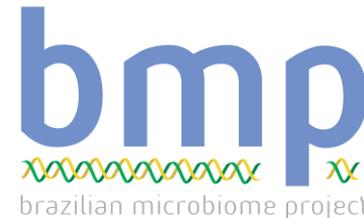
Metagenoma de áreas sob plantio direto e plantio convencional do Cerrado ao Sul do Brasil



Luiz F. Wurdig Roesch
UNIPAMPA/BR



luizroesch@unipampa.edu.br



<http://www.brmicrobiome.org>

Abordagem

- 1** Porquês do Metagenoma e do NGS
- 2** O que aprendemos
- 3** O que precisamos aprender

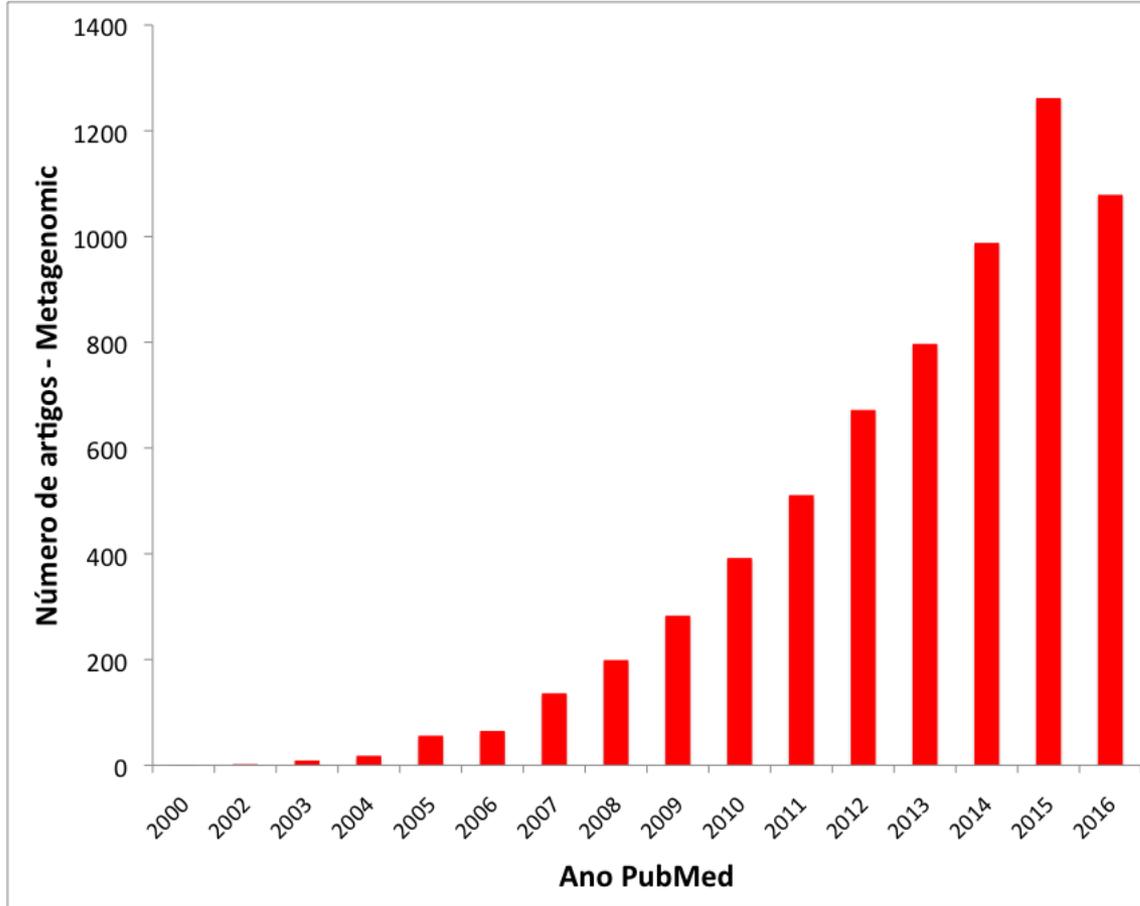
Porquês do Metagenoma e do NGS

1 2 3



Ferramentas baseadas em biologia molecular tem sido muito utilizadas por ecologistas microbianos.

Porquês do Metagenoma e do NGS



Crescimento exponencial do número de artigos publicados sobre o tema:

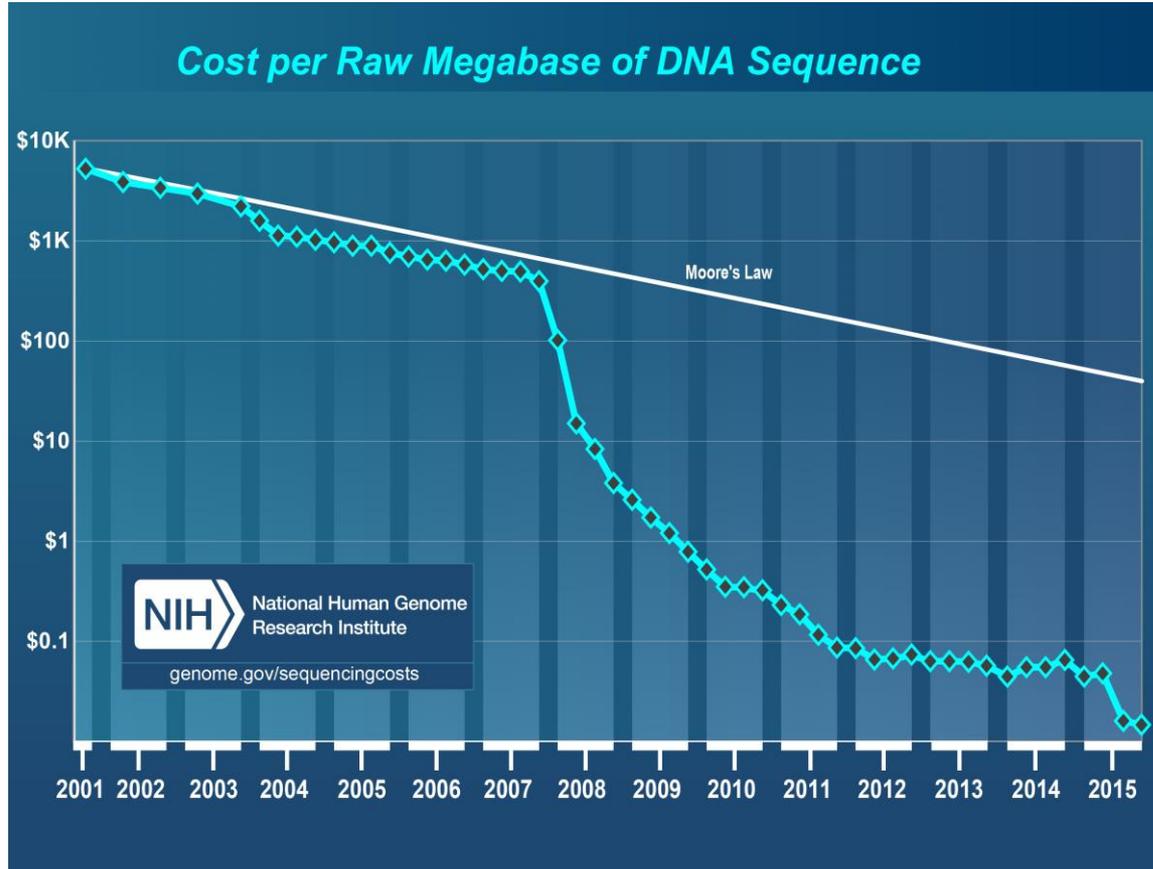
“Metagenomic”

Quatro Razões para o crescimento do número de trabalhos sobre o tema.

Porquês do Metagenoma e do NGS



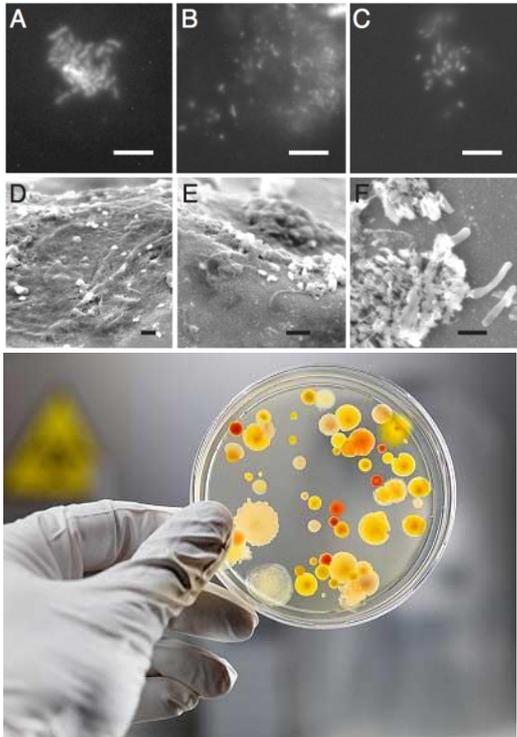
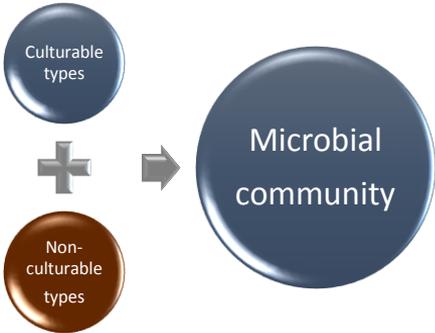
Primeira Razão



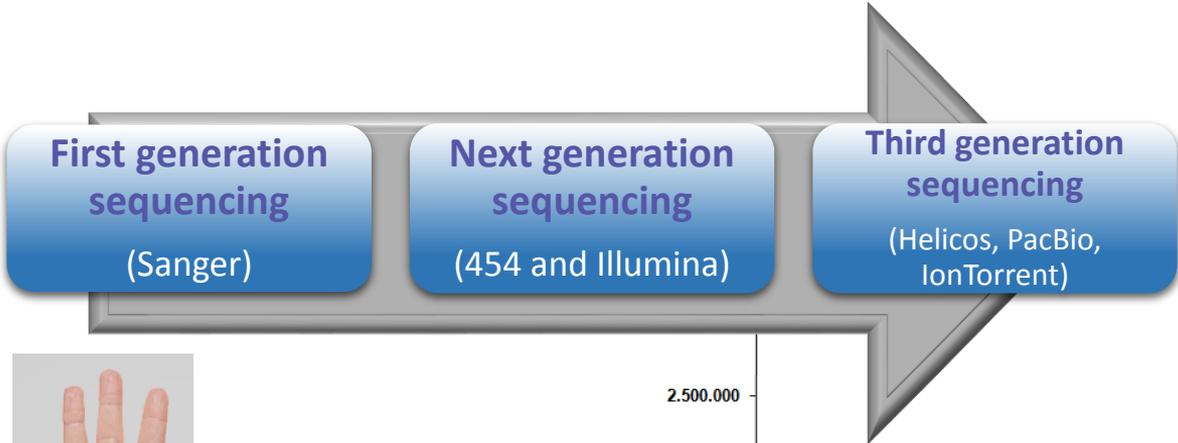
Porquês do Metagenoma e do NGS



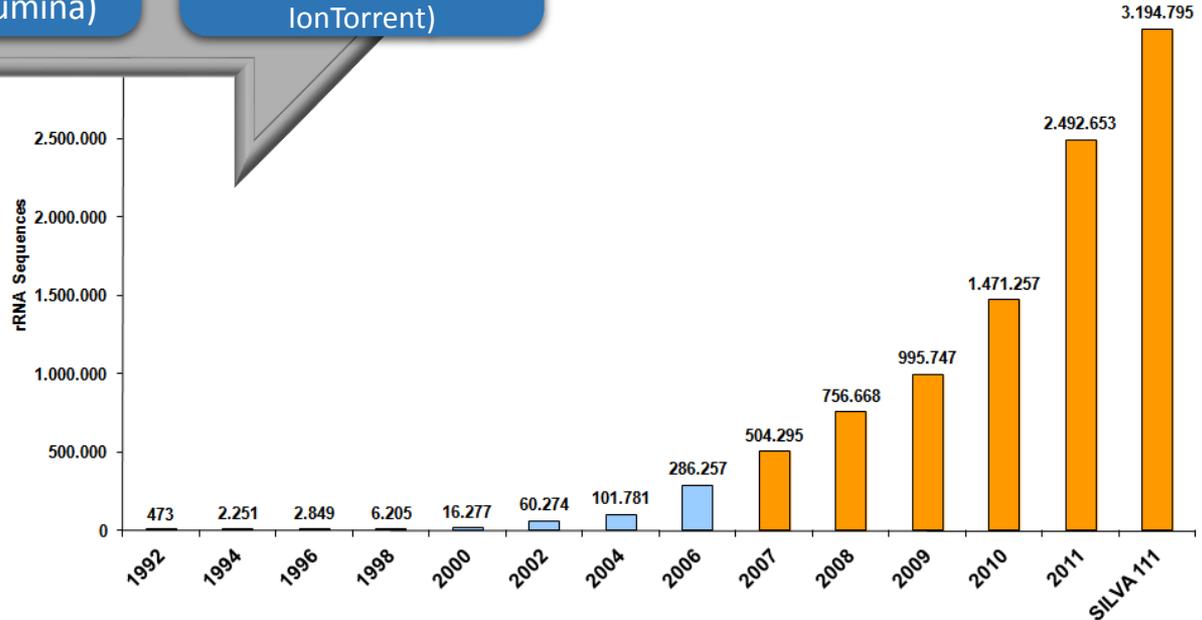
Segunda Razão



Porquês do Metagenoma e do NGS



Terceira Razão



Porquês do Metagenoma e do NGS

ANALYSIS

nature
biotechnology

Performance comparison of benchtop high-throughput sequencing platforms

Nicholas J Loman¹, Raju V Misra², Timothy J Dallman², Chrystala Constantinidou¹, Saheer E Gharbia², John Wain^{2,3} & Mark J Pallen¹



Quarta Razão



©2011, Illumina Inc. All rights reserved.



Porquês do Metagenoma e do NGS

Marchesi and Ravel *Microbiome* (2015) 3:31
DOI 10.1186/s40168-015-0094-5



EDITORIAL

Open Access

The vocabulary of microbiome research: a proposal



Julian R. Marchesi^{1,2} and Jacques Ravel^{3,4*}

Metagenoma ou “Metagenomics”

Coleção de genomas e genes de membros da microbiota.

Metataxonomia ou “Metataxonomics”

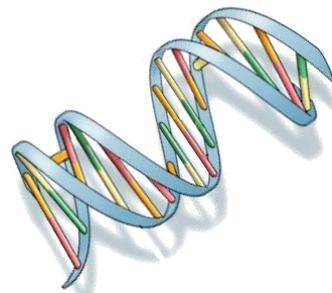
Processo baseado em NGS usado para caracterizar a microbiota. Ex. Sequenciamento do gene 16S e estabelecimento das relações filogenéticas entre as sequencias obtidas.



Duas abordagens principais

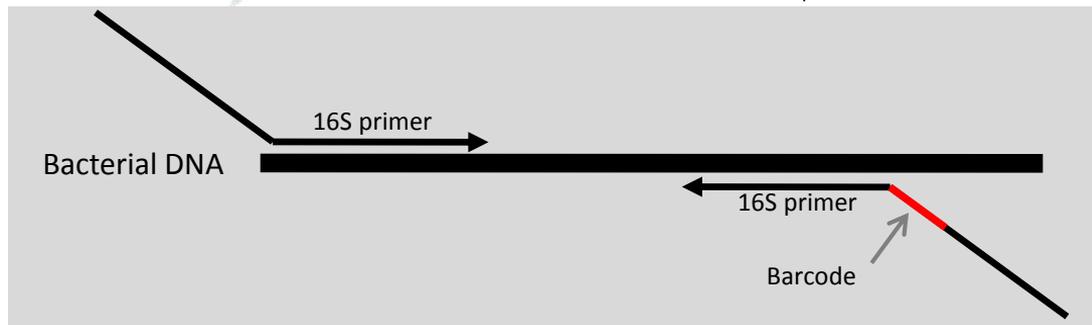


Extração DNA

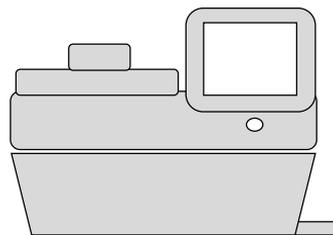
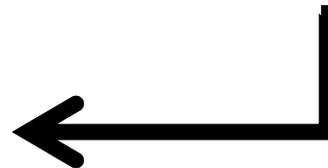


Metataxonomia

Amplificação
16S rRNA



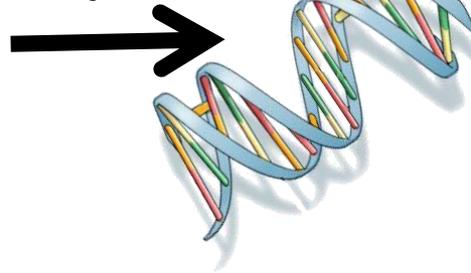
Sequenciamento



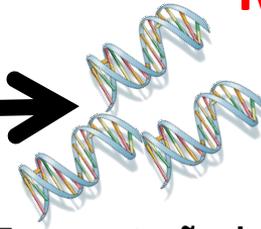
Metagenoma



Extração DNA



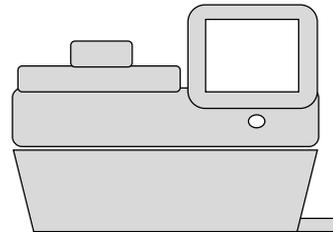
Fragmentação do DNA



Adição de adaptadores



Sequenciamento



O que aprendemos: Solos do Cerrado



Filos mais abundantes	Diferença entre tratamentos	Método utilizado	Referência
Acidobacteria Proteobacteria Actinobacteria	NS	Metataxonomia	Araújo et al., 2012
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	NS	Metagenoma	Souza et al., 2013
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	Acidobacteria Actinobacteria	Metataxonomia	Rampelotto, et al., 2013
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	Acidobacteria Proteobacteria	Metagenoma	Souza et al., 2016

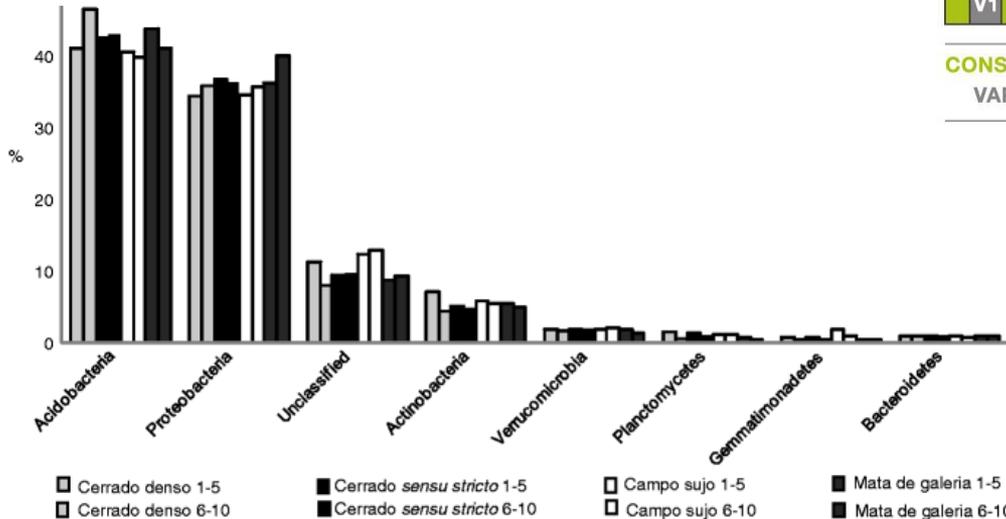
O que aprendemos: Solos do Cerrado

Microb Ecol (2012) 64:760–770
DOI 10.1007/s00248-012-0057-3

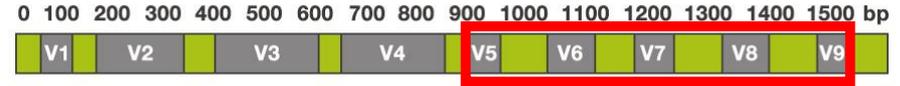
SOIL MICROBIOLOGY

Characterization of Soil Bacterial Assemblies in Brazilian Savanna-Like Vegetation Reveals Acidobacteria Dominance

Janaina F. Araujo · Alinne P. de Castro ·
Marcos M. C. Costa · Roberto C. Togawa ·
Georgios J. Pappas Júnior · Betania F. Quirino ·
Mercedes M. C. Bustamante · Lynn Williamson ·
Jo Handelsman · Ricardo H. Krüger



Metataxonomia



CONSERVED REGIONS: unspecific applications

VARIABLE REGIONS: group or species-specific applications

O que aprendemos: Solos do Cerrado



Filos mais abundantes	Diferença entre tratamentos	Método utilizado	Referência
Acidobacteria Proteobacteria Actinobacteria	NS	Metataxonomia	Araújo et al., 2012
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	NS	Metagenoma	Souza et al., 2013
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	Acidobacteria Actinobacteria	Metataxonomia	Rampelotto, et al., 2013
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	Acidobacteria Proteobacteria	Metagenoma	Souza et al., 2016

O que aprendemos: solos do Cerrado



Applied Soil Ecology 72 (2013) 49–61

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect



ELSEVIER

Applied Soil Ecology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apsoil



Soil metagenomics reveals differences under conventional and no-tillage with crop rotation or succession

Renata Carolini Souza^{a,b}, Mauricio Egídio Cantão^c, Ana Tereza Ribeiro Vasconcelos^d, Marco Antonio Nogueira^{a,b}, Mariangela Hungria^{a,b,*}

^a Embrapa Soja, Cx. Postal 231, 86001-970 Londrina, Paraná, Brazil

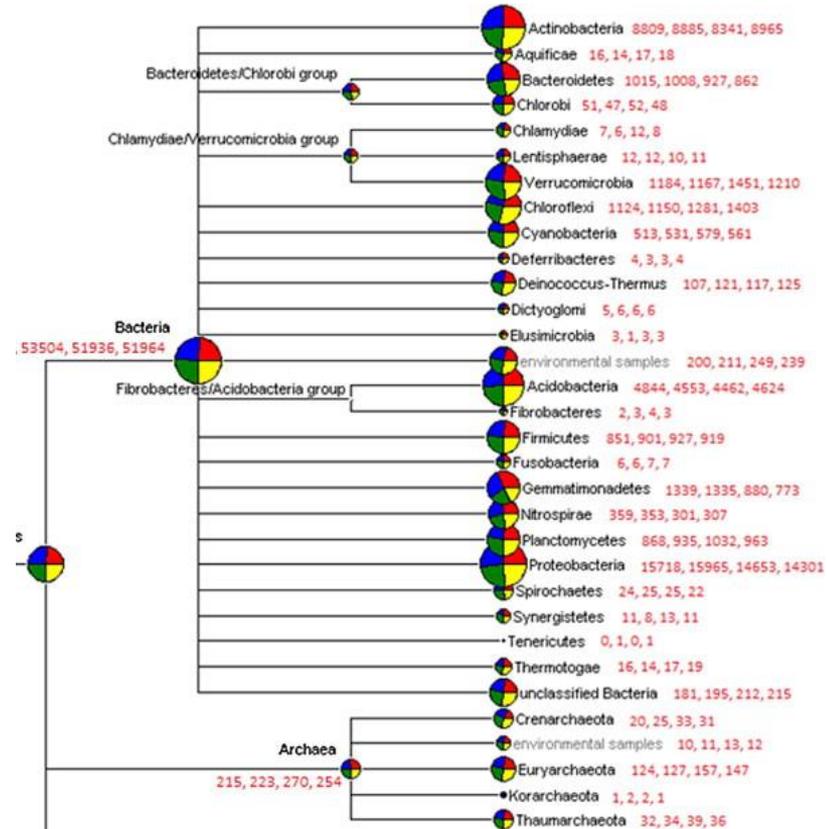
^b Universidade Estadual de Londrina, Dept. Microbiologia, Cx. Postal 60001, 86051-990 Londrina, Brazil

^c Embrapa Suínos e Aves, Cx. Postal 21, 89700-000 Concórdia, Santa Catarina, Brazil

^d Laboratório Nacional de Computação Científica, Rua Getúlio Vargas 333, 25651-071 Petrópolis, Rio de Janeiro, Brazil

Metagenoma

Plantio direto, Plantio convencional
Successão de culturas, Rotação de culturas



O que aprendemos: Solos do Cerrado



Filos mais abundantes	Diferença entre tratamentos	Método utilizado	Referência
Acidobacteria Proteobacteria Actinobacteria	NS	Metataxonomia	Araújo et al., 2012
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	NS	Metagenoma	Souza et al., 2013
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	Acidobacteria Actinobacteria	Metataxonomia	Rampelotto, et al., 2013
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	Acidobacteria Proteobacteria	Metagenoma	Souza et al., 2016

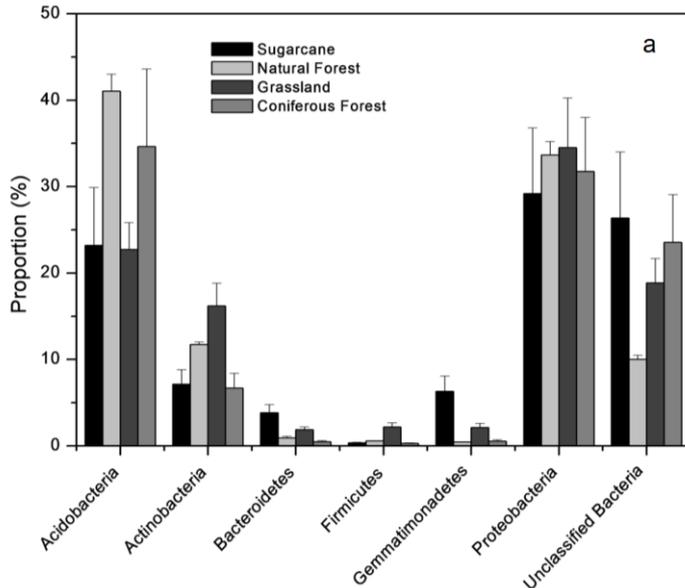
O que aprendemos: Solos do Cerrado

Microb Ecol (2013) 66:593–607
DOI 10.1007/s00248-013-0235-y

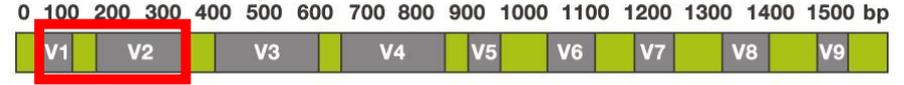
SOIL MICROBIOLOGY

Changes in Diversity, Abundance, and Structure of Soil Bacterial Communities in Brazilian Savanna Under Different Land Use Systems

Pabulo Henrique Rampelotto · Adão de Siqueira Ferreira ·
Anthony Diego Muller Barboza · Luiz Fernando Wurdig Roesch



Metataxonomia



CONSERVED REGIONS: unspecific applications

VARIABLE REGIONS: group or species-specific applications

O que aprendemos: Solos do Cerrado



Filos mais abundantes	Diferença entre tratamentos	Método utilizado	Referência
Acidobacteria Proteobacteria Actinobacteria	NS	Metataxonomia	Araújo et al., 2012
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	NS	Metagenoma	Souza et al., 2013
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	Acidobacteria Actinobacteria	Metataxonomia	Rampelotto, et al., 2013
Proteobacteria Actinobacteria Acidobacteria	Acidobacteria Proteobacteria	Metagenoma	Souza et al., 2016

O que aprendemos: Solos do Pampa



Filos mais abundantes	Diferença entre tratamentos	Método utilizado	Referência
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	NS	Metataxonomia	Suleiman et al., 2013
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	Acidobacteria	Metataxonomia	Lupatini et al., 2013
Proteobacteria Bacteroidetes Acidobacteria Verrucomicrobia	NS	Metataxonomia	Suleiman et al., 2016

O que aprendemos: Solos do Pampa



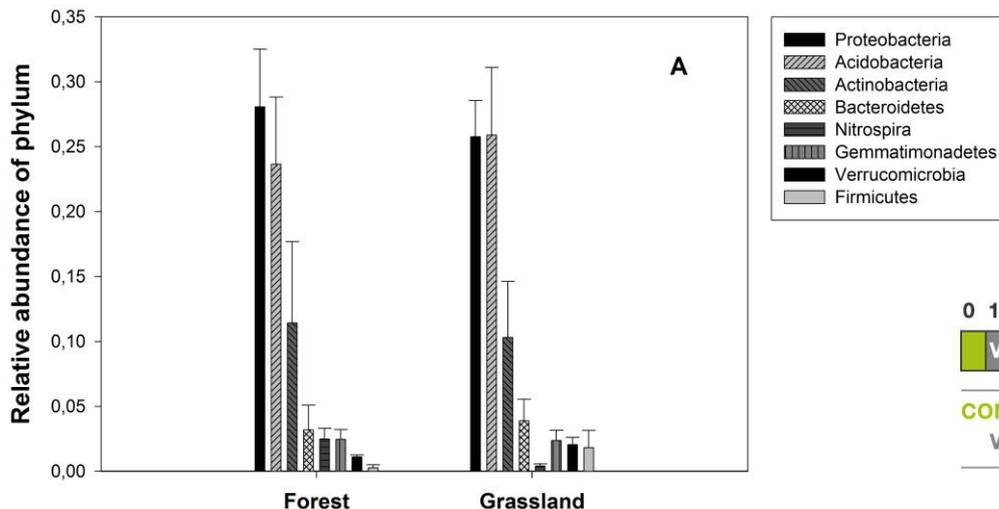
Shifts in soil bacterial community after eight years of land-use change

Afnan Khalil Ahmad Suleiman^a, Lupatini Manoeli^b, Juliano Tomazzoni Boldo^a,
Marcos G. Pereira^c, Luiz Fernando Wurdig Roesch^{a,*}

^a Universidade Federal do Pampa, Campus São Gabriel – Av. Antônio Trilha, 1847, São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brazil

^b Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, 97105900 Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

^c Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 km 47, Rio de Janeiro 23890-000, Brazil



Metataxonomia



CONSERVED REGIONS: unspecific applications

VARIABLE REGIONS: group or species-specific applications

O que aprendemos: Solos do Pampa



Filos mais abundantes	Diferença entre tratamentos	Método utilizado	Referência
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	NS	Metataxonomia	Suleiman et al., 2013
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	Acidobacteria	Metataxonomia	Lupatini et al., 2013
Proteobacteria Bacteroidetes Acidobacteria Verrucomicrobia	NS	Metataxonomia	Suleiman et al., 2016

O que aprendemos: Solos do Pampa

OPEN ACCESS Freely available online

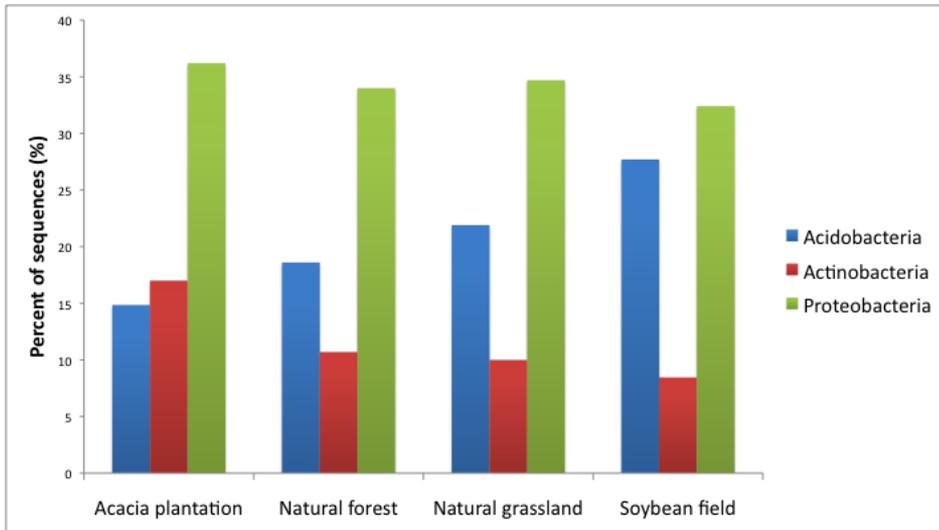
PLOS ONE



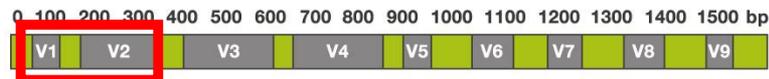
Soil-Borne Bacterial Structure and Diversity Does Not Reflect Community Activity in Pampa Biome

Manoeli Lupatini¹, Afnan Khalil Ahmad Suleiman¹, Rodrigo Josemar Seminoti Jacques¹, Zaida Inês Antonioli¹, Eiko Eurya Kuramae², Flávio Anastácio de Oliveira Camargo³, Luiz Fernando Würdig Roesch^{4*}

¹ Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil, ² Department of Microbial Ecology, Netherlands Institute of Ecology (NIOO/KANW), Wageningen, The Netherlands, ³ Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil, ⁴ Universidade Federal do PAMPA, Campus São Gabriel, São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brazil



Metataxonomia



CONSERVED REGIONS: unspecific applications

VARIABLE REGIONS: group or species-specific applications

O que aprendemos: Solos do Pampa



Filos mais abundantes	Diferença entre tratamentos	Método utilizado	Referência
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	NS	Metataxonomia	Suleiman et al., 2013
Proteobacteria Acidobacteria Actinobacteria	Acidobacteria	Metataxonomia	Lupatini et al., 2013
Proteobacteria Bacteroidetes Acidobacteria Verrucomicrobia	NS	Metataxonomia	Suleiman et al., 2016

O que aprendemos: Solos do Pampa

Soil Biology & Biochemistry 97 (2016) 71–82



Contents lists available at ScienceDirect

Soil Biology & Biochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/soilbio



Temporal variability of soil microbial communities after application of dicyandiamide-treated swine slurry and mineral fertilizers



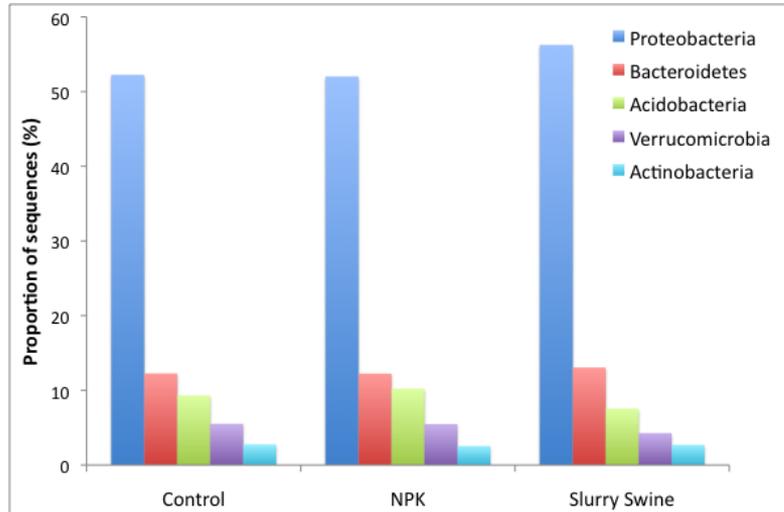
Afnan K.A. Suleiman ^{a,b}, Rogério Gonzatto ^b, Celso Aita ^b, Manoeli Lupatini ^{a,b}, Rodrigo J.S. Jacques ^b, Eiko E. Kuramae ^a, Zaida I. Antoniolli ^b, Luiz F.W. Roesch ^{c,*}

^a Microbial Ecology Department, Netherlands Institute of Ecology (NIOO), Droevendaalsesteeg 10, 6708 PB, Wageningen, The Netherlands

^b Department of Soil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima 1000, 97105-900, Santa Maria, Brazil

^c Centro Interdisciplinar de Pesquisas em Biotecnologia, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Avenida Antonio Trilha 1847, 97300-000, São Gabriel, Brazil

Metataxonomia



CONSERVED REGIONS: unspecific applications

VARIABLE REGIONS: group or species-specific applications

Extração de RNA – cDNA – PCR região V3-V4 16S

O que aprendemos:



DNA

RNA

Regiões do 16S

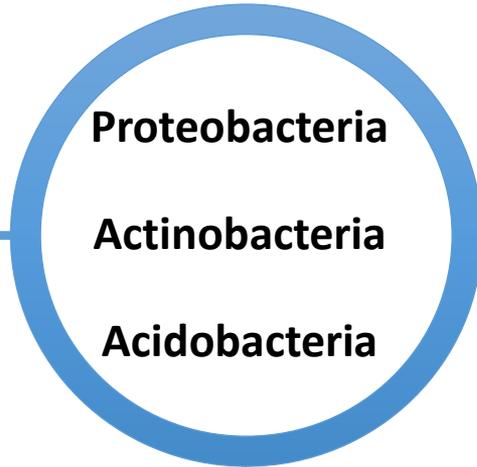
Metagenoma – bancos de dados

Podemos comparar os dados?

Não existe padrão analítico

O que aprendemos:

1 2 3



Diferenças entre tratamentos a nível de filo são pouco evidentes

O que aprendemos:



APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Aug. 2009, p. 5111–5120
0099-2240/09/\$08.00+0 doi:10.1128/AEM.0035-09
Copyright © 2009, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

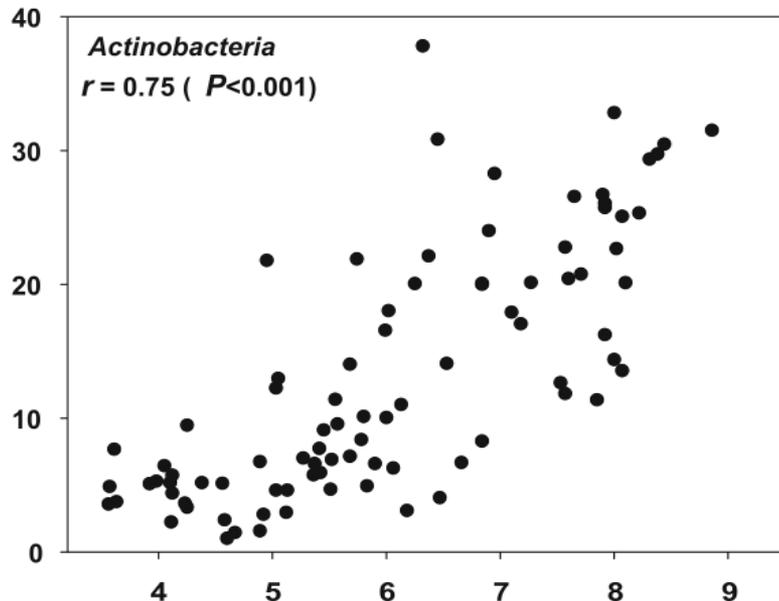
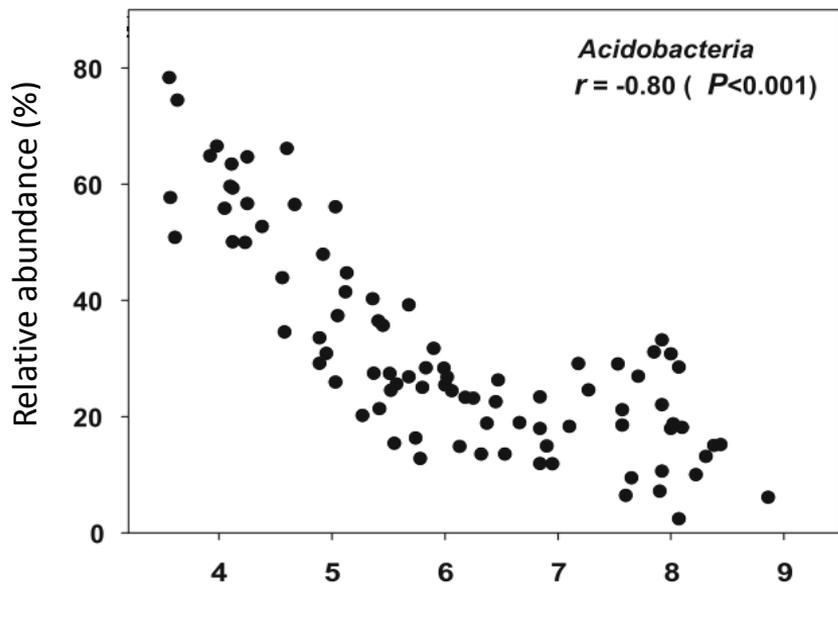
Vol. 75, No. 15

Pyrosequencing-Based Assessment of Soil pH as a Predictor of Soil Bacterial Community Structure at the Continental Scale^{V†}

Christian L. Lauber,^{1*} Micah Hamady,² Rob Knight,³ and Noah Fierer^{1,4}

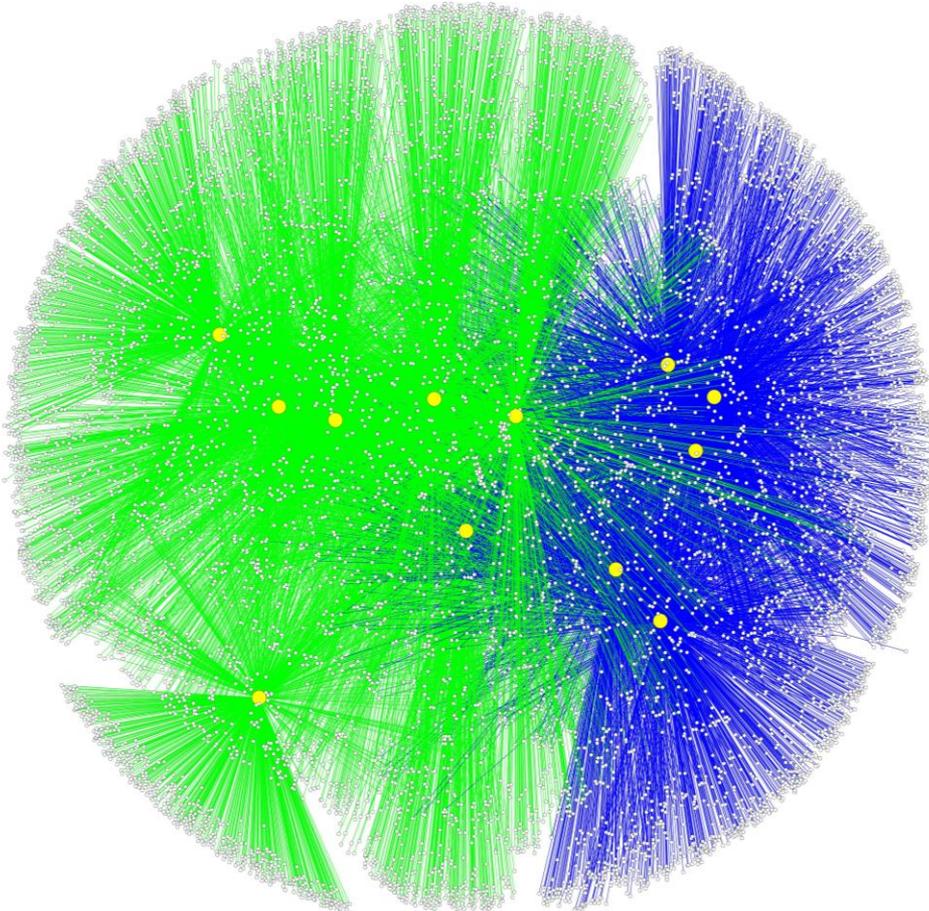
Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, UCB 216, Boulder, Colorado 80309¹;
Department of Computer Science, University of Colorado, UCB 430, Boulder, Colorado 80309²; Department of
Chemistry and Biochemistry, University of Colorado, UCB 215, Boulder, Colorado 80309³; and Department of
Ecology and Evolutionary Biology, University of Colorado, UCB 334, Boulder, Colorado 80309⁴

O pH é um dos fatores cuja influência sob a microbiota é mais clara.



O que aprendemos:

1 2 3



O pH é um dos melhores preditores da estrutura das comunidades microbianas.

Applied Soil Ecology 61 (2012) 7–15



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Applied Soil Ecology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apsoil



Soil bacterial community abundance and diversity in ice-free areas of Keller Peninsula, Antarctica

Luiz F.W. Roesch^{a,*}, Roberta R. Fulthorpe^b, Antonio B. Pereira^a, Clarissa K. Pereira^a, Leandro N. Lemos^a, Anthony D. Barbosa^a, Afnan K.A. Suleiman^a, Alexandra L. Gerber^c, Marcos G. Pereira^d, Arcângelo Loss^d, Elias M. da Costa^d

^a Universidade Federal do Pampa, Campus São Gabriel, Av. Antônio Trilha, 1847, São Gabriel, Rio Grande do Sul 97300-000, Brazil

^b Department of Physical and Environmental Sciences, University of Toronto at Scarborough, 1265 Military Trail, Toronto, ON, Canada M1C 1A4

^c Unidade de Genômica Computacional Darcy Fontoura de Almeida, Laboratório de Bioinformática do LNCQ/MCT, Av. Getúlio Vargas, 333, Rio de Janeiro 25651-075, Brazil

^d Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 km 47, Rio de Janeiro 23890-000, Brazil

O que aprendemos:

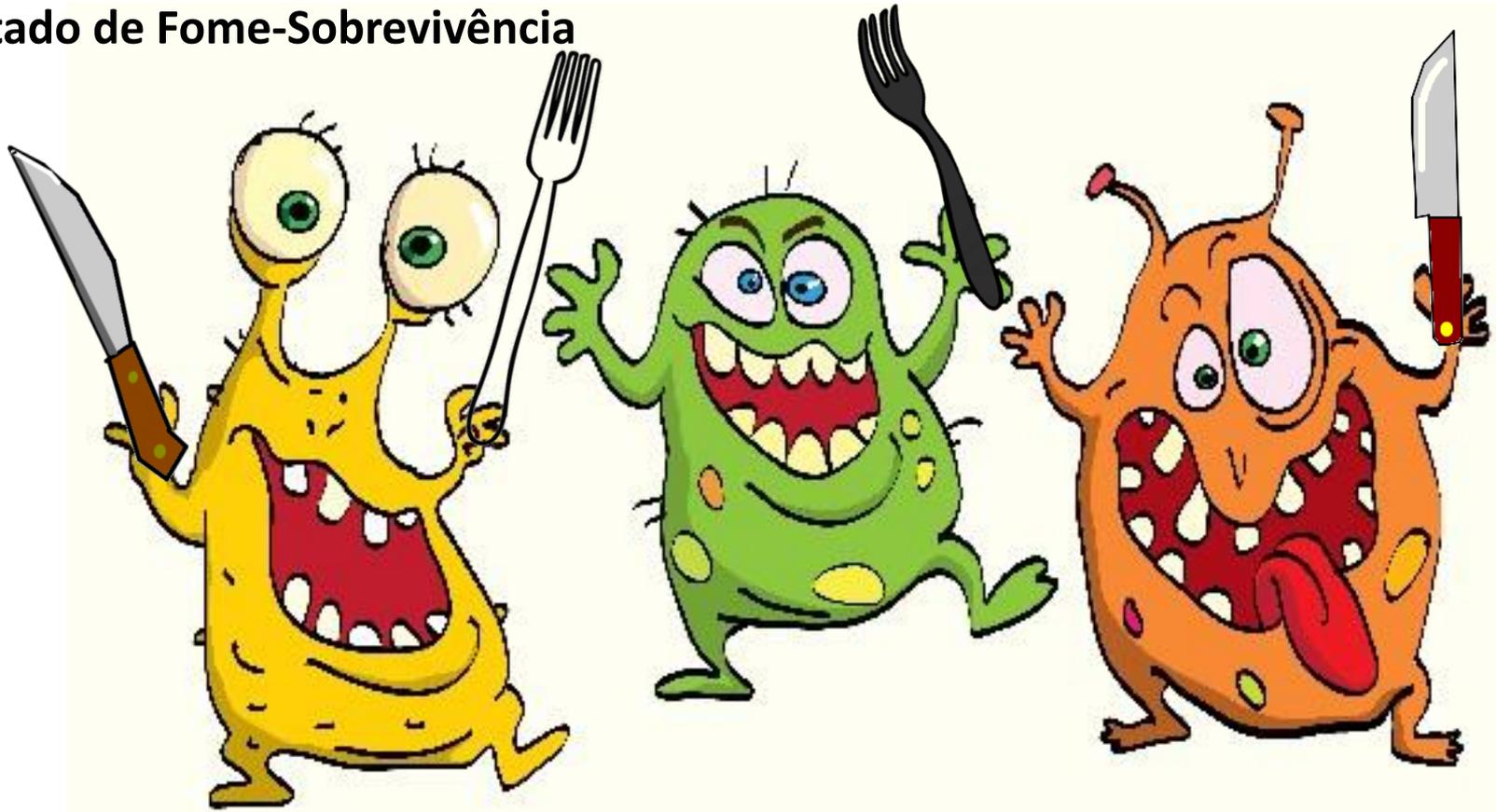
1

2

3

***Metagenoma de áreas sob plantio
direto e plantio convencional do
Cerrado ao Sul do Brasil***
Existem diferenças?

Estado de Fome-Sobrevivência



Micro-organismos estão sempre prontos para responder a qualquer variação ambiental

O que aprendemos:



Todos os experimentos apresentaram diferenças taxonômicas (Gêneros) entre tratamentos

“Perguntar se existem diferenças entre populações é biologicamente irrelevante já que duas coisas vivas nunca são iguais.”

ACTA OECOLOGICA 32 (2007) 203-206



ELSEVIER

available at www.sciencedirect.com



journal homepage: www.elsevier.com/locate/actoec



Original article

Are there any differences? A non-sensical question in ecology

Alejandro Martínez-Abraín

IMEDEA (CSIC-UIB), C/Miquel Marqués 21, 07190 Esporles, Majorca, Spain

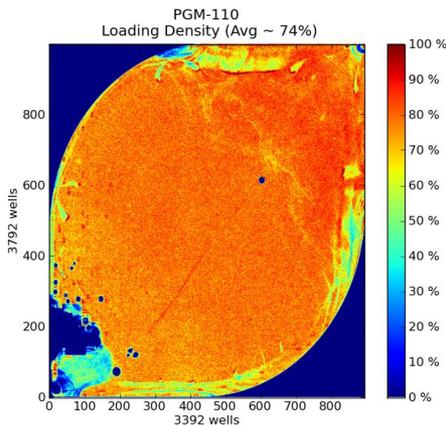


<http://blog.activityhero.com/the-dance-class-dilemma-should-i-drop-my-kid-off-or-stay-and-watch/>

A pergunta mais apropriada seria:

Qual é o tamanho dessa diferença e, isso se reflete em modificação das funções?

O que aprendemos: Influência da água



Metataxonomia
RNA e DNA

A comunidade microbiana do solo está sempre pronta para responder a qualquer variação ambiental.

Similaridade entre comunidades microbianas em diferentes umidades do solo

Factors	Active	Inactive	Total
	R^2	R	R
Field Capacity x 70% Field Capacity	0,64***	0,36***	0,22***
Field Capacity x Permanent Wilting Point	0,97***	0,47***	0,81***
70% Field Capacity x Permanent Wilting Point	0,80***	0,37***	0,59***

^a Valor R próximo a 1 indica 100% de diferença entre tratamentos e valores de R próximos a 0 indica que não há diferença entre tratamentos.

***P < 0.001

O que aprendemos:

Mudanças taxonômicas se refletem em mudanças funcionais?



Muitos estudos mostram que esta relação é fraca.

57 estudos sugerem alta redundância funcional no solo.



European Journal of Soil Science, February 2011, 62, 105–116

doi: 10.1111/j.1365-2389.2010.01314.x

Review

Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity–function relationships

U. N. NIELSEN^{a,b}, E. AYRES^{a*}, D. H. WALL^{a,b} & R. D. BARDGETT^c

^aNatural Resource Ecology Laboratory and Department of Biology, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA,

^bDepartment of Biology, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA, and ^cSoil and Ecosystem Ecology Laboratory, Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK

Micro-organismos decompositores exibem alta **redundância funcional** para funções tais como **respiração** e produção de **biomassa**. Logo uma eventual **redução na biomassa** microbiana pode **não** estar associada a **redução na Riqueza** de espécies microbiana.

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

Soil-Borne Bacterial Structure and Diversity Does Not Reflect Community Activity in Pampa Biome

Manoeli Lupatini¹, Afnan Khalil Ahmad Suleiman¹, Rodrigo Josemar Seminoti Jacques¹, Zaida Inês Antonioli¹, Eiko Eurya Kuramae², Flávio Anastácio de Oliveira Camargo³, Luiz Fernando Würdiger Roesch^{4*}

Souza et al. BMC Microbiology (2016) 16:42
DOI: 10.1186/s12866-016-0657-z

BMC Microbiology

RESEARCH ARTICLE

Open Access



Shifts in taxonomic and functional microbial diversity with agriculture: How fragile is the Brazilian Cerrado?

Renata Carolini Souza^{1,2}, Iêda Carvalho Mendes³, Fábio Bueno Reis-Junior³, Fabíola Marques Carvalho⁴, Marco Antonio Nogueira¹, Ana Tereza Ribeiro Vasconcelos⁴, Vânia Aparecida Vicente² and Mariângela Hungria^{1*}

Plantio convencional apresentou maior diversidade taxonômica e menor diversidade funcional. A biomassa microbiana foi maior em áreas nativas mas a diversidades destas áreas foi menor.

O que aprendemos:

1

2

3



??????

Biomassa microbiana

Diversidade taxonômica

??????



O que aprendemos:

Relação fraca entre diversidade e biomassa microbiana

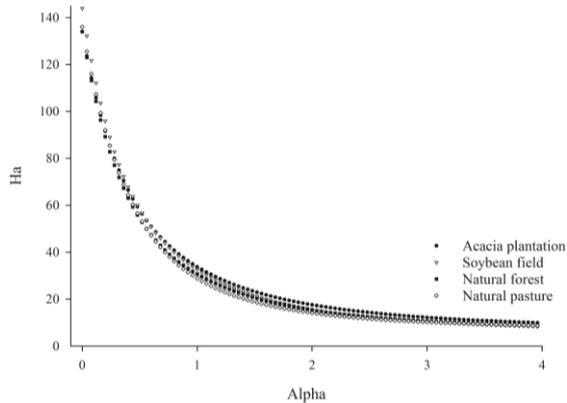
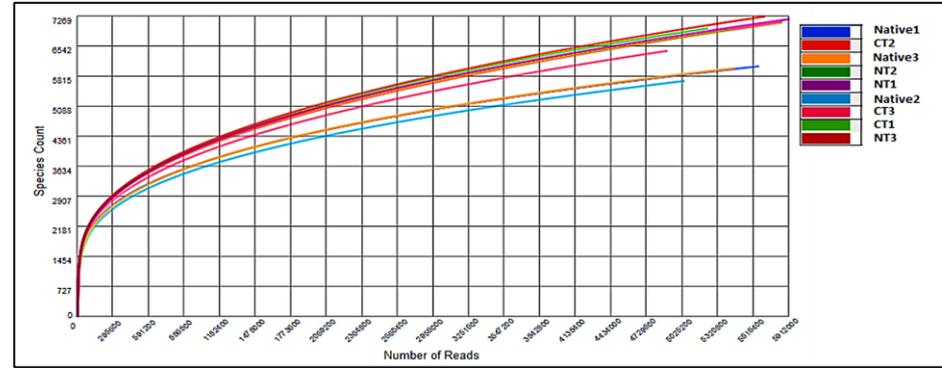


Figure 1. Rényi diversity profiles of soil bacterial communities from different land uses.

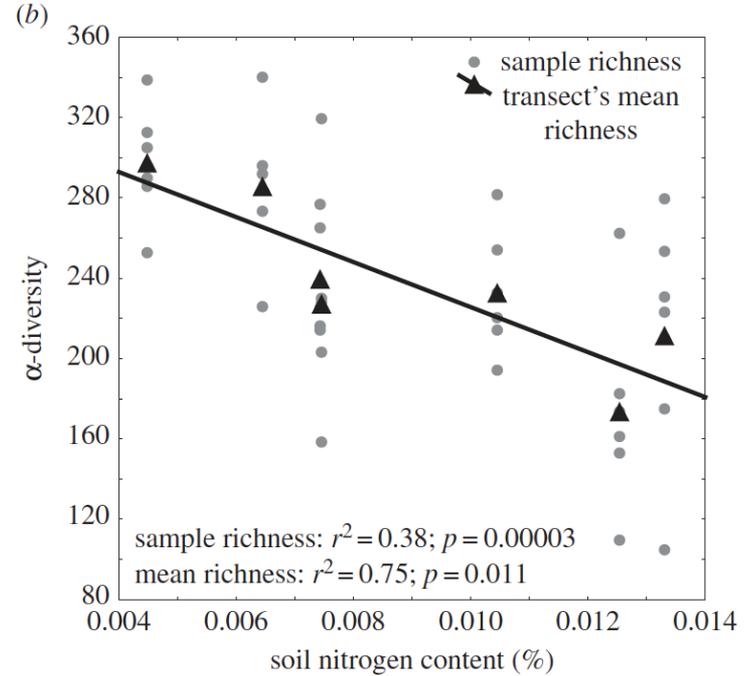
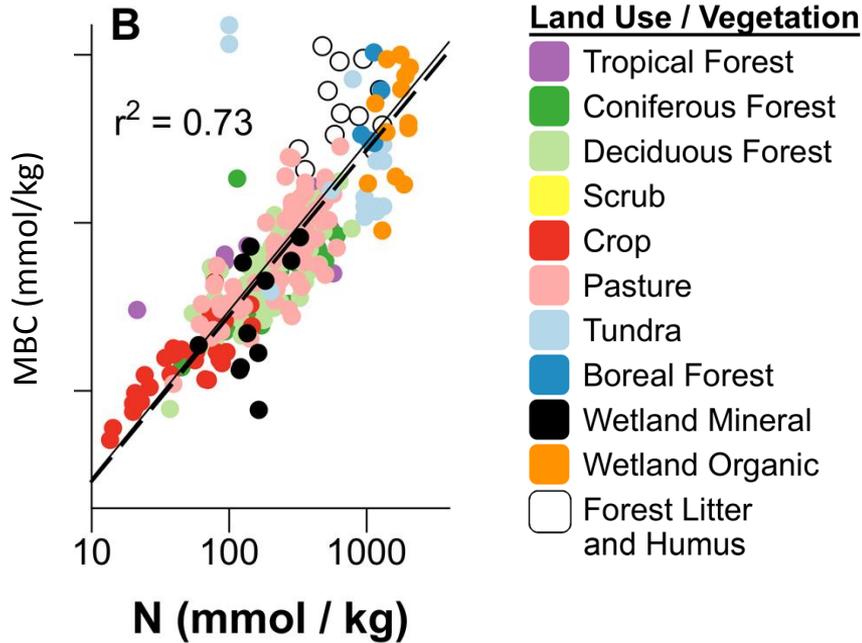
Table 2. Microbial biomass C (MBC) and metabolic quotient (qCO_2) from different land uses under the same soil type from the Brazilian Pampa biome.

Land-uses	MBC mg kg ⁻¹ of C	qCO_2 mg mg ⁻¹ of C-CO ₂
Acacia plantation	33.04 b	0.17 bc
Soybean field	23.34 c	0.21 a
Natural forest	53.35 a	0.11 b
Natural pasture	28.03 ab	0.08 c



Treatment	*MB-N mg/kg soil	*MB-C mg/kg soil
NT	30.71 B	215.86 B
CT	23.85 B	150.65 C
Native	84.13 A	539.08 A
<i>p</i>	0.0017	0.0000
CV%	18.19	3.34

O que aprendemos: Aumento na biomassa – diminuição de micro-organismos especialistas



Okie et al., 2015. Proc. R. Soc. B 282:
<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2630>

O que aprendemos: Aumento na biomassa – diminuição de micro-organismos especialistas



PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS
— OF —
THE ROYAL
SOCIETY **B**

rstb.royalsocietypublishing.org

Research



Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems

Peter M. Vitousek¹, Duncan N. L. Menge², Sasha C. Reed³
and Cory C. Cleveland⁴

¹Department of Biology, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA

²Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, NJ 08544, USA

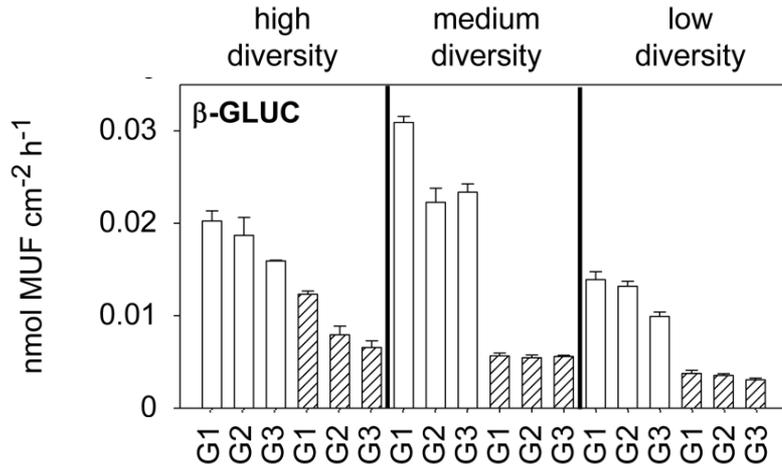
³US Geological Survey, Southwest Biological Science Center, Canyonlands Research Station, Moab, UT 84532, USA

⁴Department of Ecosystem and Conservation Sciences, University of Montana, Missoula, MT 59812, USA

(a) Biological nitrogen fixation often is regulated by N supply, and often responds to N deficiency



O que aprendemos:



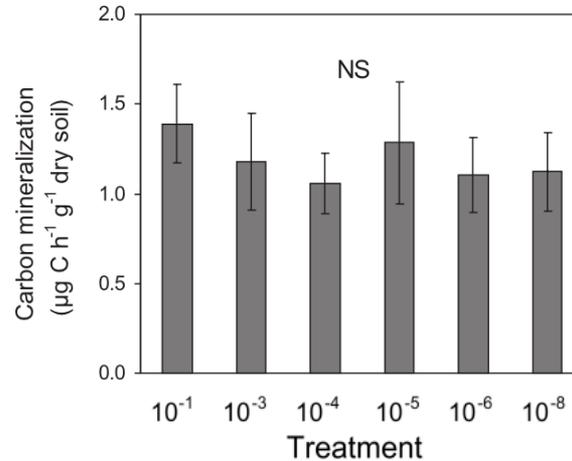
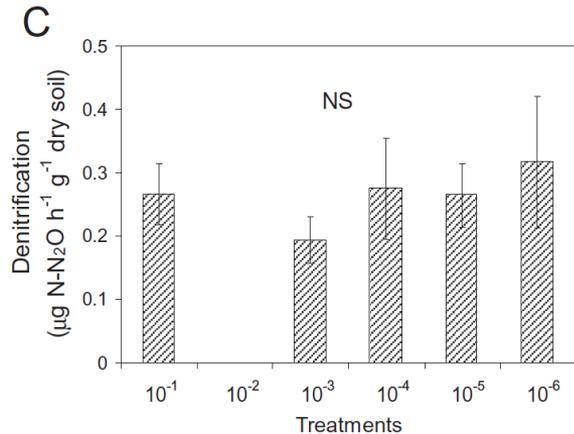
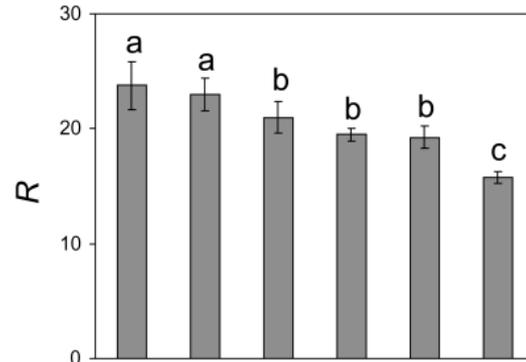
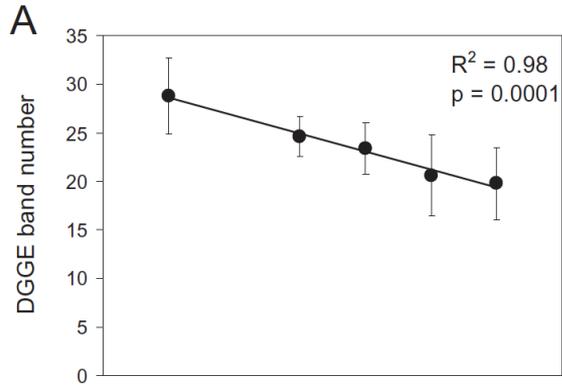
- Compostos lábeis
- Compostos recalcitrantes

Peter et al., 2011 - doi:10.1371/journal.pone.0023225

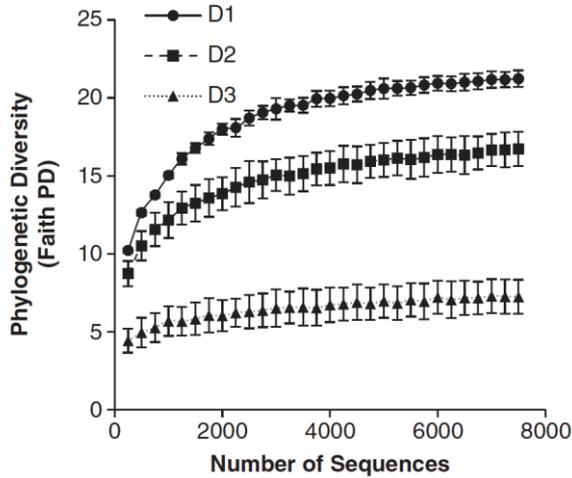
O Efeito da modificação taxonômica nas funções é altamente sensível ao tipo e a ferramenta de medição da função.

Se a função analisada for mais específica (ex. degradação de carbono recalcitrante) do que geral (ex. respiração e produção de biomassa), o link entre riqueza de espécies e função é maior.

O que aprendemos:



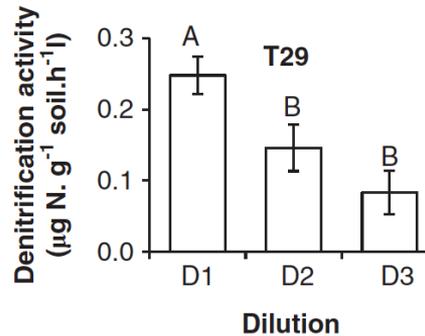
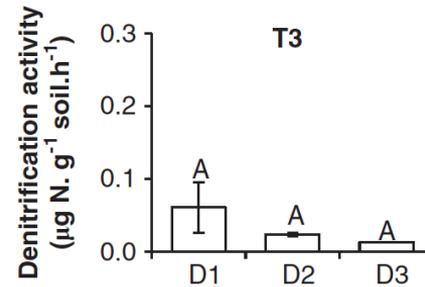
O que aprendemos:



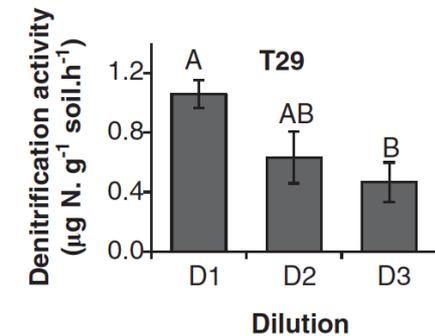
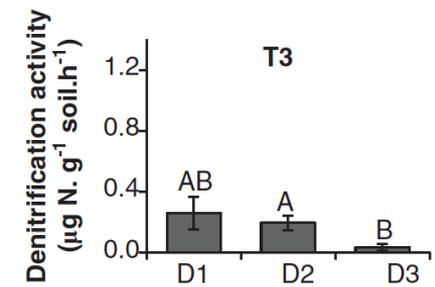
Para o ciclo do N, a redução da diversidade combinada com a adição de resíduos pode reduzir as taxas de desnitrificação.

O Tempo de coleta é chave para detecção de diferenças.

a Sem resíduo

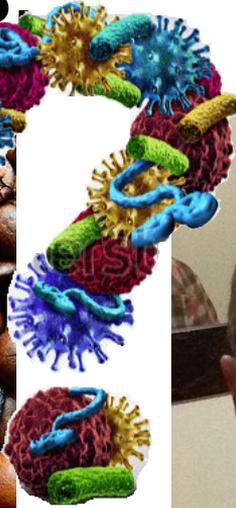


b Com resíduo de trigo



O que aprendemos:

1 2 3



**Nossos problemas não se resumem a falta de padrões.
Amostragens pontuais nem sempre conseguem capturar diferenças importantes**

O que aprendemos:

1 2 3



✓ A metataxonomia é uma ferramenta importante para detecção da diversidade e da riqueza de comunidades microbianas porém, é pouco informativa para verificar se há diferenças entre sistemas de cultivo.

✓ A composição funcional parece mais apropriada para estudar as relações entre as comunidades microbianas e o ambiente principalmente quando se objetiva comparar sistemas de cultivo.



O que precisamos aprender



Science & Society

A Step Forward to
Empower Global
Microbiome
Research Through
Local Leadership

Victor S. Pylro,^{1,*} Tsai S. Mui,²
Jorge L.M. Rodrigues,³
Fernando D. Andreote,⁴
Luiz F.W. Roesch,^{5,*} and the
Working Group Supporting
the INCT Microbiome⁶

- ✓ **Padronização de métodos e integração de banco de dados – estudos comparáveis;**
- ✓ **Caracterização de micro-organismos em condições naturais – desenvolvimento de modelos comparativos;**
- ✓ **Desenvolvimento de intervenções para a manutenção da qualidade e produtividade do ambiente;**
- ✓ **Parcerias entre a academia e a industria.**

NATURE | CORRESPONDENCE

Microbiology: Microbiome studies need local leaders

Victor S. Pylro, Daniel K. Morais & Luiz F. W. Roesch

Affiliations | Corresponding author

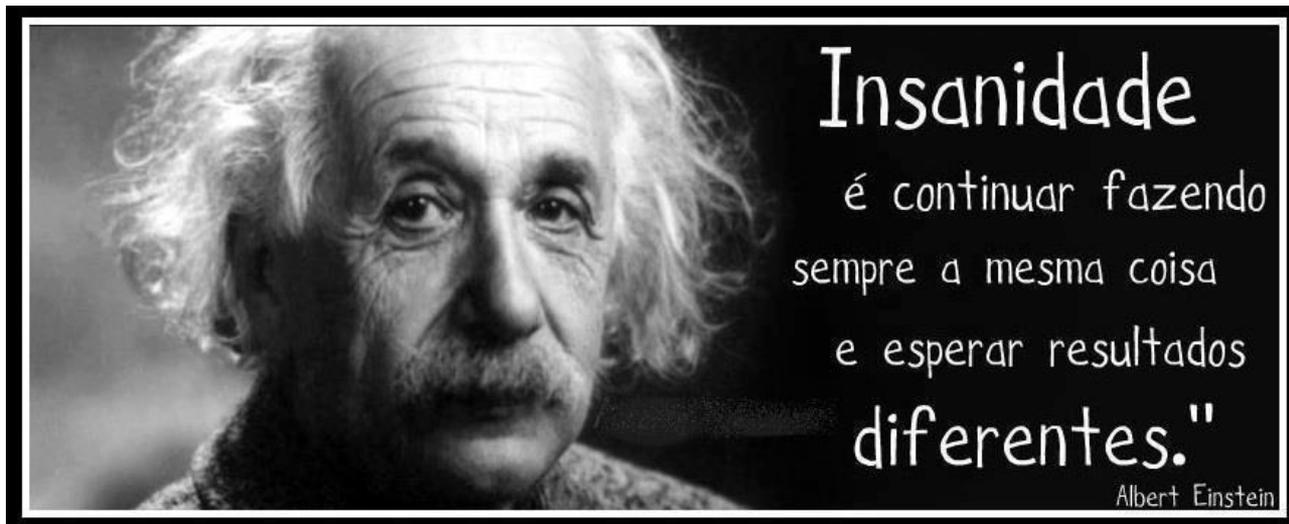
Nature **528**, 39 (03 December 2015) | doi:10.1038/528039e
Published online 02 December 2015

Diversidade microbiana em solos tropicais: abrindo a caixa preta



16 a 20
outubro
2016

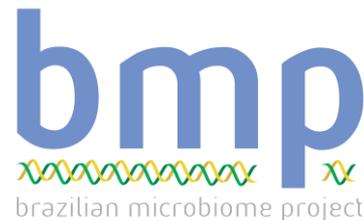
Centro de
Convenções de
GOIÂNIA - GO



Luiz F. Wurdig Roesch
UNIPAMPA/BR



luizroesch@unipampa.edu.br



<http://www.brmicrobiome.org>