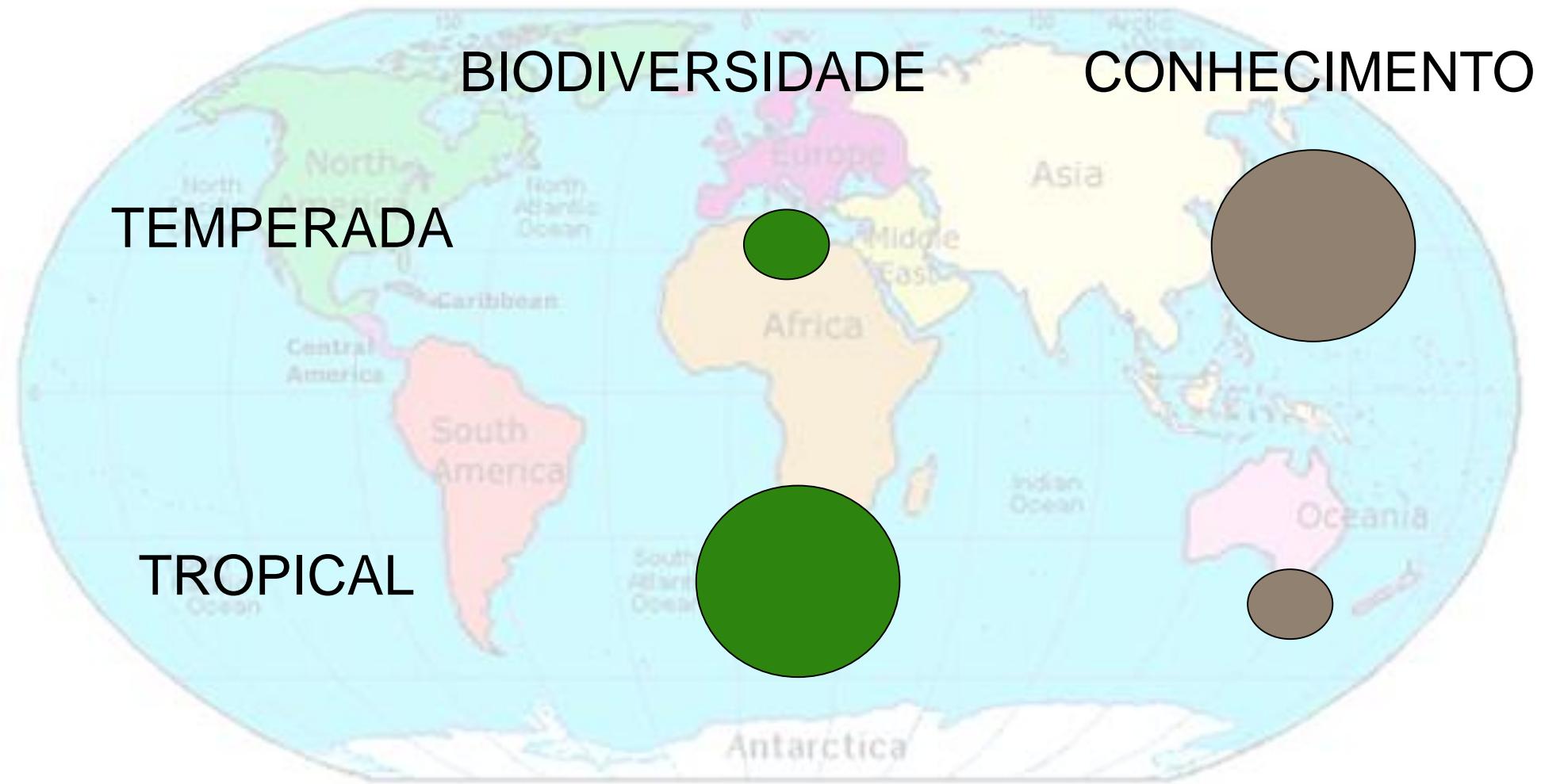


Influências Ambientais em múltiplas escalas sobre a biodiversidade aquática no Cerrado

Diego Rodrigues Macedo

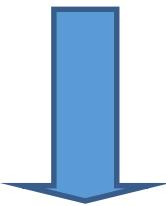
Ecossistemas Aquáticos Continentais





Ameaças

- Poluição
- Degradação habitats
- Modificação fluxo



- Simplificação habitats
- Morte organismos
- Redução Diversidade

Índices de Integridade Biótica (Índices Multimétricos)

- Utilizado por dois dos maiores programas de biomonitoramento em larga escala do mundo:
 - EUA, Agência de Proteção Ambiental (EPA);
 - Países da Comunidade Européia (CE).
- **Integra** diversos atributos **ecológicos**, evitando a seleção de determinado critério isolado que possa resultar em diagnósticos menos confiáveis do que o conjunto de medidas. (Karr *et al.*, 1986)
- Capacidade de **avaliar a dimensão da perturbação no ecossistema aquático**, além de atribuir um grau para os impactos em sua diversidade e estrutura.

Gradiente de Condições Biológicas: Respostas Biológicas para Níveis Crescentes de Estresse

Níveis de Condições Biológicas

Estrutura natural, funcional, e integridade taxonomica preservadas.

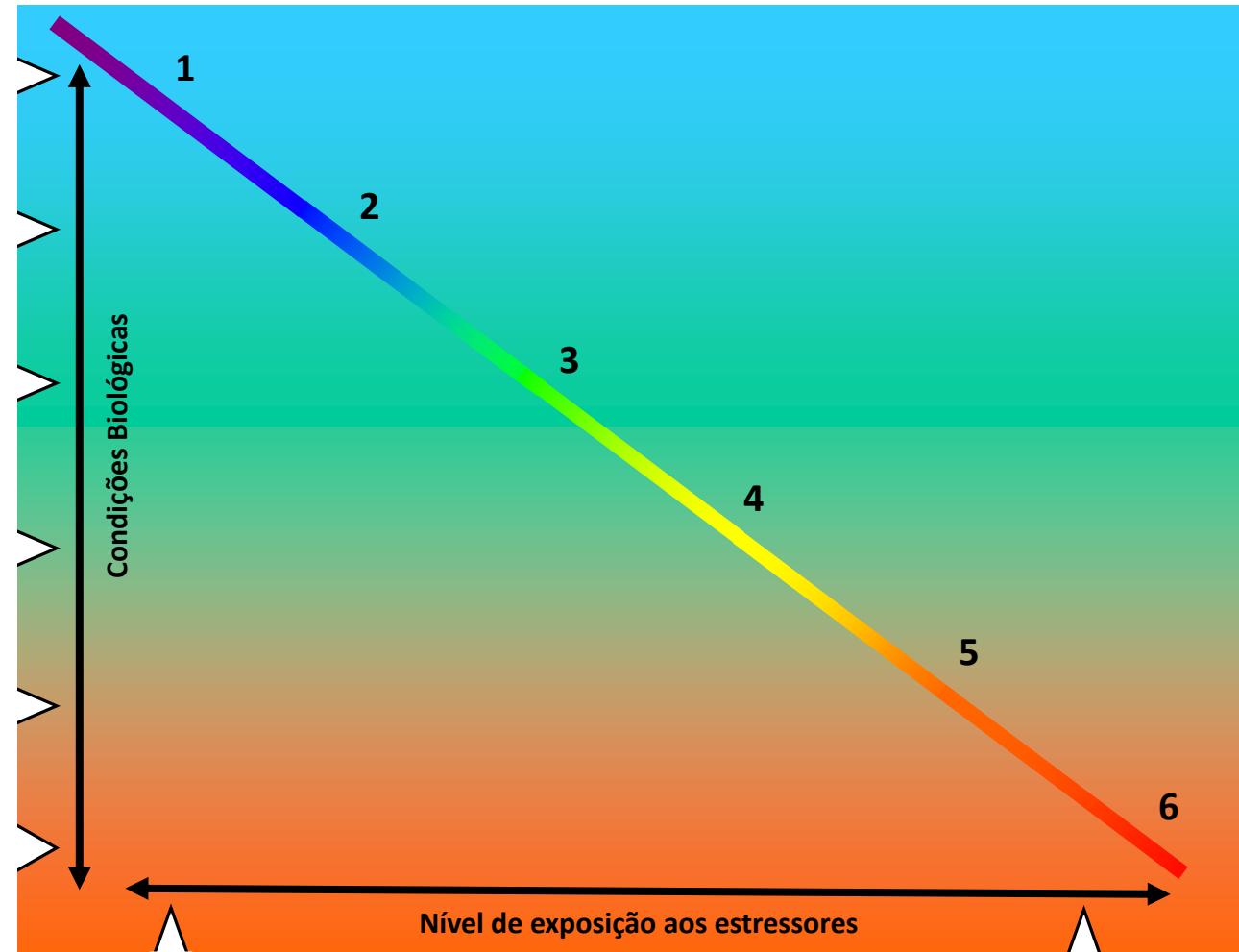
Estrutura e função similares a comunidades naturais com alguns taxa e biomassa extra; as funções dos ecossistemas são integralmente mantidas.

Mudanças evidentes na estrutura devido à perda de alguns taxa nativos raros; mudanças na abundância relativa; funções no nível de ecossistemas integralmente mantidas.

Alguma mudança na estrutura devido à substituição de taxa sensíveis por outros tolerantes; funções do ecossistema mantidas.

Diminuição dos taxa sensíveis; distribuição não balanceada da maioria dos grupos de organismos; o funcionamento do ecossistema apresenta redução na complexidade e redundância.

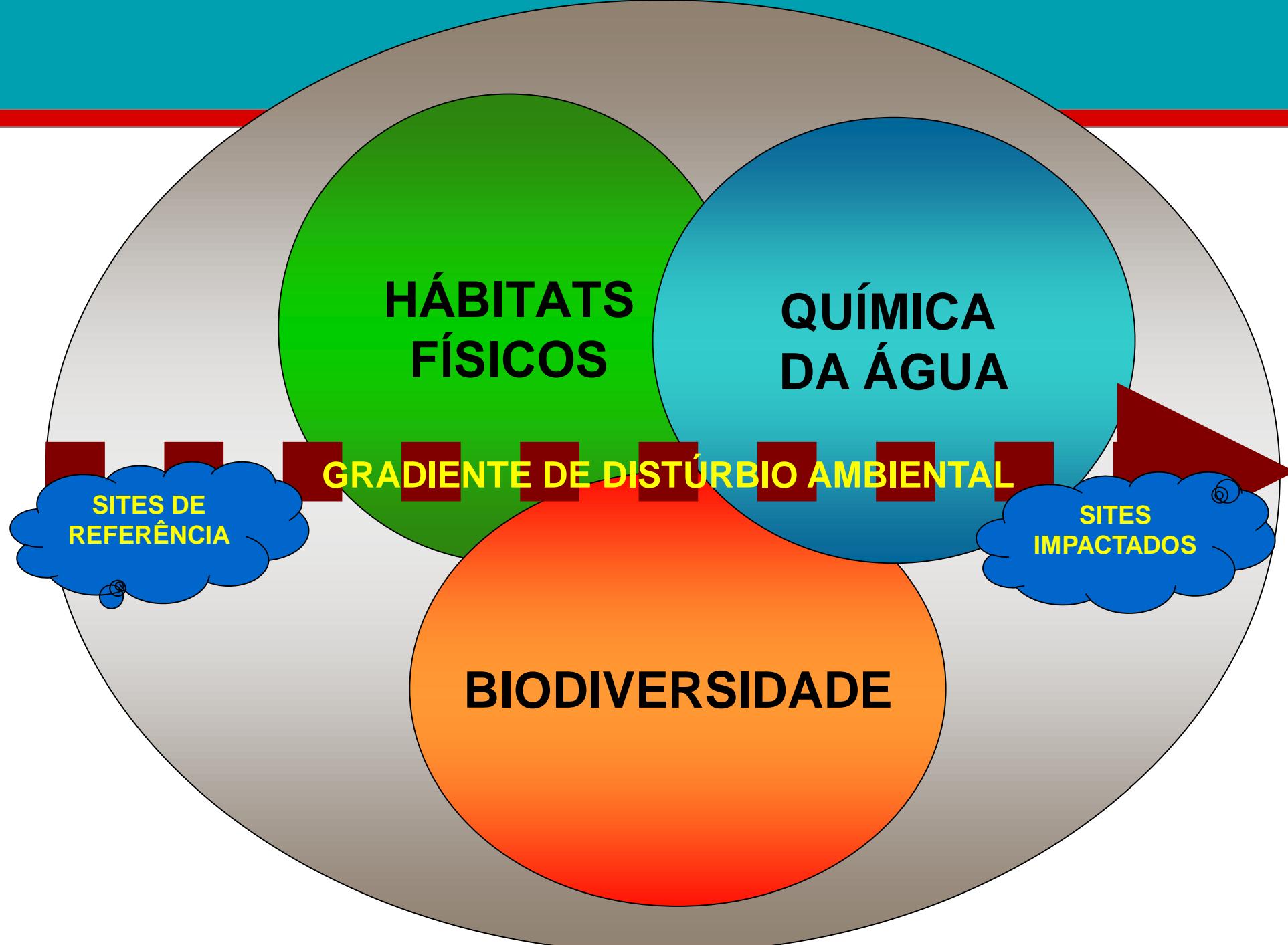
Mudanças extremas na estrutura e funcionamento de ecossistemas; drásticas mudanças na composição taxonômica; drásticas mudanças nas densidades.



Fonte: Davies & Jackson, 2006
(Ecological Applications)

Bacia, habitat, fluxo e condições químicas
da água em condições naturais.

Condições químicas, habitat, e/ou fluxo
severamente alterados.



Parceria US-EPA (EUA)

US-EPA Protocols



Tradução protocolos

SÉRIE PEIXE VIVO
CONDIÇÕES ECOLÓGICAS
CAPÍTULO 11
ANEXOS (TRADUÇÃO DOS PROTOCOLOS US-EPA, CÁLCULO DE MÉTRICAS (RIACHOS E RESERVATÓRIOS), LISTAGEM DE MATERIAIS.

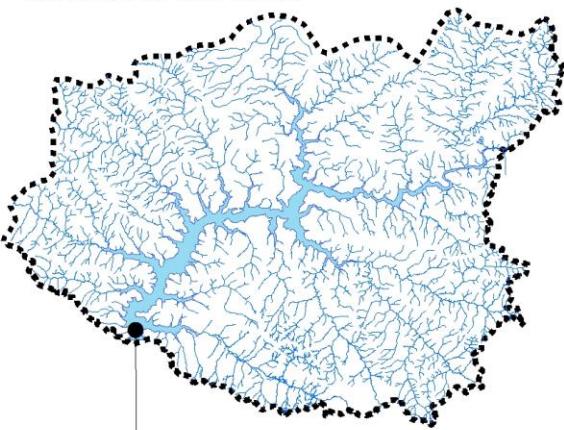


Adaptações às condições ambientais do cerrado e validação para avaliar mudanças ecológicas

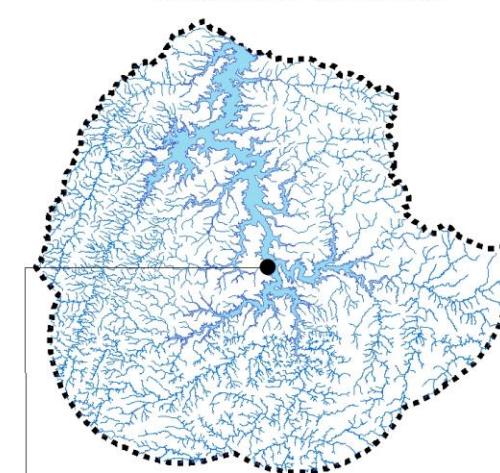
Área de Estudo



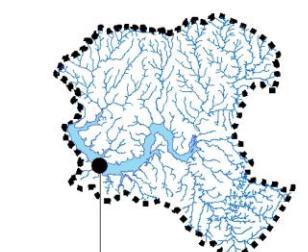
Bacia do Rio Paranaíba
Montante de São Simão



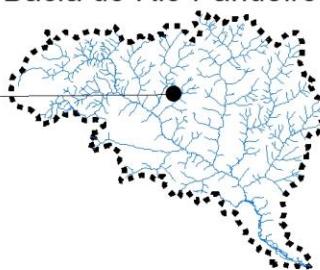
Bacia do Rio São Francisco
Montante de Três Marias



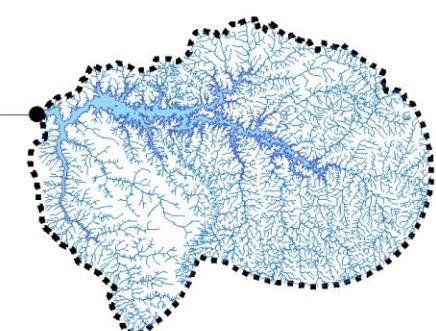
Bacia do Rio Grande
Montante de Volta Grande



Bacia do Rio Pandeiros



Bacia do Rio Araguari
Montante de Nova Ponte



Bacias estudadas
 Reservatórios
 Drenagem

0 15 30 60 Km
Escala: 1:2,500,000 (Todas as bacias)
Projeção Geográfica

Abordagem

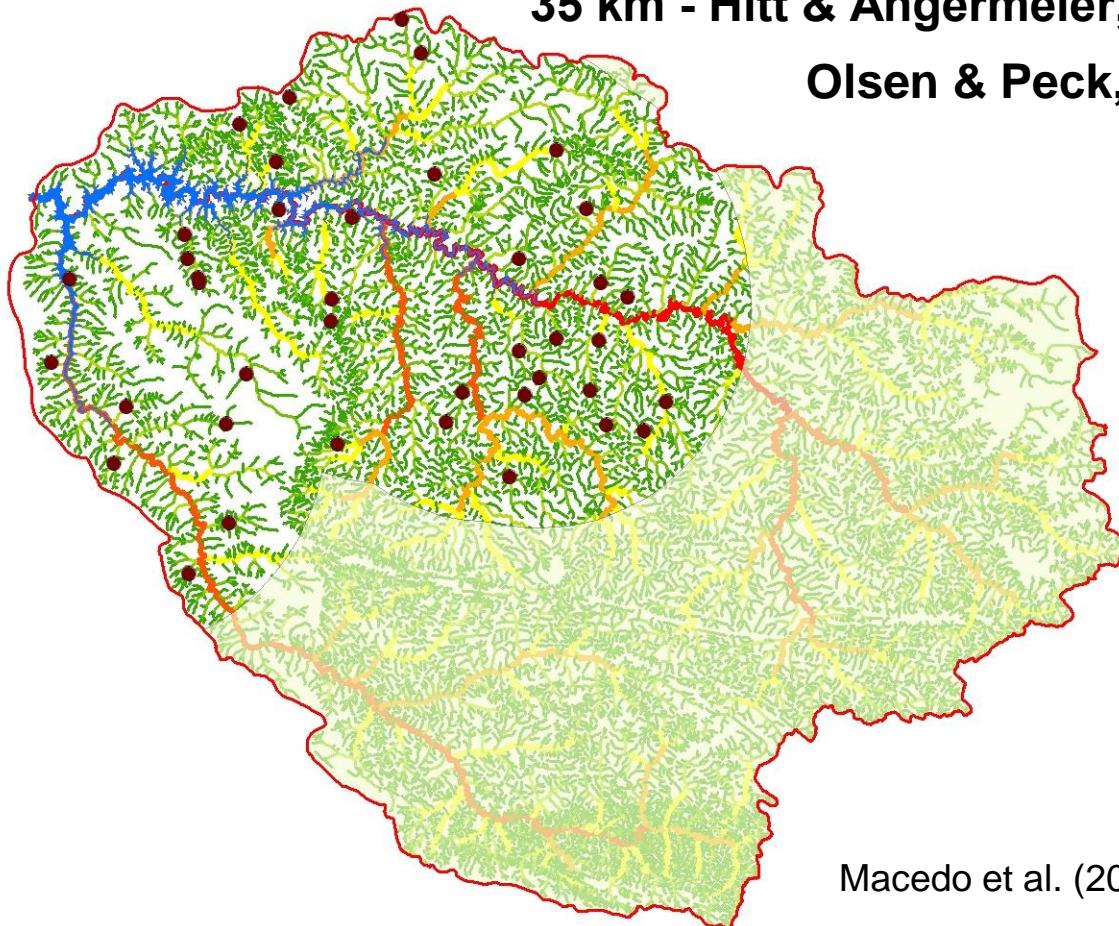
- Desenho amostral

Strahler, 1957

1, 2 e 3 - Kaufmann *et al.*, 1999

35 km - Hitt & Angermeier, 2008

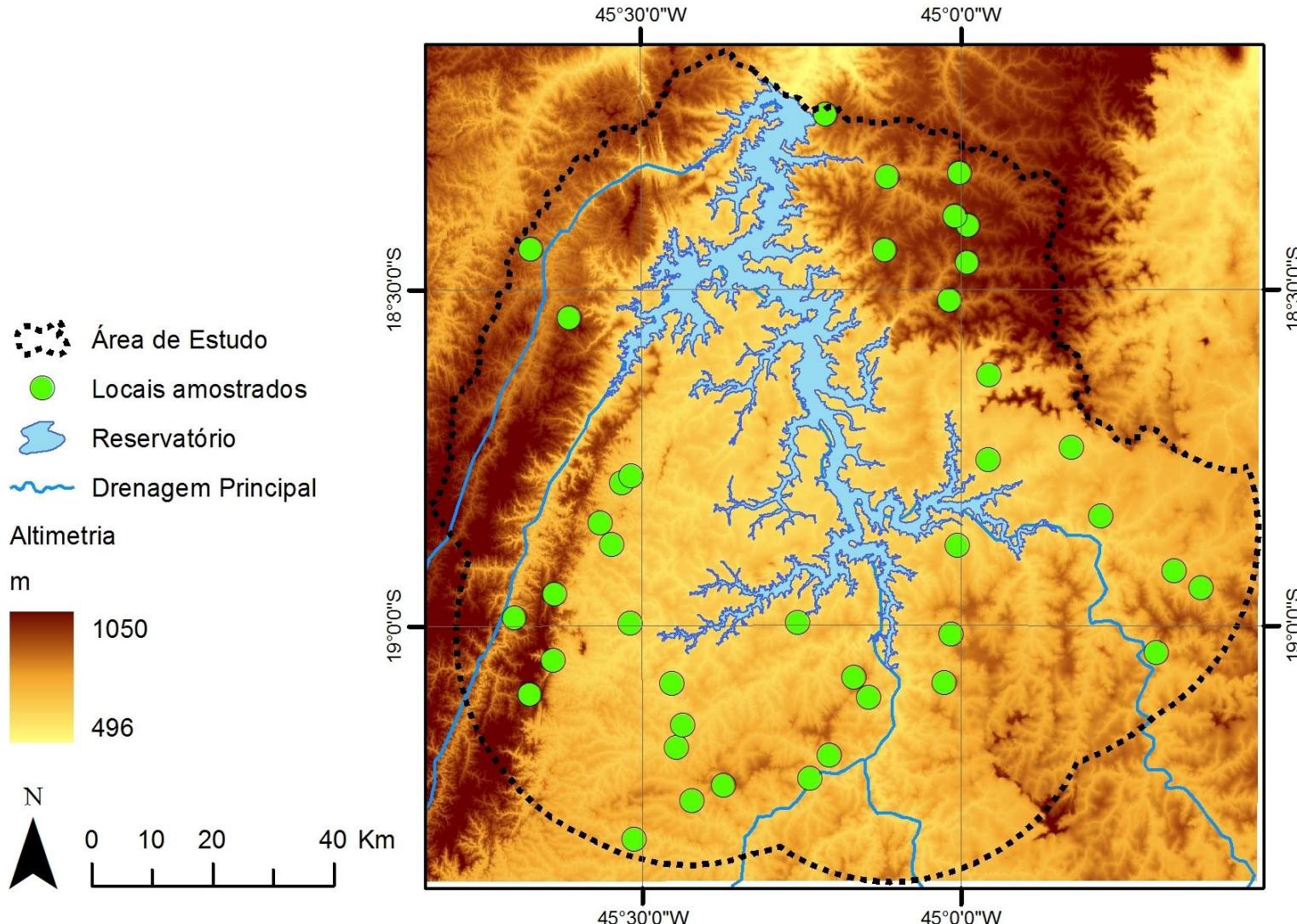
Olsen & Peck, 2008



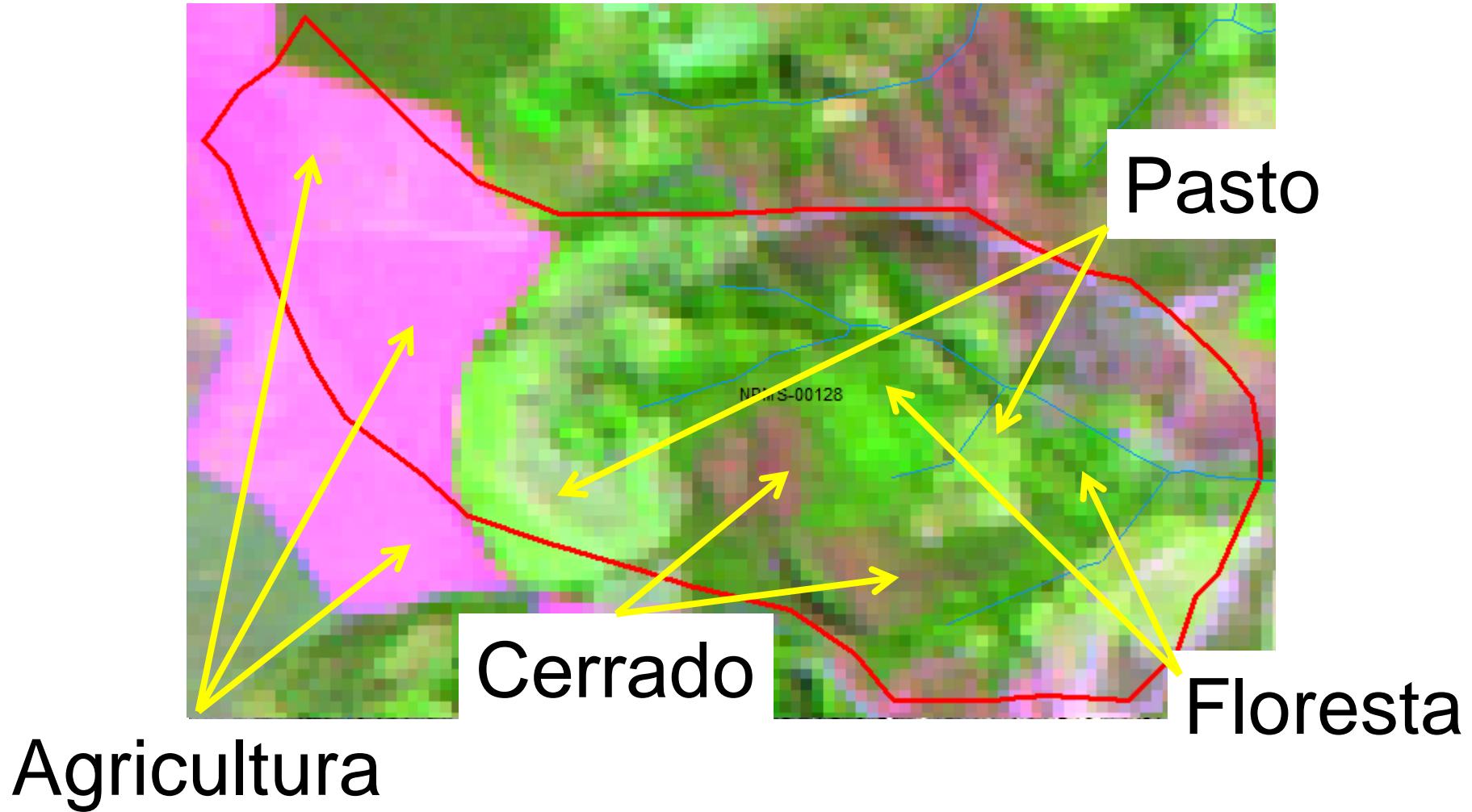
Macedo *et al.* (2014) – livro IBI-CEMIG

Paisagem Natural & Uso do solo

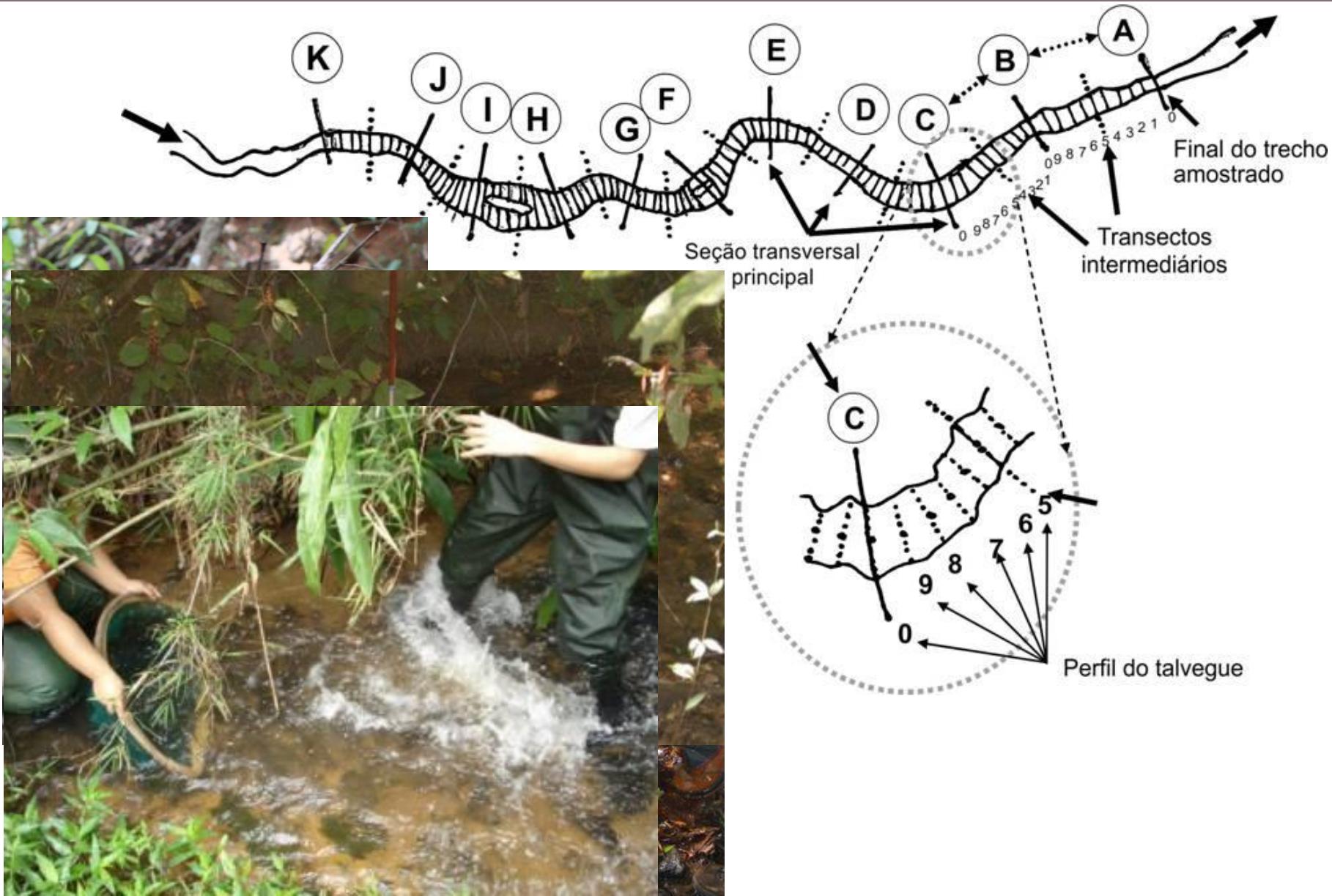
Utilização de Sistemas Informativos Geográficos



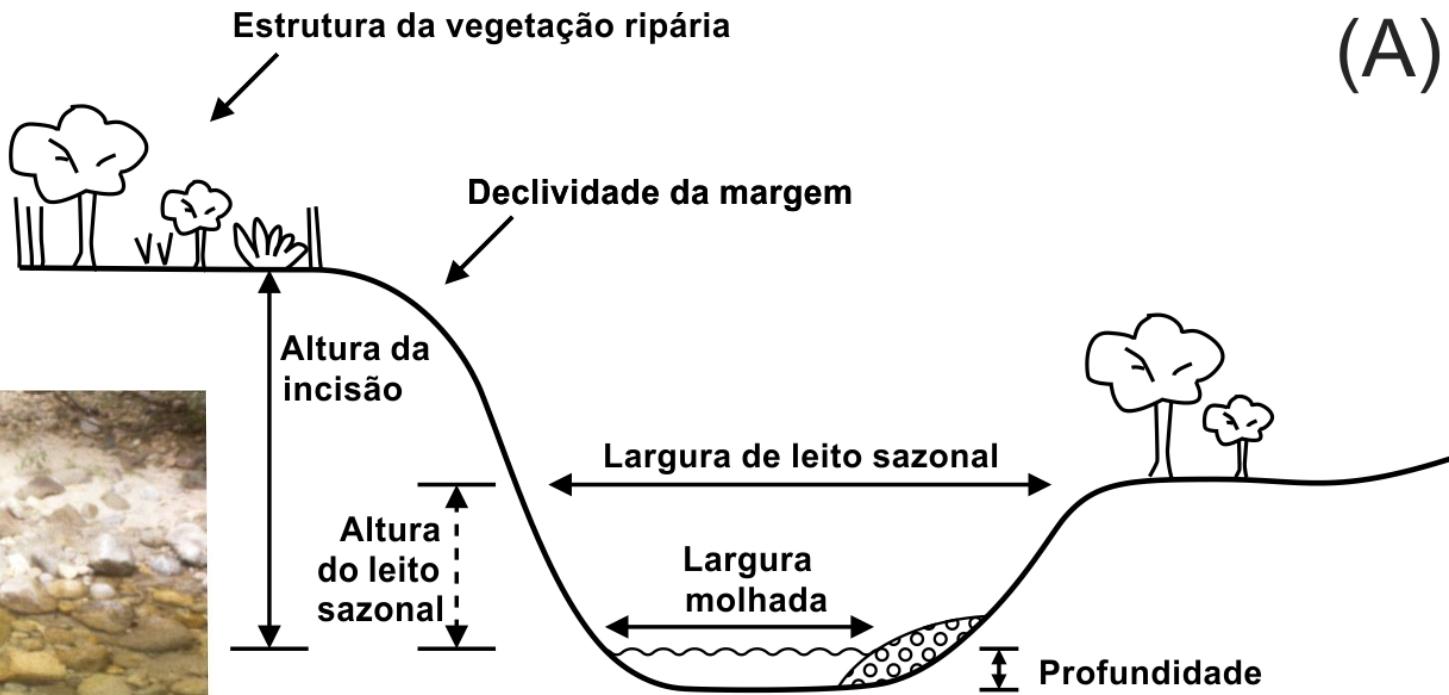
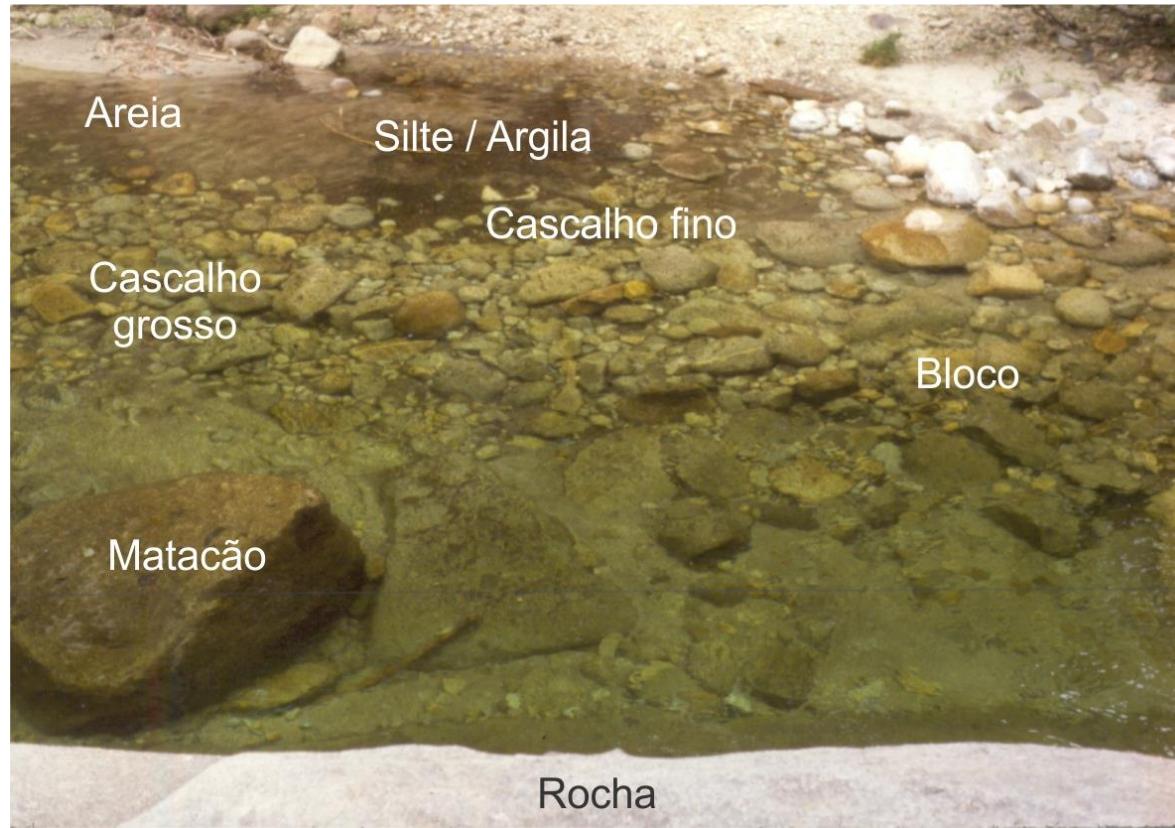
Paisagem Natural & Uso do solo



Habitats locais & biota



Habitats locais & biota



Riqueza & Diversidade

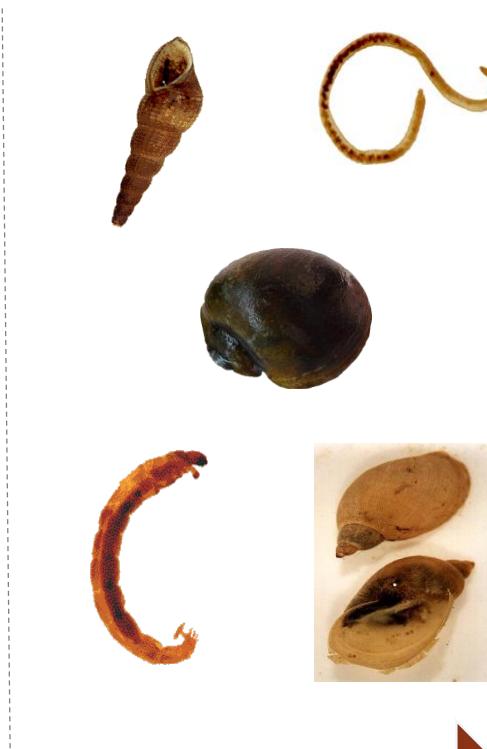
SÍTIOS DE REFERÊNCIA



Sensíveis



Tolerantes

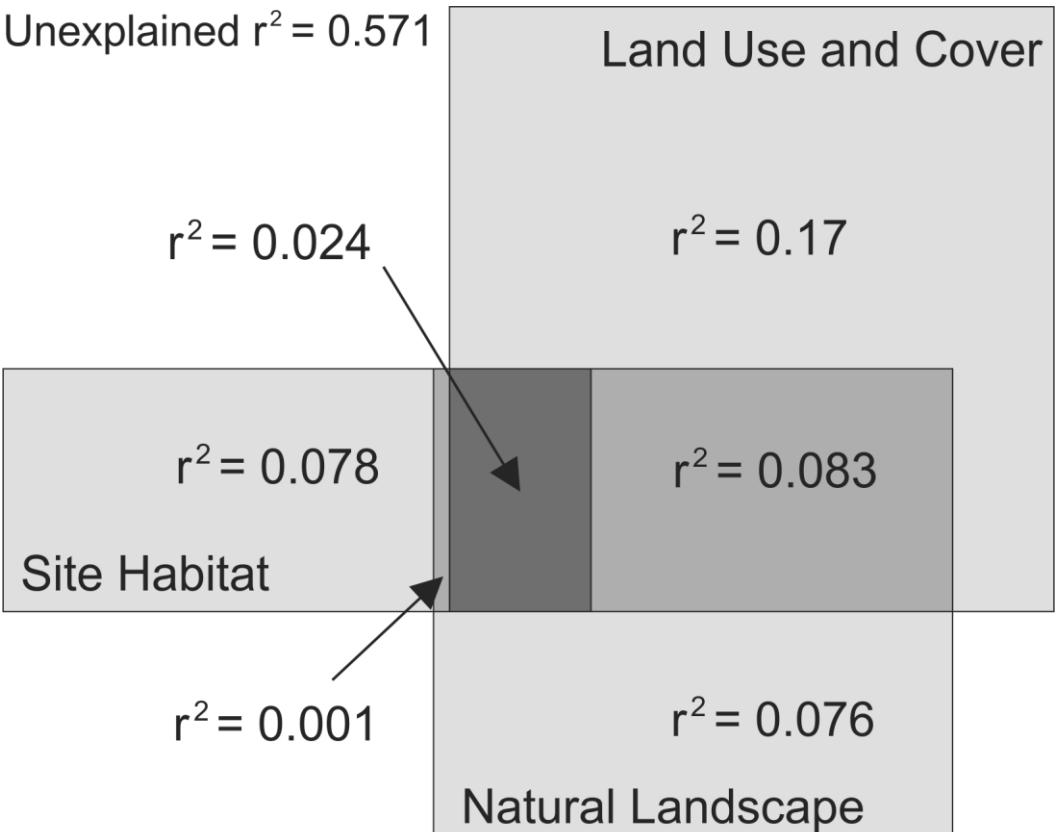


Resistentes

SÍTIOS IMPACTADOS

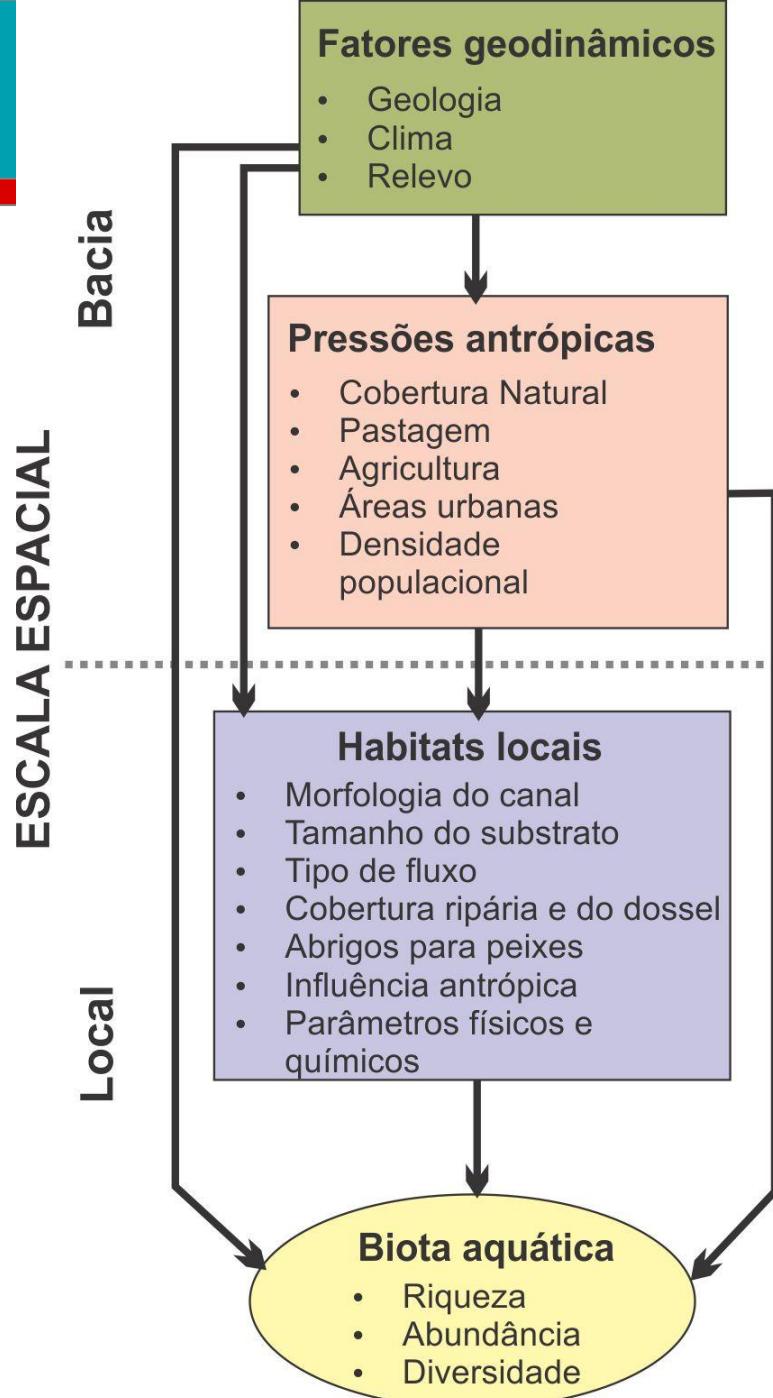
Efeito de Co-Variância

Riqueza:
Macroinvertebrados
Bentônicos



The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in cerrado biome streams

Diego R. Macedo · Robert M. Hughes · Raphael Ligeiro · Wander R. Ferreira ·
Miriam A. Castro · Nara T. Junqueira · Deborah R. Oliveira · Kele R. Firmiano ·
Philip R. Kaufmann · Paulo S. Pompeu · Marcos Callisto

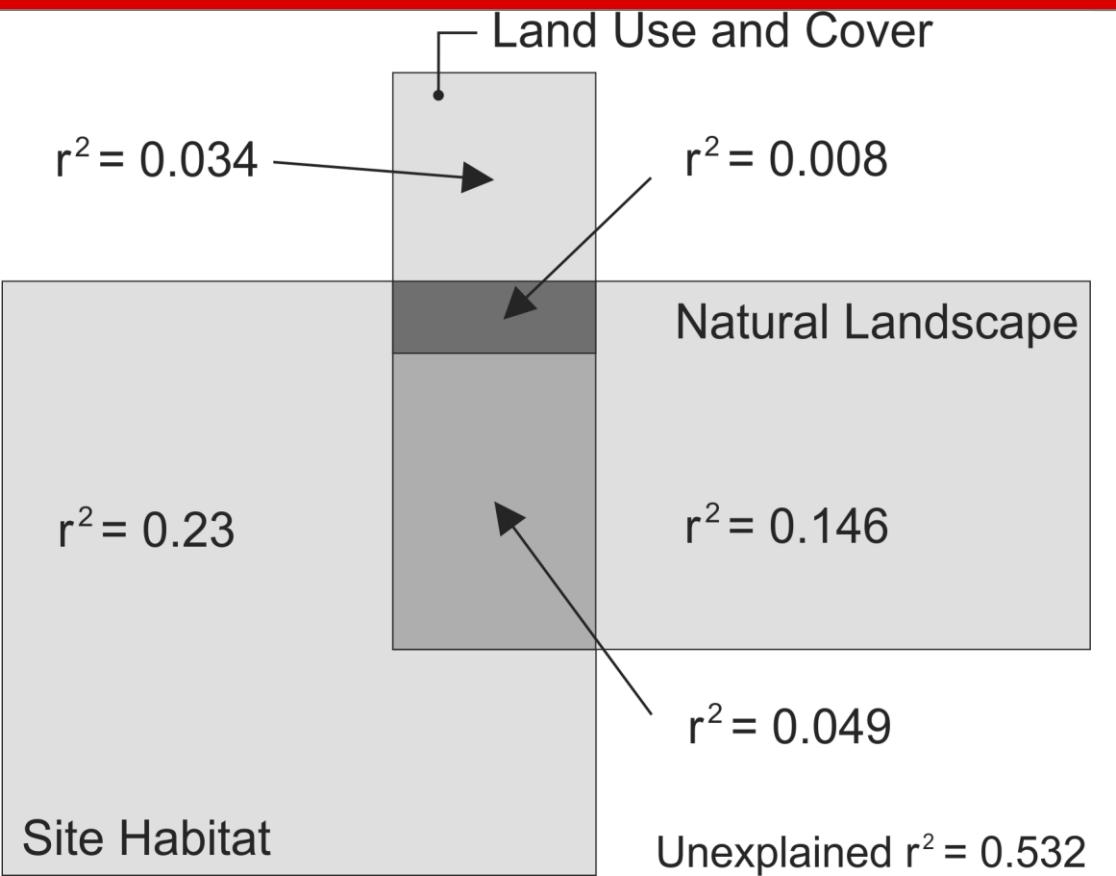


Efeito de Co-Variância

Riqueza: Peixes

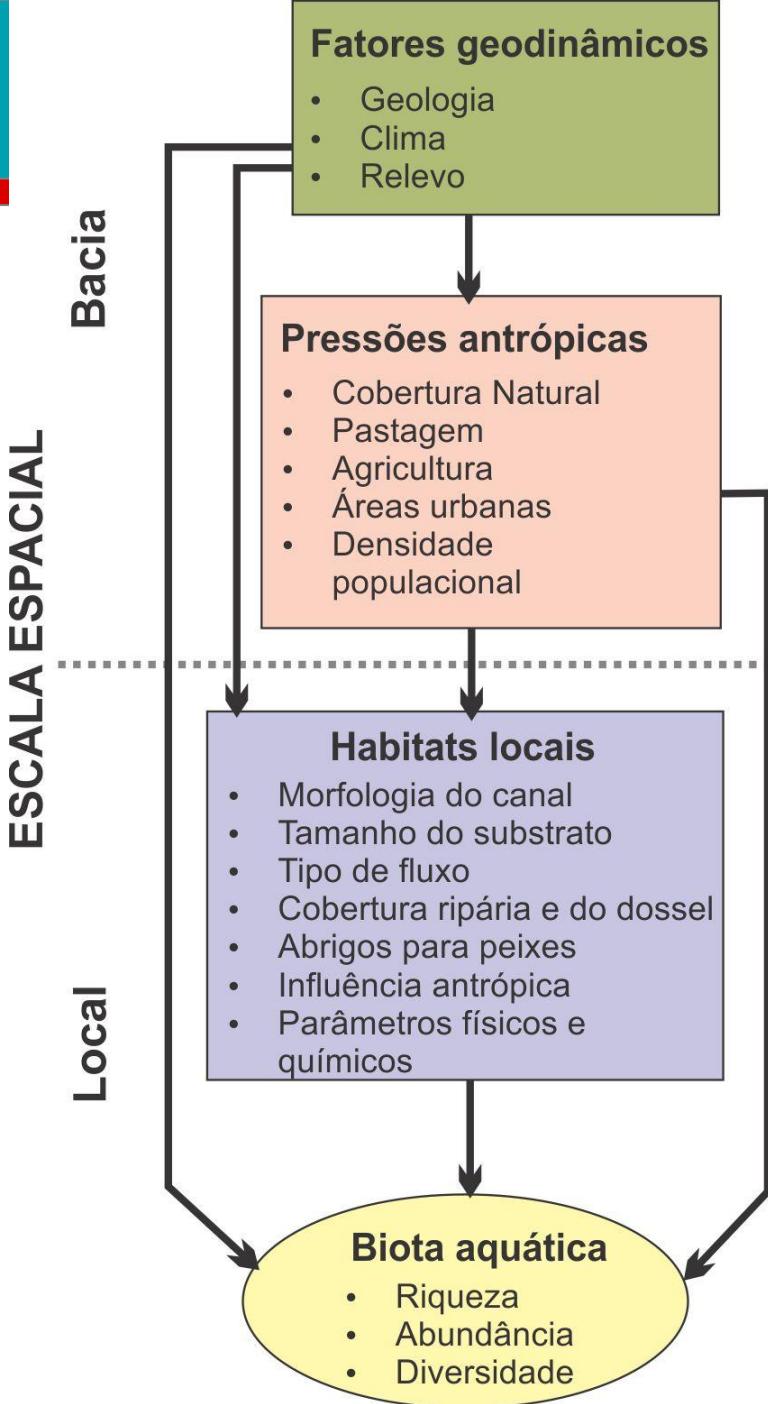
Landscape Ecol
DOI 10.1007/s10980-014-0036-9

RESEARCH ARTICLE



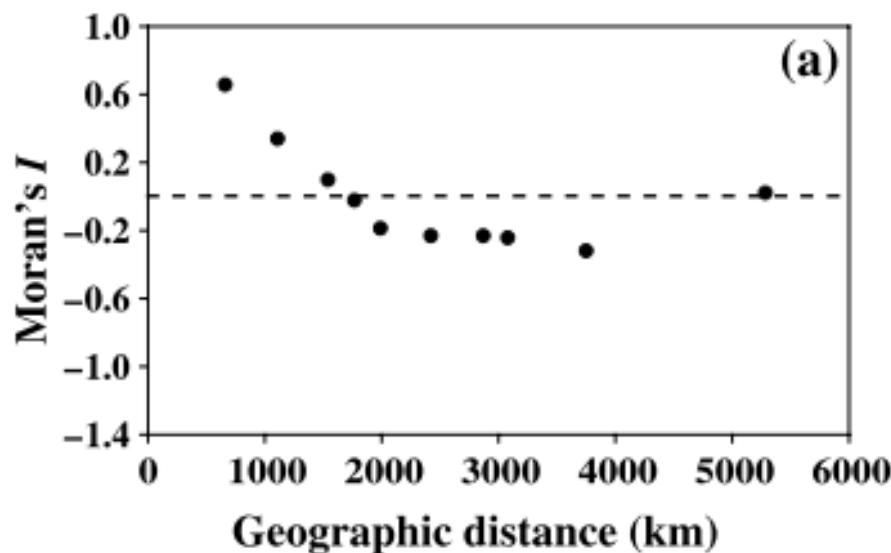
The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in cerrado biome streams

Diego R. Macedo · Robert M. Hughes · Raphael Ligeiro · Wander R. Ferreira ·
Miriam A. Castro · Nara T. Junqueira · Deborah R. Oliveira · Kele R. Firmiano ·
Philip R. Kaufmann · Paulo S. Pompeu · Marcos Callisto

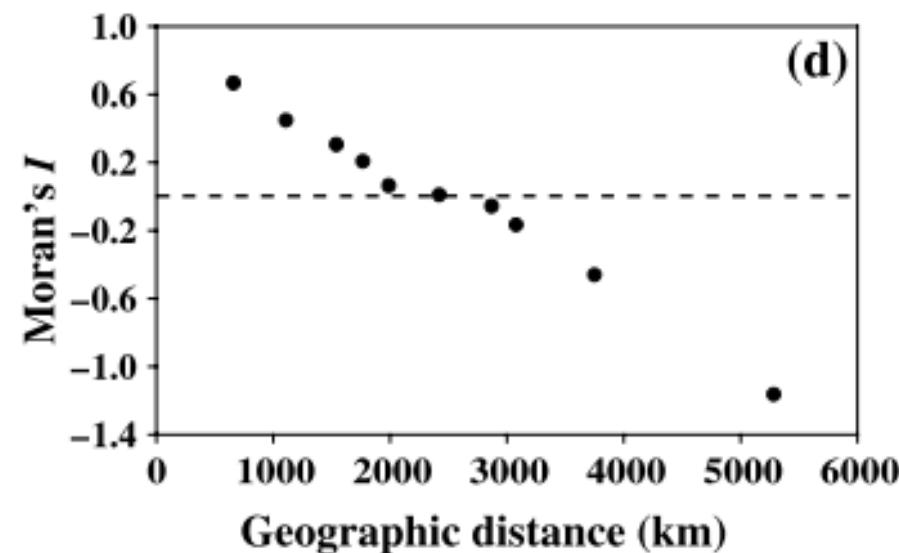


Ausencia de viés espacial

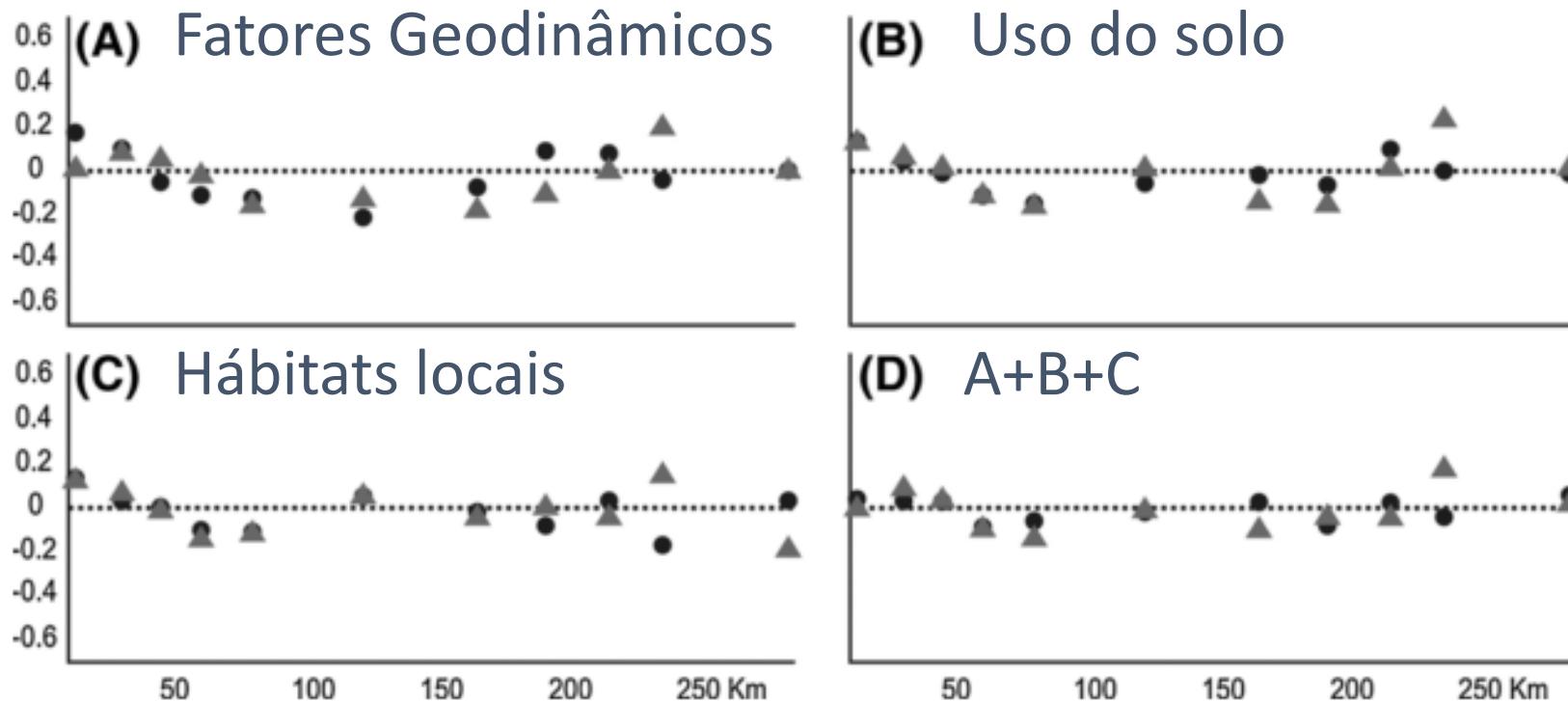
Riqueza



Temperatura



Ausencia de viés espacial



Landscape Ecol
DOI 10.1007/s10980-014-0036-9

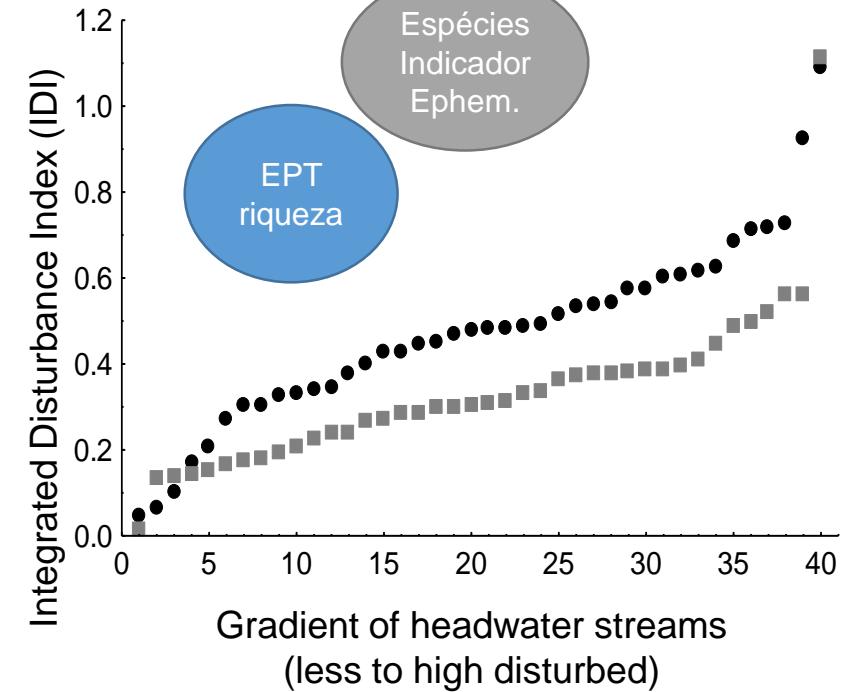
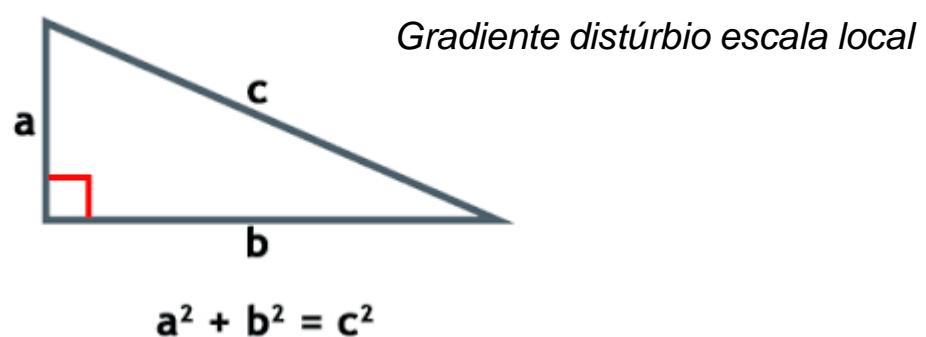
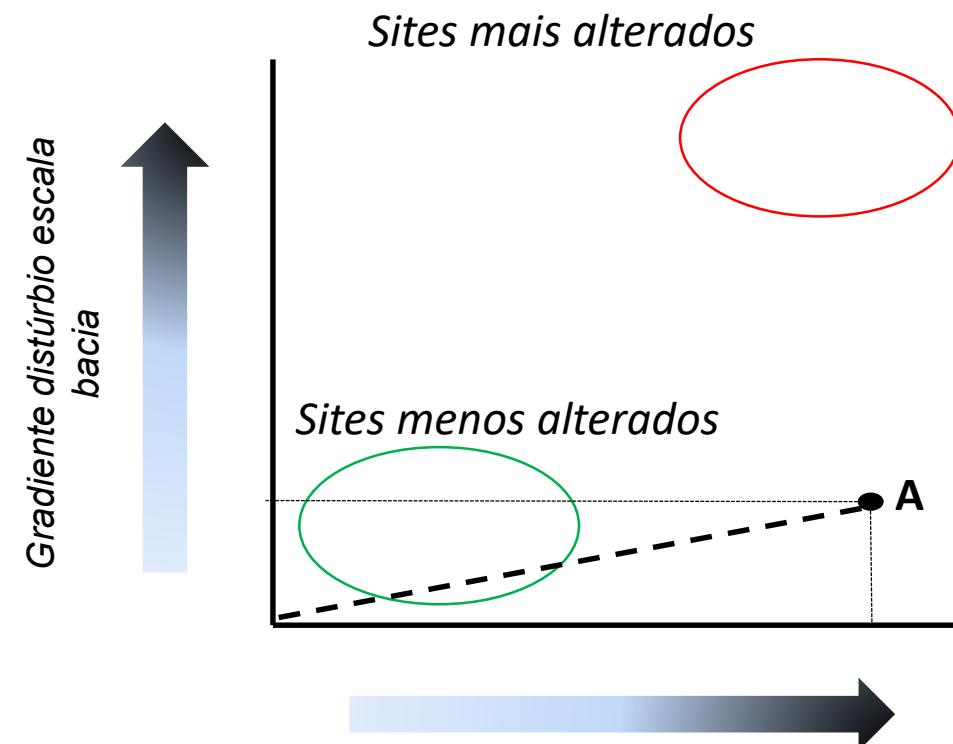
RESEARCH ARTICLE

The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in cerrado biome streams

Diego R. Macedo · Robert M. Hughes · Raphael Ligeiro · Wander R. Ferreira ·
Miriam A. Castro · Nara T. Junqueira · Deborah R. Oliveira · Kele R. Firmiano ·
Philip R. Kaufmann · Paulo S. Pompeu · Marcos Callisto

Índice de Distúrbio Integrado

Bases para
Indices
Multimétricos



Ecological Indicators 25 (2013) 45–57



ELSEVIER

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Ecological Indicators

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



Original Articles

Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness

Raphael Ligeiro^{a,*}, Robert M. Hughes^b, Philip R. Kaufmann^c, Diego R. Macedo^{a,d}, Kele R. Firmiano^a, Wander R. Ferreira^a, Déborah Oliveira^a, Adriano S. Melo^e, Marcos Callisto^a

Índices de Integridade Biótica (Índices Multimétricos)

Métricas hábitat físico:

- Morfologia do canal
- Substratos do leito
- Estrutura vegetação ripária
- Fluxos da água
- Abrigos no leito

Uso do solo

- % cobertura natural
- % pastagem
- % agricultura
- % área urbana

Qualidade da água

- pH
- Condutividade
- Nutrientes dissolvidos
- Turbidez
- Oxigênio dissolvido

Áreas de referência:

- Áreas minimamente perturbadas
- Ausência de influência antrópica
- Caracterização regional das áreas

Traits:

- Tamanho máximo corporal
- Número de ciclos
- Tipo de reprodução
- Tipo de respiração
- Tipo de dispersão

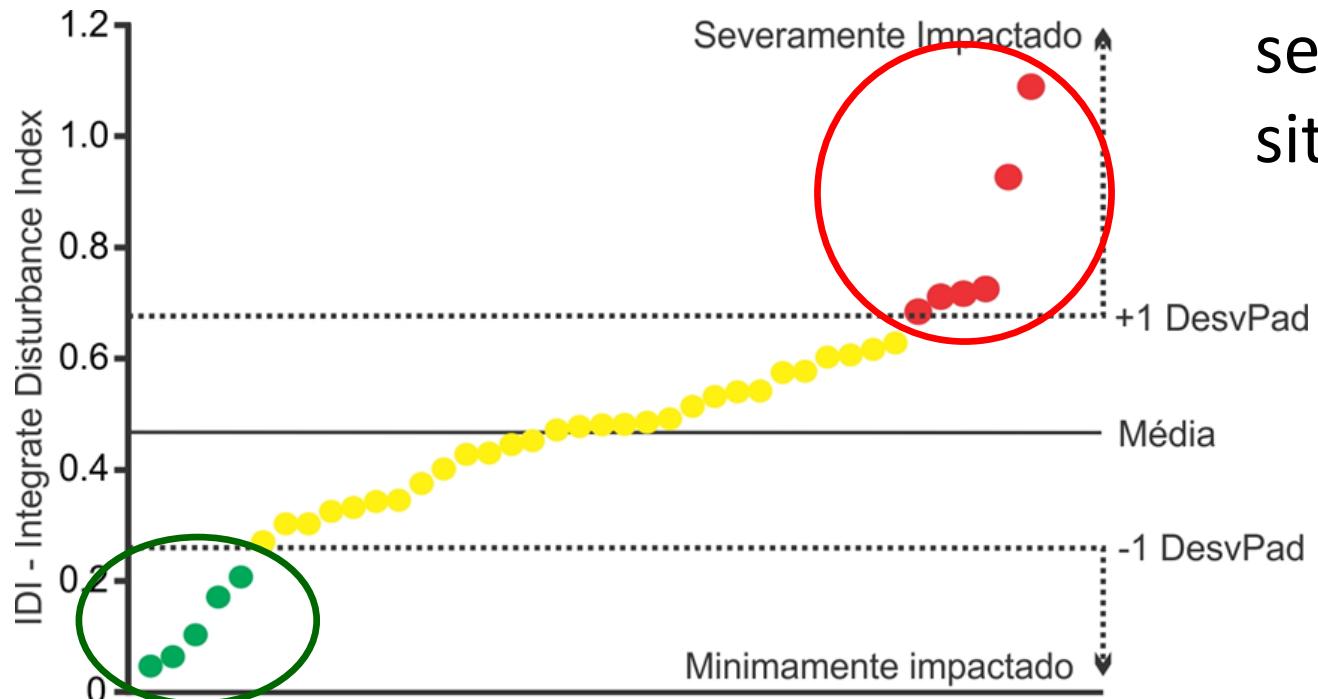
Métricas biológicas:

- Composição
- Estrutura
- Índices de Diversidade
- Grupos Tróficos
- Tolerância

Índice de Integridade Biótica (IBI)

Índices de Integridade Biótica (Índices Multimétricos)

Identificação a priori



Capacidade das métricas biológicas
separarem os sites de referencia dos
sites impactados

Ecological Indicators 64 (2016) 132–141



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Ecological Indicators

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

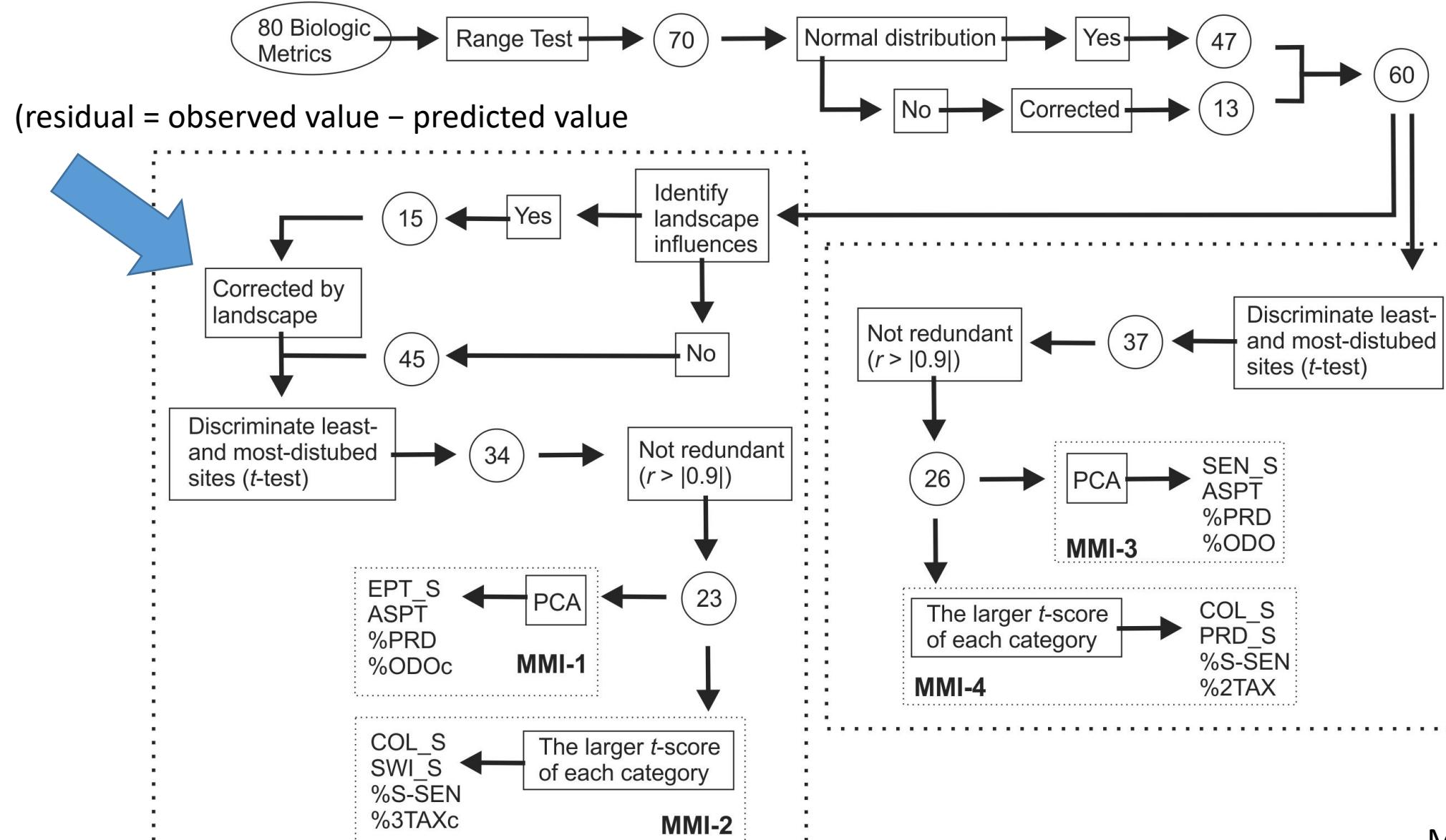


Development of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for Neotropical Savanna headwater streams



Diego R. Macedo ^{a,*}, Robert M. Hughes ^b, Wander R. Ferreira ^a, Kele R. Firmiano ^a,
Deborah R.O. Silva ^a, Raphael Ligeiro ^c, Philip R. Kaufmann ^d, Marcos Callisto ^a

Índices de Integridade Biótica (Índices Multimétricos)

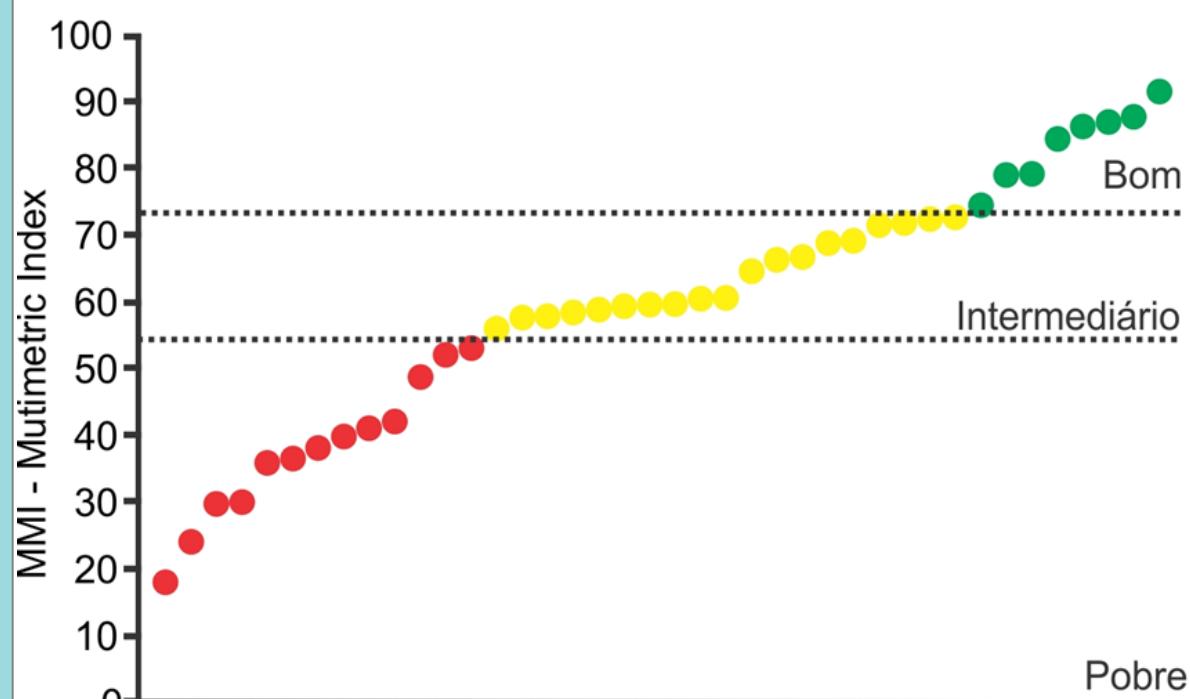


Índices de Integridade Biótica (Índices Multimétricos)

Table 3

Results of the criteria for choosing the best MMI: precision (standard deviation-SD value of MMI at least-disturbed sites), responsiveness (*t*-test value of MMI between least-and most-disturbed sites), and sensitivity (r^2 of OLS regression among MMI and anthropogenic stressors). Best performing MMI for each criterion in bold.

Proposal MMIs	Precision SD	Responsiveness			Sensitivity			
		<i>t</i> -score	<i>F</i>	<i>p</i>	r^2	<i>F</i>	Variables	<i>p</i>
MMI-1 (Adjusted, PCA)	4.17	7.05	3.7	<0.0001	0.66	35.63	XCMGW+%.NAT	<0.0001
MMI-2 (Adjusted, one each category)	9.84	6.21	2.4	<0.0001	0.65	34.25	XCMGW+%.NAT	<0.0001
MMI-3 (Unadjusted, PCA)	7.39	6.51	1.7	<0.0001	0.61	18.59	XCMGW+%.NAT – DO	<0.0001
MMI-4 (Unadjusted, one each category)	10.19	6.32	1.1	<0.0001	0.60	17.93	XCMGW+%.NAT – TDS	<0.0001



Ecological Indicators 64 (2016) 132–141



Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Indicators

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



Development of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for Neotropical Savanna headwater streams

Diego R. Macedo ^{a,*}, Robert M. Hughes ^b, Wander R. Ferreira ^a, Kele R. Firmiano ^a, Deborah R.O. Silva ^a, Raphael Ligeiro ^c, Philip R. Kaufmann ^d, Marcos Callisto ^a



Limites de tolerância à distúrbio antrópico

- Utilizando apenas estressores antropogênicos “puros” (sem correlação com fatores geodinâmicos), encontrar pontos de declínio de gêneros sensíveis

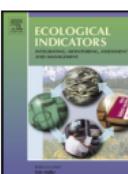
Ecological Indicators 74 (2017) 276–284



Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Indicators

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



Original Articles

Mayfly bioindicator thresholds for several anthropogenic disturbances in neotropical savanna streams

Kele R. Firmiano ^{a,*}, Raphael Ligeiro ^b, Diego R. Macedo ^c, Leandro Juen ^b,
Robert M. Hughes ^d, Marcos Callisto ^a



Limites de tolerância à distúrbio antrópico

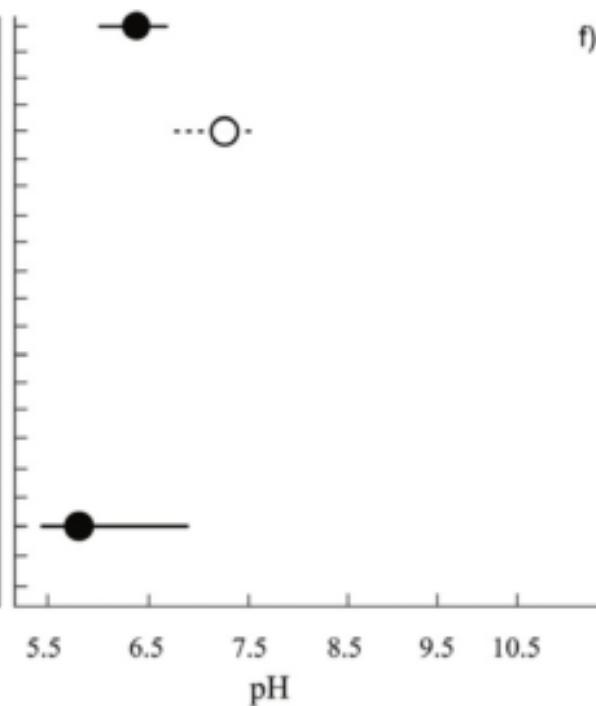
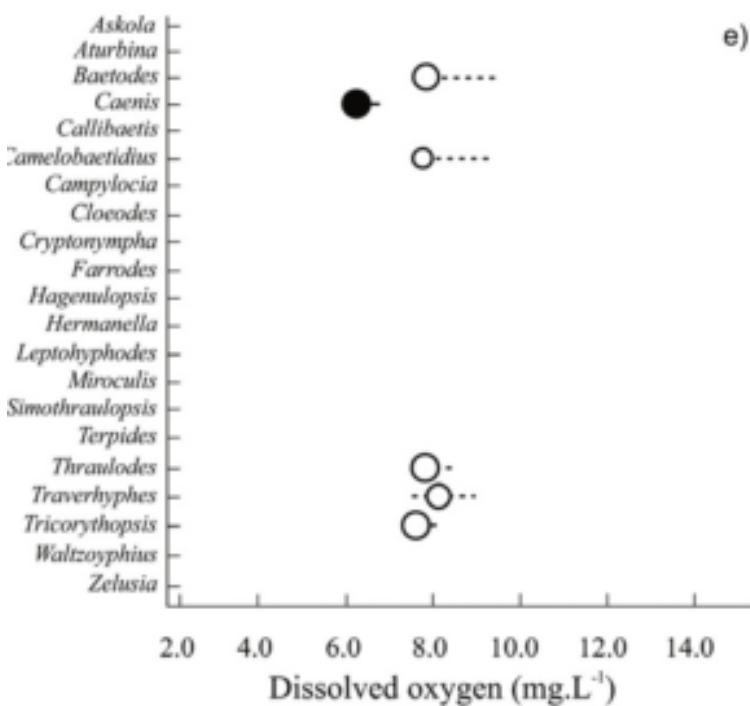
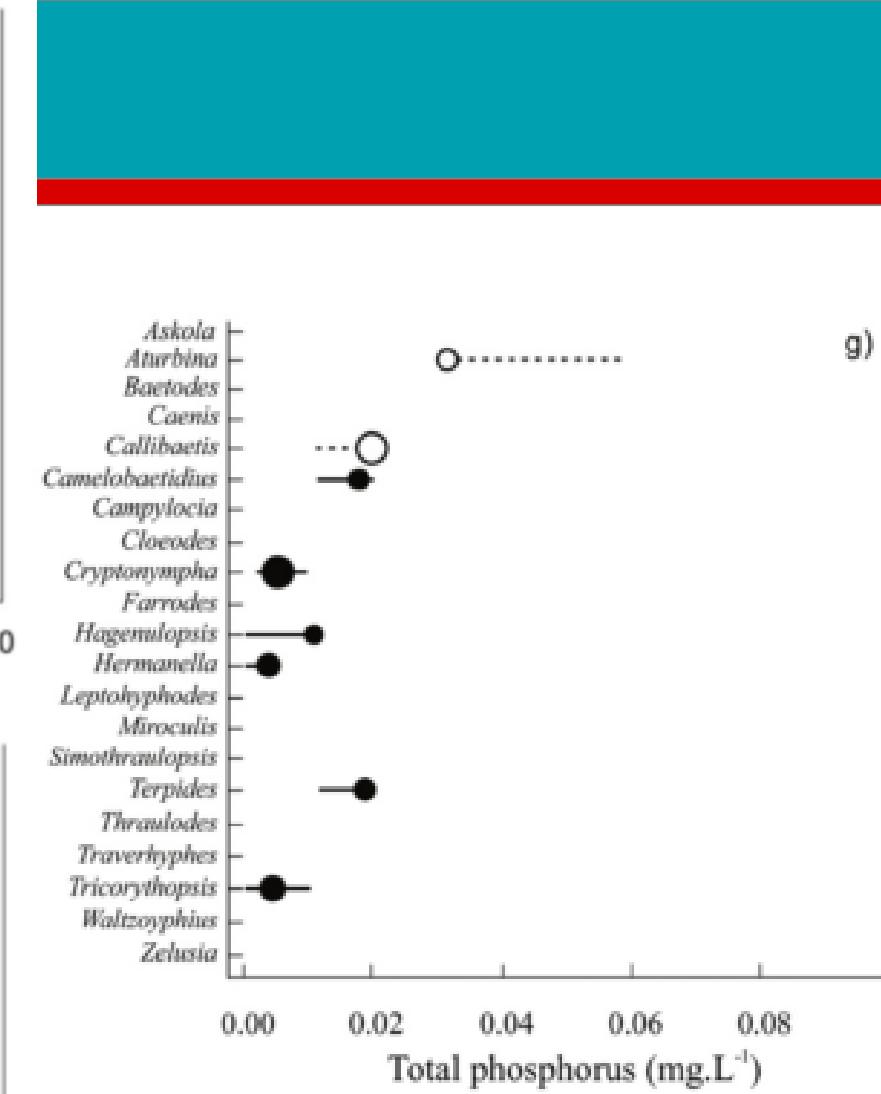
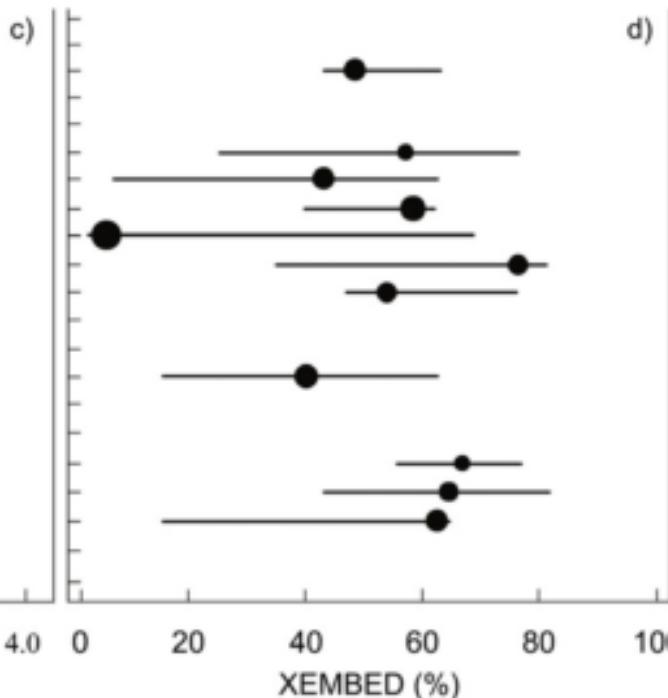
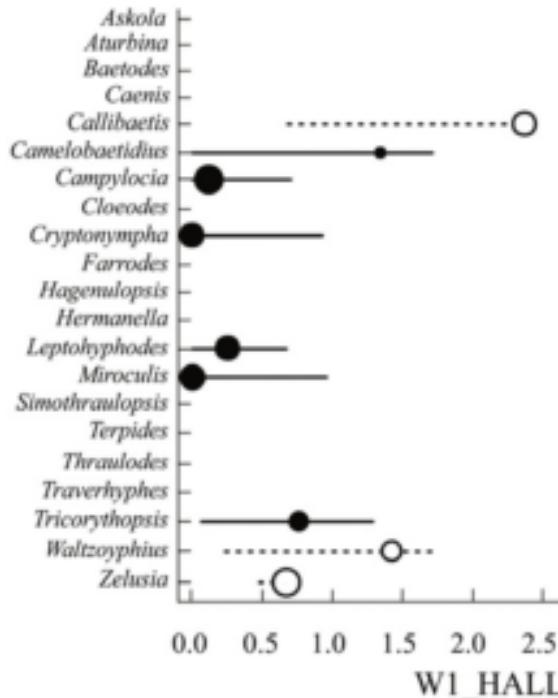
Table 1
Linear regression coefficient (r^2) among anthropogenic disturbance and natural variability metrics.

Type of descriptor	Metric code	Altitude	Annual rainfall average	Annual temperature average	Catchment area	Catchment elevation average	Catchment elevation range	Catchment slope average	Catchment slope range
Land use and cover	Agriculture (%)	0.12***	0.12***	0.10***	0.01	0.11***	0.11***	0.23***	0.03**
	Eucalyptus (%)	0.01	0.36***	0.01	0.17***	0.02	0.15***	0.04***	0.00
	Natural (%)	0.32***	0.00	0.25***	0.02	0.32***	0.00	0.35***	0.00
	Pasture (%)	0.01	0.17***	0.01	0.05***	0.01	0.17***	0.02	0.05***
Urbanization	Urban (%)	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
	Household density	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	Population density	0.02	0.00	0.00	0.12***	0.01	0.01	0.03*	0.00
Local	Road density	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
	LRBS	0.49***	0.12***	0.43***	0.03*	0.51***	0.03*	0.16***	0.00
	RCOND	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	XCMGW	0.11***	0.10***	0.10***	0.03*	0.10***	0.02*	0.02	0.00
Integrated Water quality	XEMBED (%)	0.03**	0.00	0.03**	0.00	0.05**	0.00	0.02	0.00
	W1_HALL	0.06***	0.02*	0.06***	0.00	0.06***	0.00	0.02	0.00
	IDI	0.19***	0.00	0.16***	0.00	0.19***	0.00	0.19***	0.02
	Conductivity	0.10***	0.04**	0.11***	0.02	0.11***	0.01	0.03**	0.00
	Dissolved oxygen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	pH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	Total dissolved solids	0.14***	0.09***	0.14***	0.08***	0.14***	0.01	0.02*	0.02
	Total phosphorus	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	Turbidity	0.03**	0.00	0.03**	0.00	0.03*	0.00	0.02	0.00

* $P < 0.05$.

** $p < 0.01$.

*** $p < 0.001$.



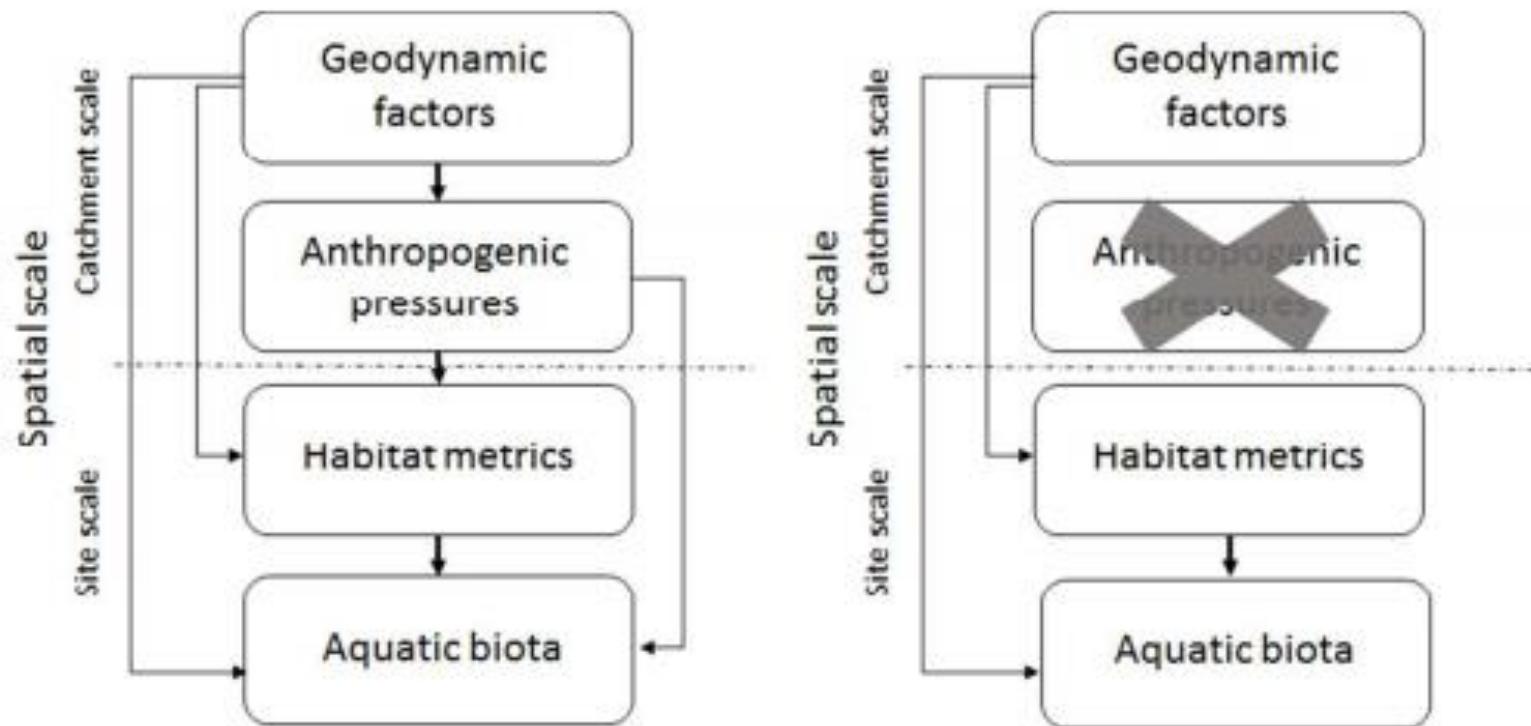
Abordagem em áreas de referência



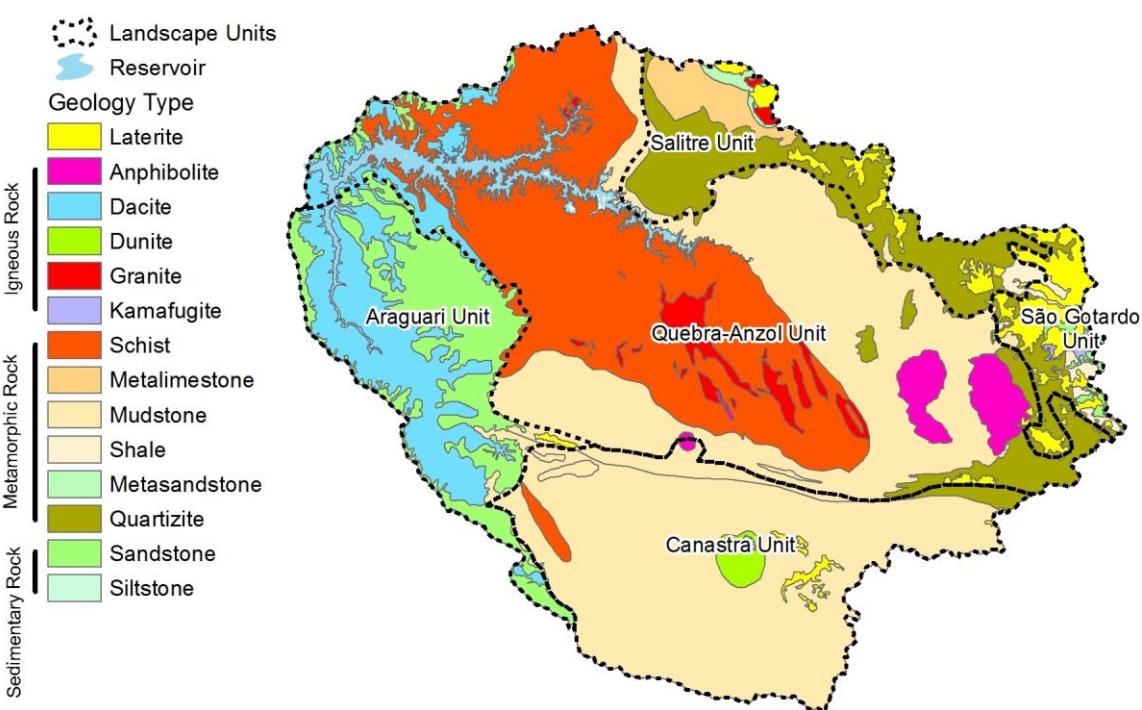
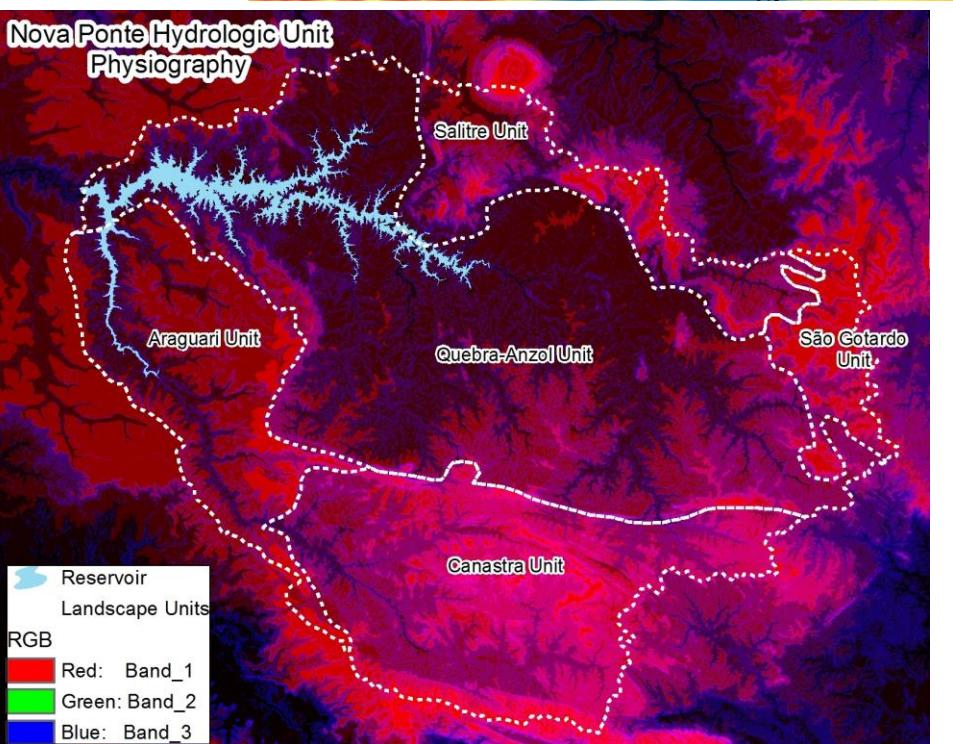
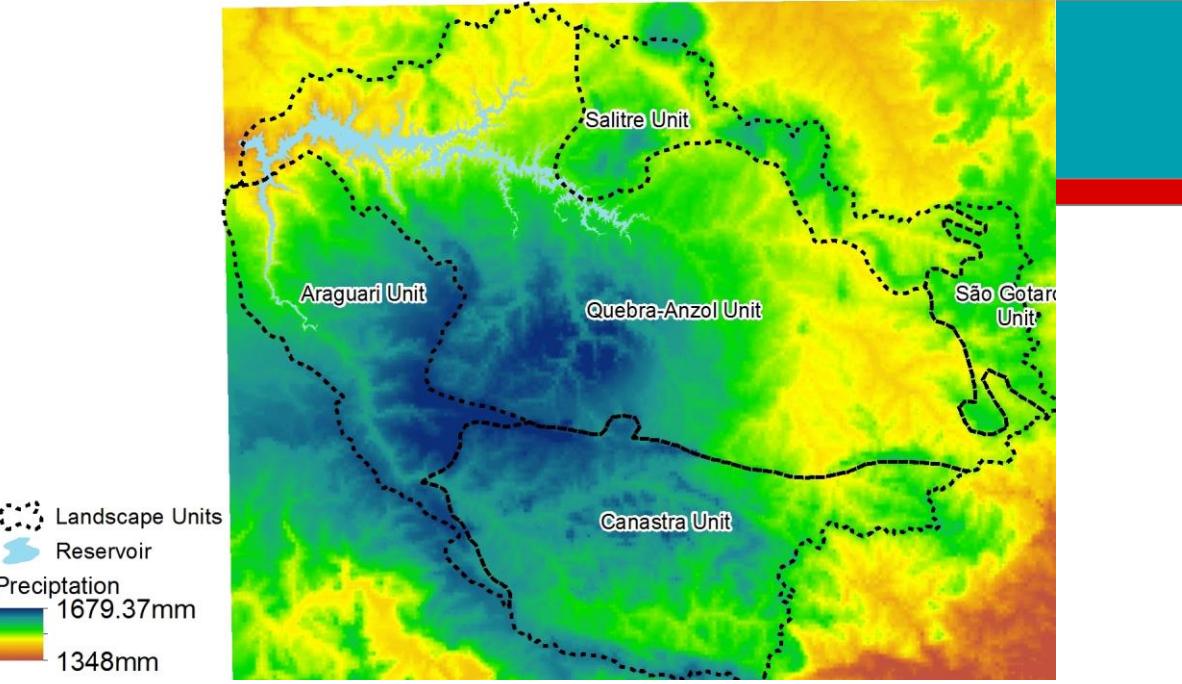
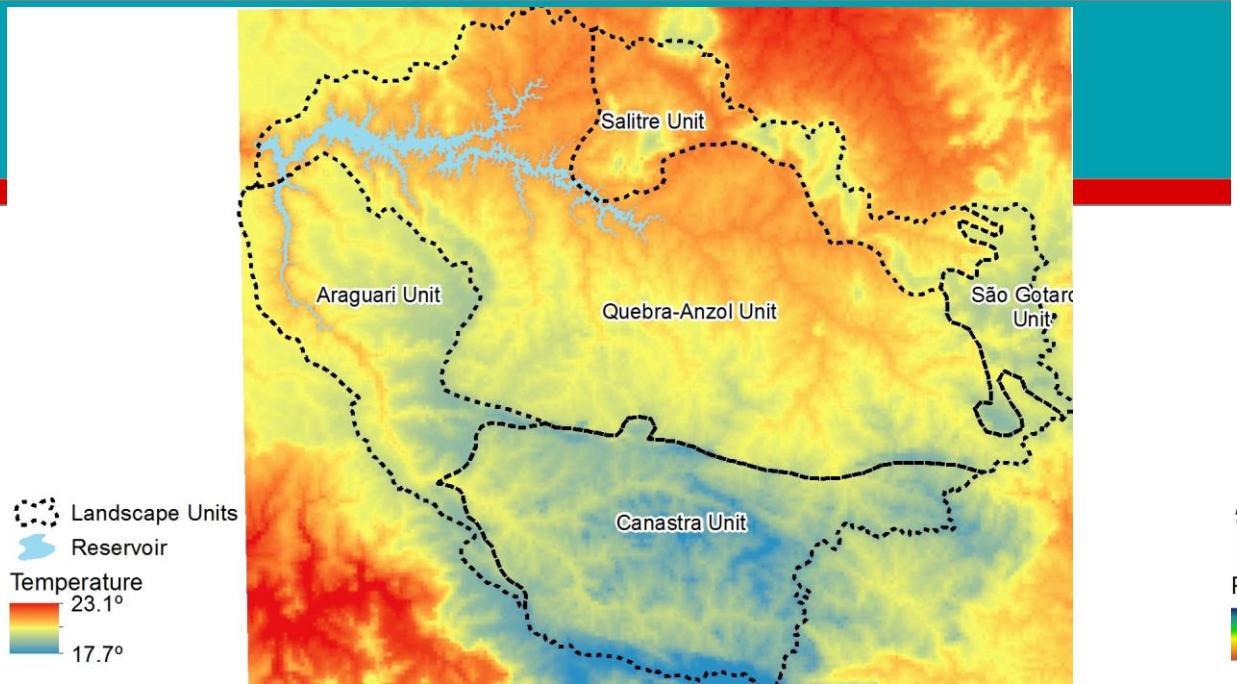
MARINE & FRESHWATER
RESEARCH

Regionalization is key to establish reference conditions for neotropical savanna streams

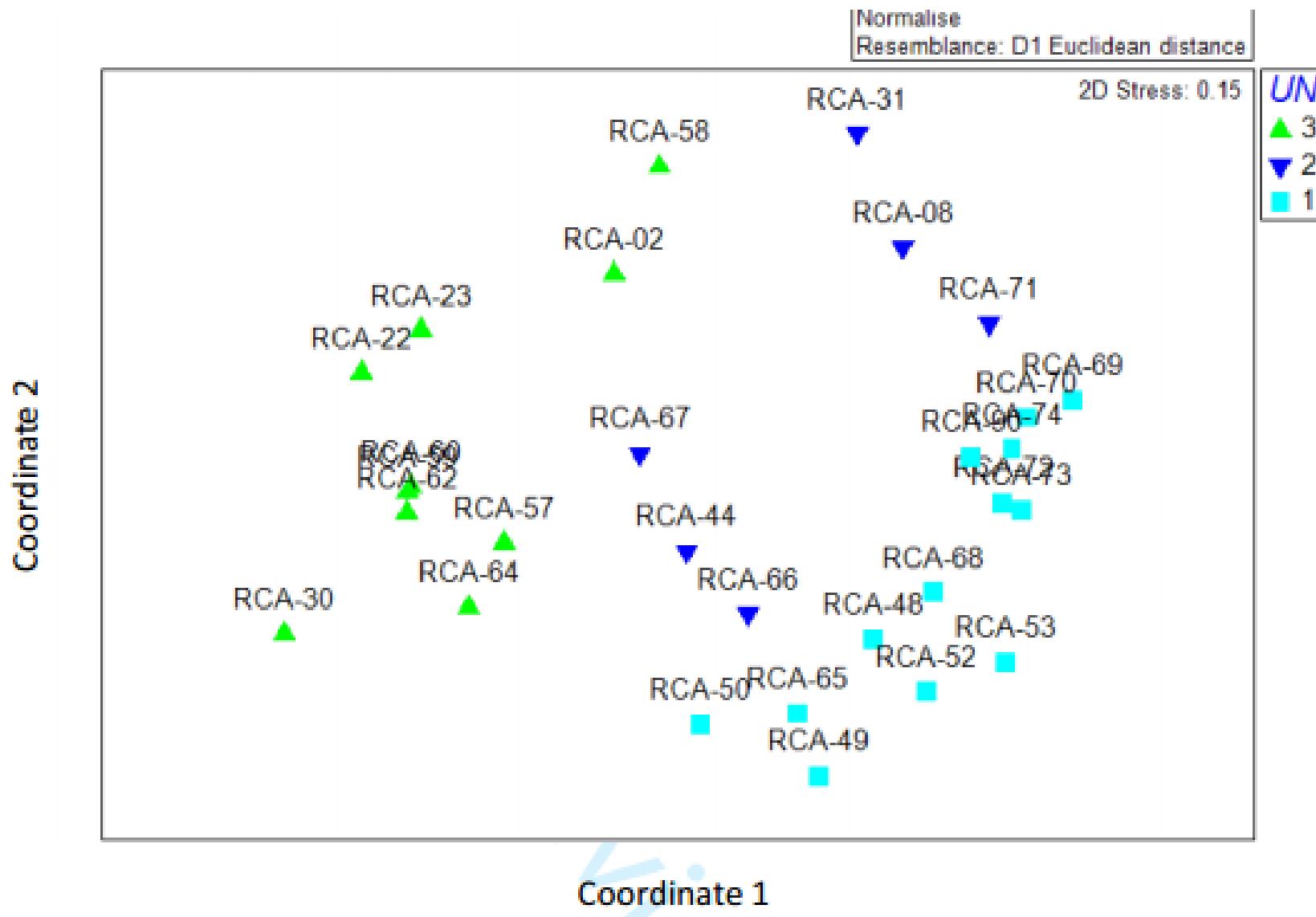
Isabela Martins¹, Raphael Ligeiro², Robert Mason Hughes³, Diego Rodrigues Macedo⁴,
Marcos Callisto¹



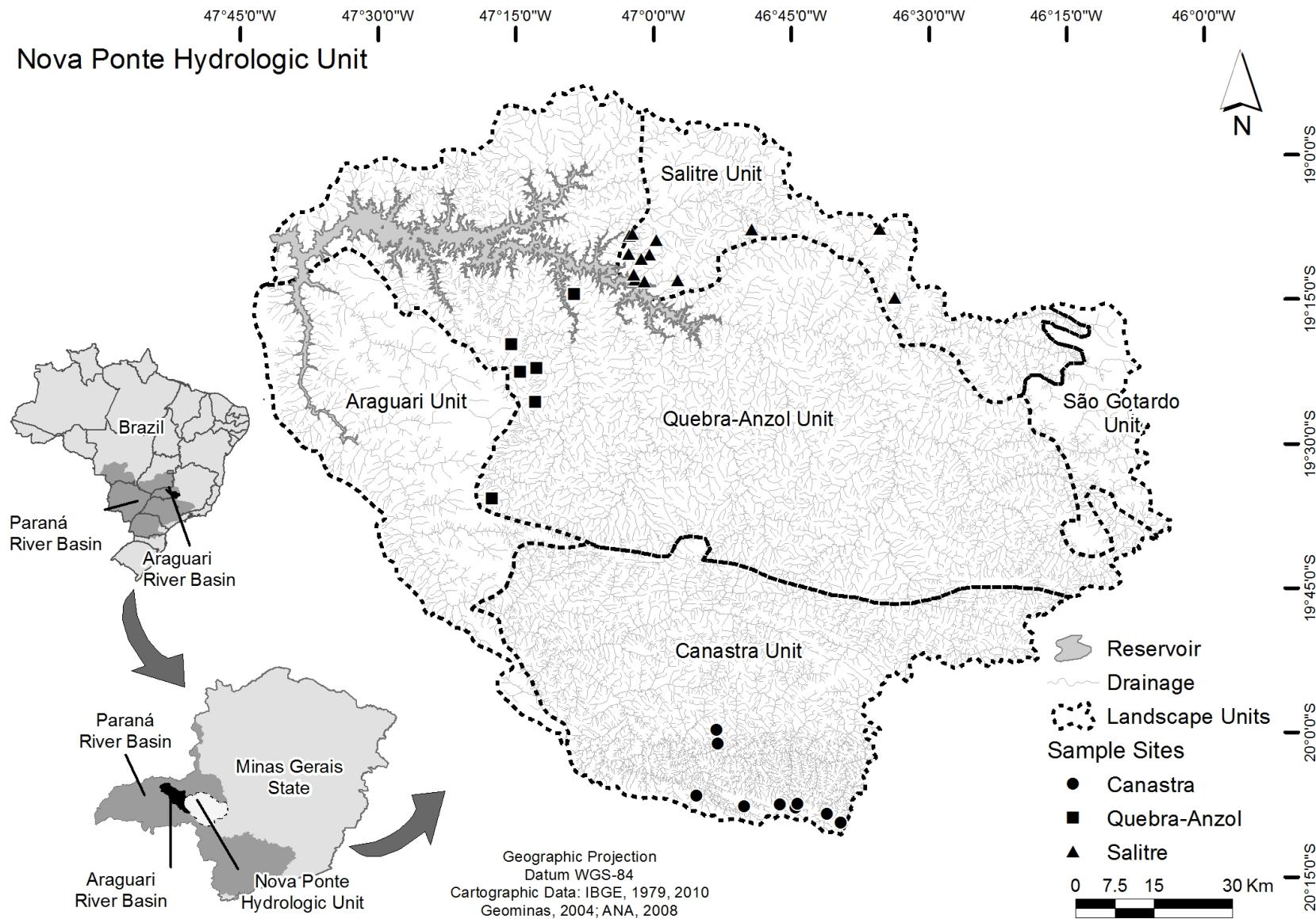
In the absence of anthropic pressures, the geodynamic factors directly influence the metrics of habitat, which is reflected in the structure and composition of the aquatic biota (Adapted from Macedo et al. 2014).



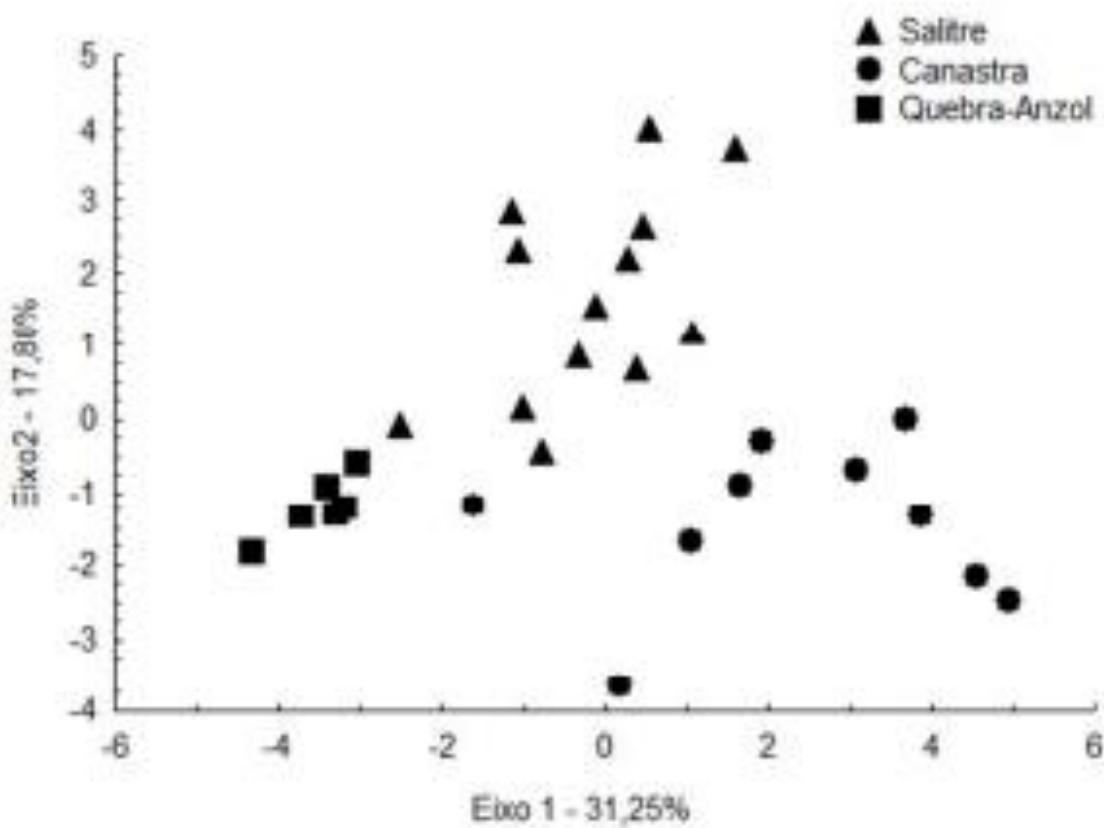
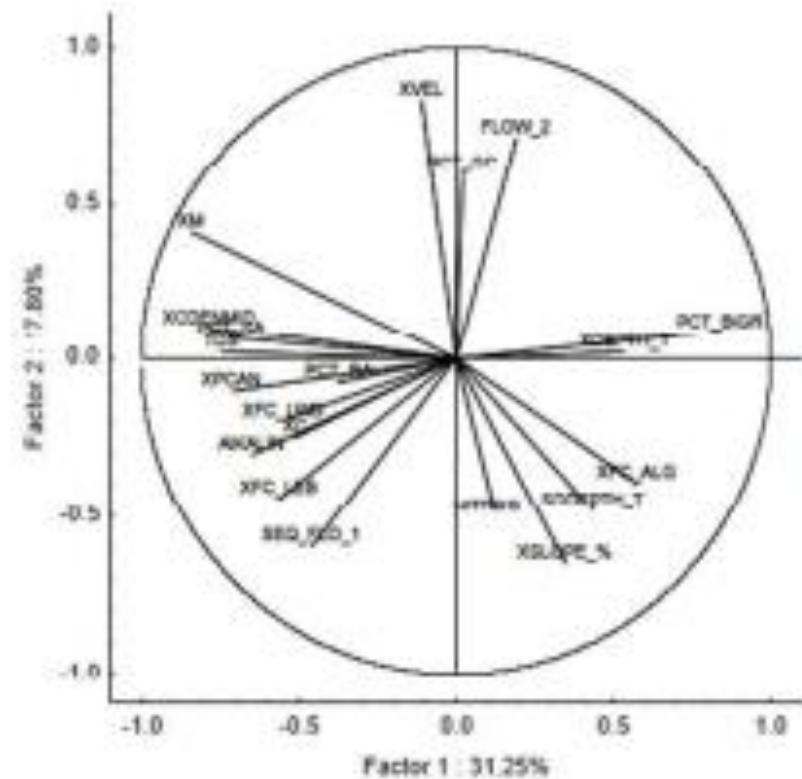
Abordagem em áreas de referência



Abordagem em áreas de referência

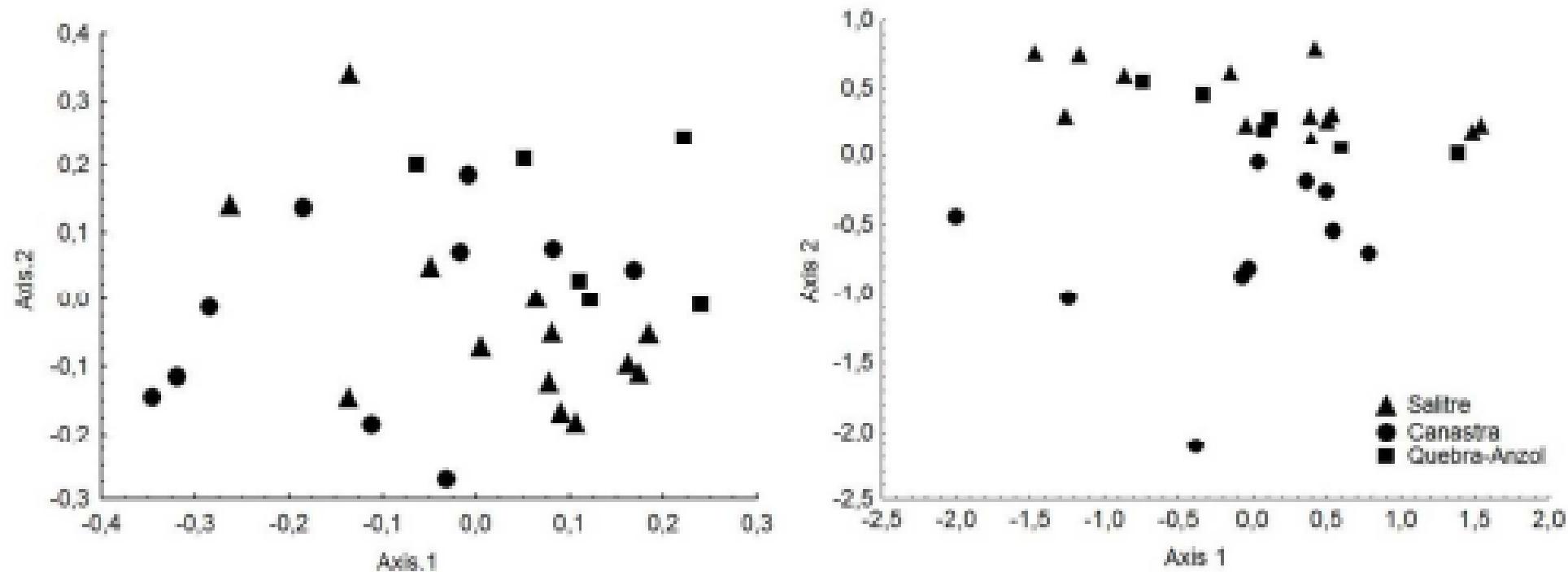


Abordagem em áreas de referência



A) PCA performed with the physical habitat and water quality metrics. B) The same PCA depicting sites by landscape units.

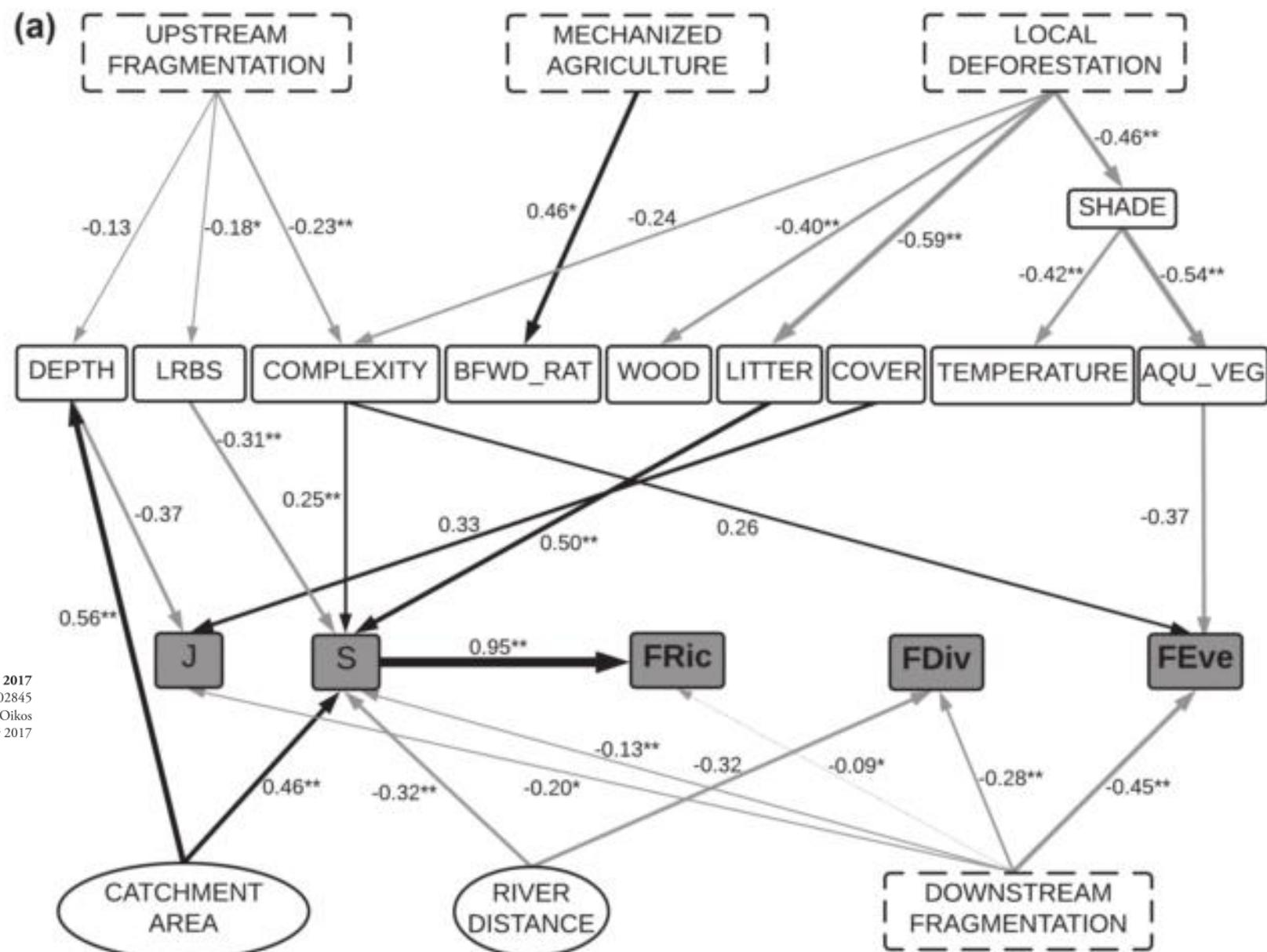
Abordagem em áreas de referência



PCoA indicating the similarity in taxonomic composition of the macroinvertebrate assemblages among sites in the three landscape units considering A) Jaccard index (taxa presence/absence) and B) Gower distance (taxa relative abundances).

Próximos Passos...

- Path analysis



Ecography 40: 001–013, 2017
doi: 10.1111/ecog.02845

© 2017 The Authors. Ecography © 2017 Nordic Society Oikos
Subject Editor: Thierry Oberdorff. Editor-in-Chief: Miguel Araújo. Accepted 28 February 2017



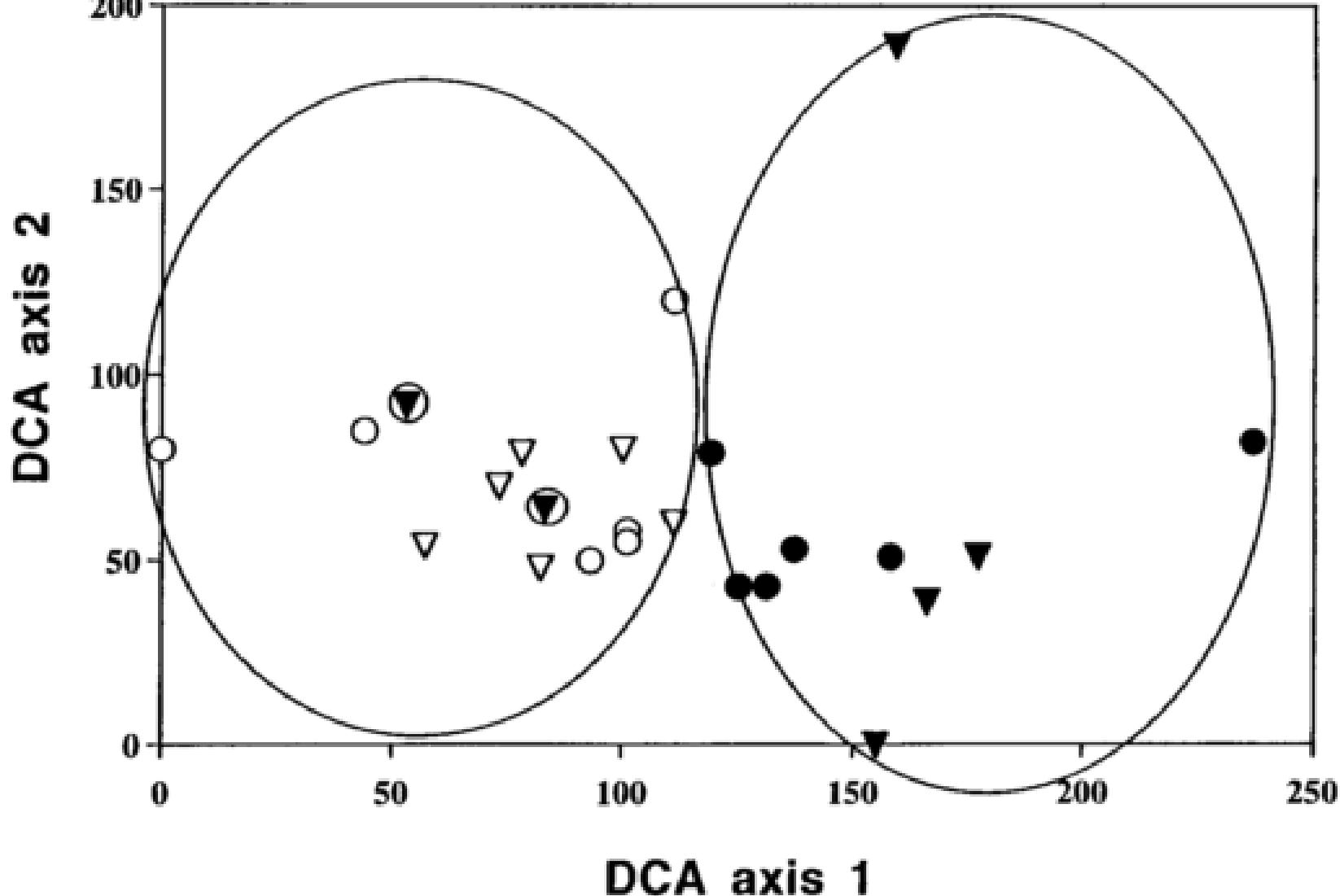
Disentangling the pathways of land use impacts on the functional structure of fish assemblages in Amazon streams

Rafael P. Leitão, Jansen Zuanon, David Mouillot, Cecília G. Leal, Robert M. Hughes, Philip R. Kaufmann, Sébastien Villéger, Paulo S. Pompeu, Daniele Kasper, Felipe R. de Paula, Silvio E. B. Ferraz and Toby A. Gardner

Próximos passos

- Legacy Effect

- Forest Little Tenn.
- Agriculture Little Tenn.
- ▼ Forest Fr. Broad
- ▽ Agriculture Fr. Broad
- ◀ Outlier Forest Fr. Broad

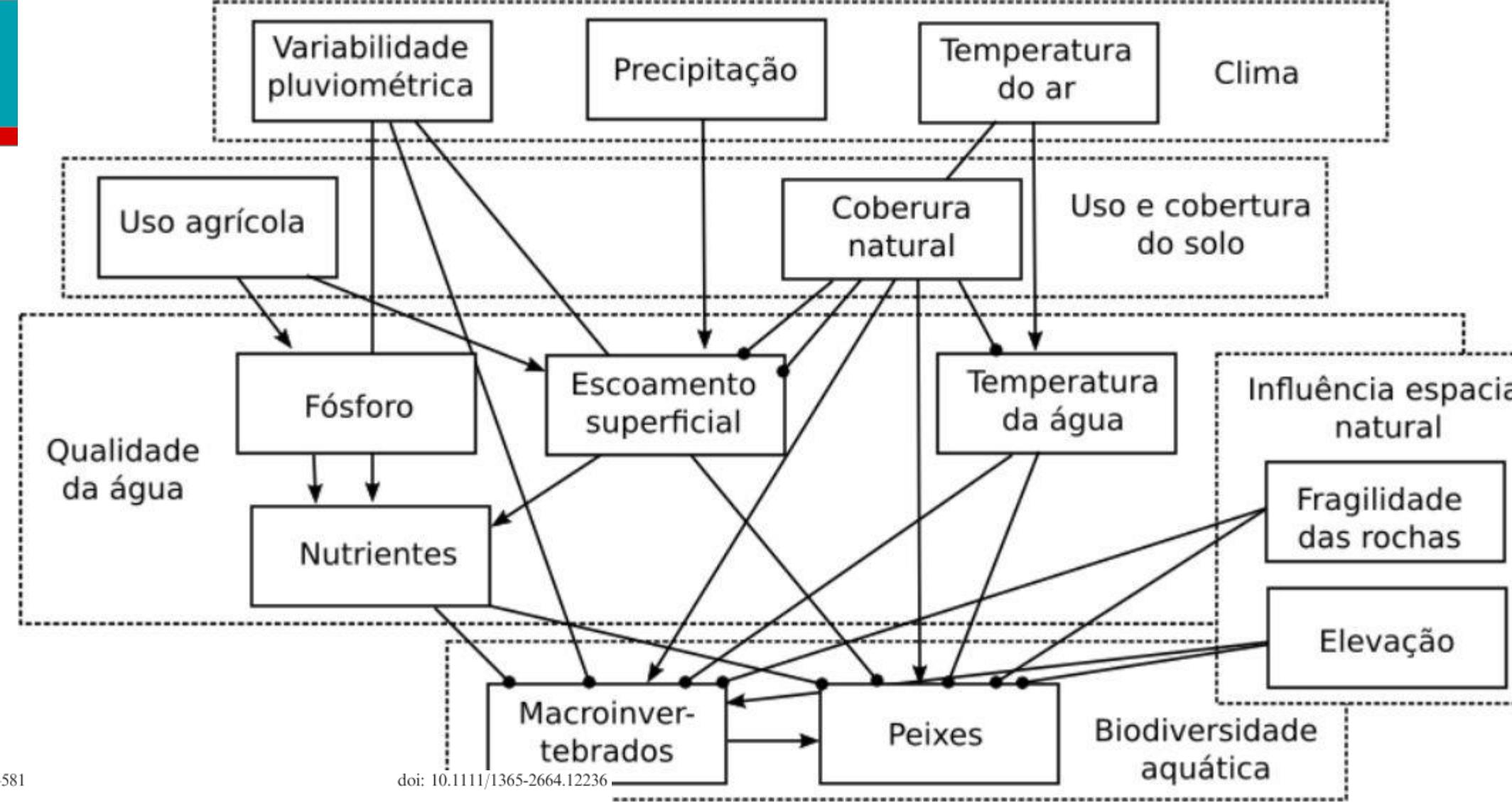


Proc. Natl. Acad. Sci. USA
Vol. 95, pp. 14843–14847, December 1998
Ecology

Stream biodiversity: The ghost of land use past

J. S. HARDING*,†‡, E. F. BENFIELD*, P. V. BOLSTAD§, G. S. HELFMAN¶, AND E. B. D. JONES III||

Próximos passos...



Understanding and predicting the combined effects of
climate change and land-use change on freshwater
macroinvertebrates and fish

- Climate and land use change

Próximos Passos...

- Brazilian Ecoregions

Figure 3.
Draft
Level III Ecoregions
of Central America
and South America
First Approximation

ECOLOGICAL CLASSIFICATION OF THE WESTERN HEMISPHERE

Glenn E. Griffith¹, James M. Omernik², and Sandra H. Azevedo³



Conclusões

- As múltiplas abordagens desenvolvidas neste projeto permitem a avaliação ambiental integrada em várias escalas espaciais nas bacias estudadas, e poderá potencialmente oferecer subsídios para a gestão de bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos, focado na otimização dos serviços ecossistêmicos oferecidos por empreendimentos hidrelétricos no Brasil. Além disso, os resultados alcançados podem utilizados por Agências de Bacia na gestão de recursos hídricos, permitindo comparações espaciais na escala temporal.