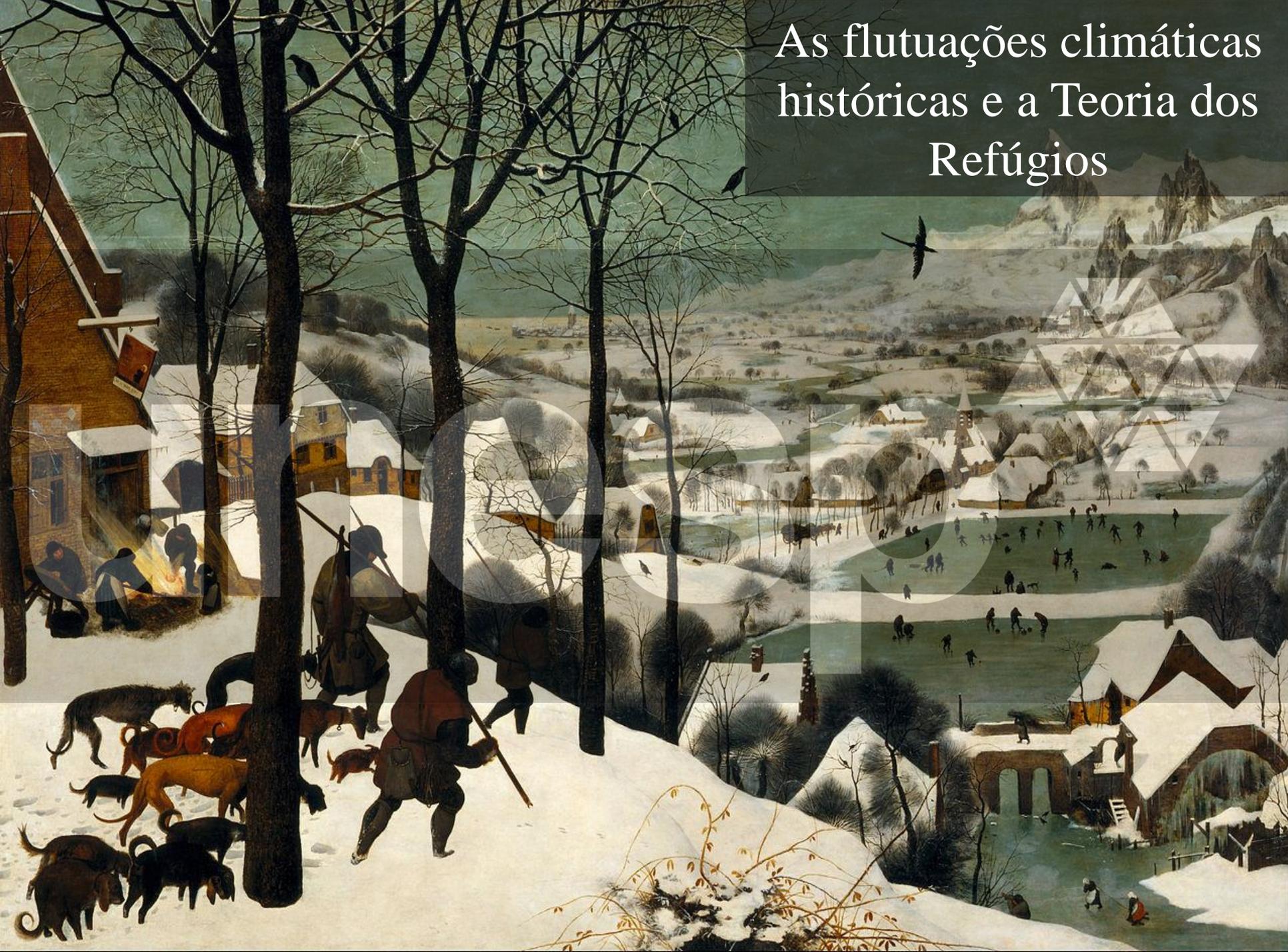


# As flutuações climáticas históricas e a Teoria dos Refúgios



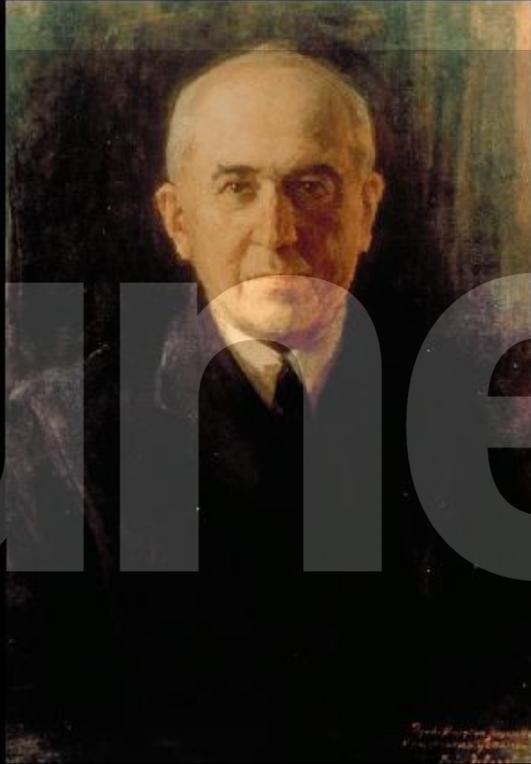
A distribuição dos domínios fitogeográficos sofreu intensas modificações durante os períodos de oscilação climáticas

Glaciações = Temperaturas baixas, clima seco, diminuição do nível dos mares

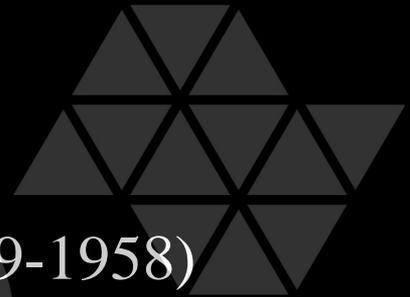
Interglaciações = Temperaturas altas, clima úmido, aumento do nível dos mares



unesp

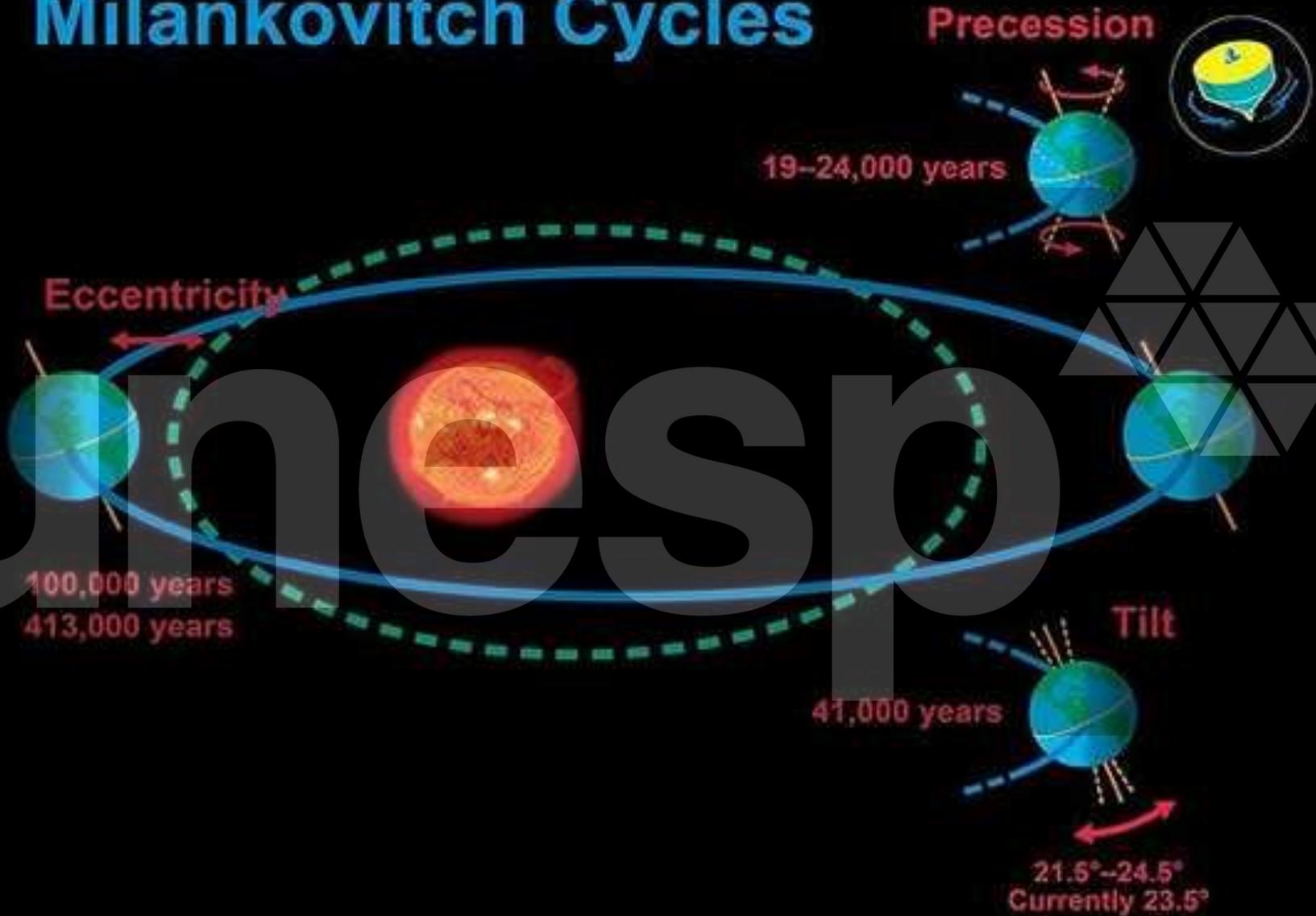


Milutin Milankovich (1879-1958)  
Geofísico sérvio



unesp

# Milankovitch Cycles

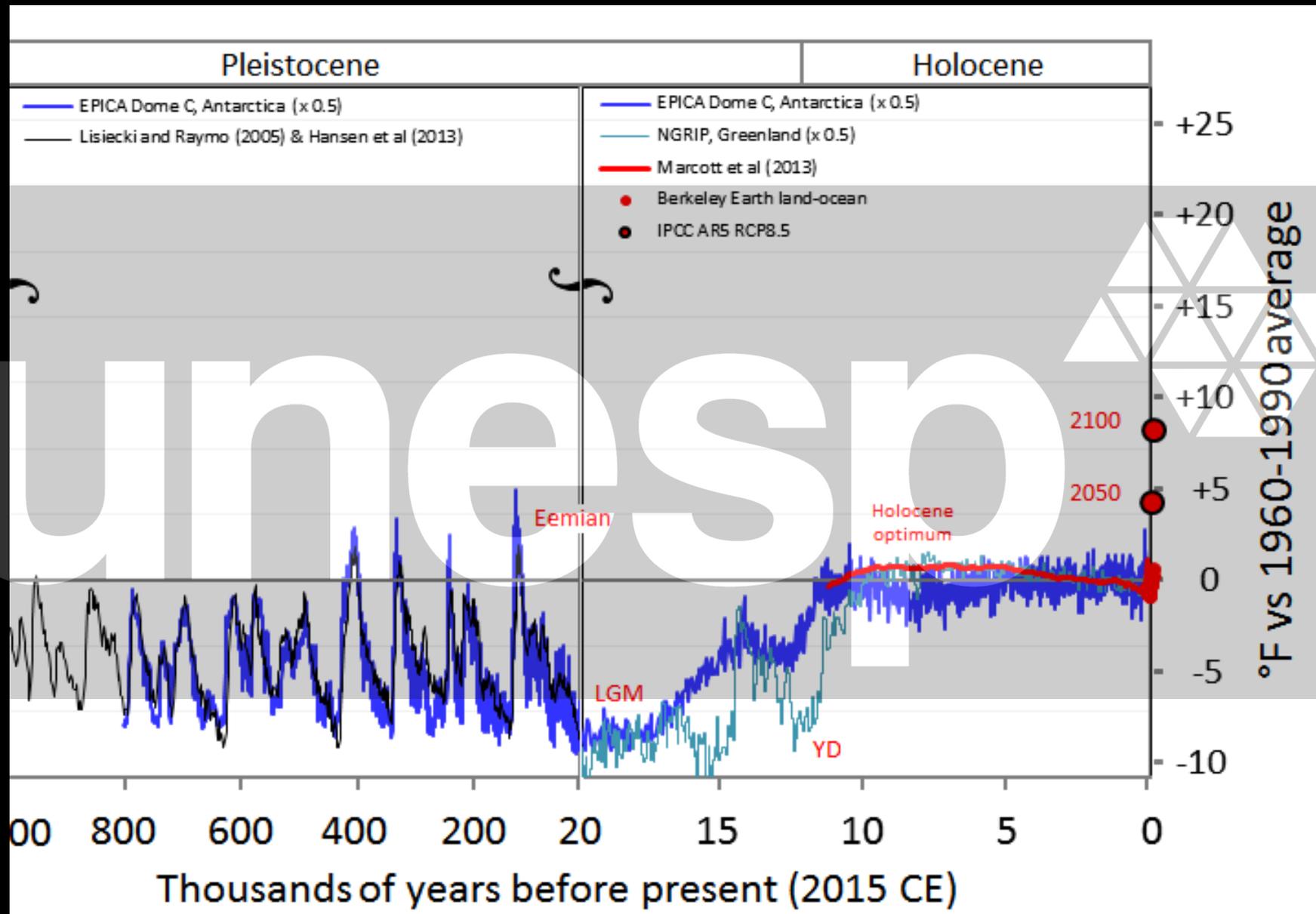




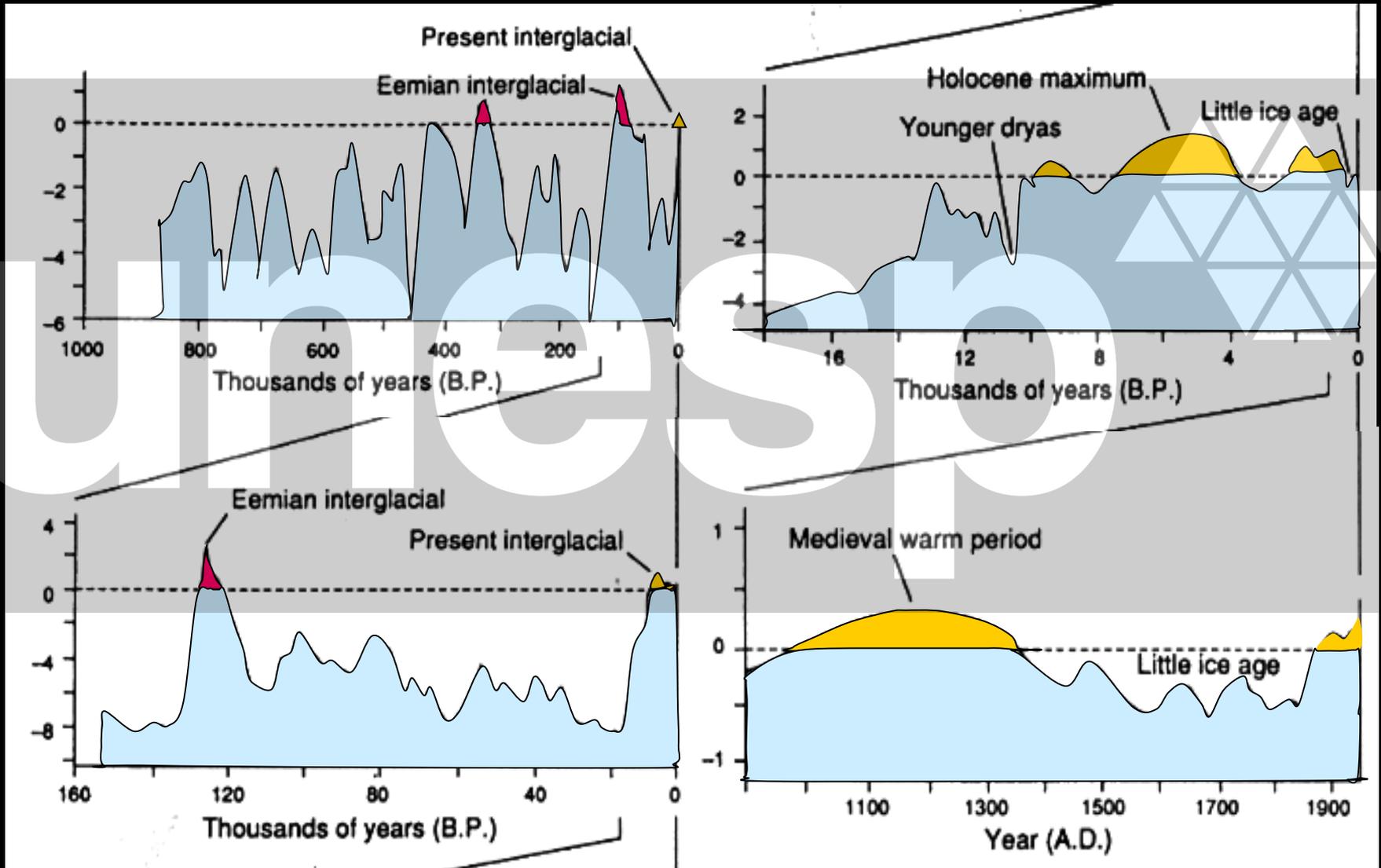


unesp

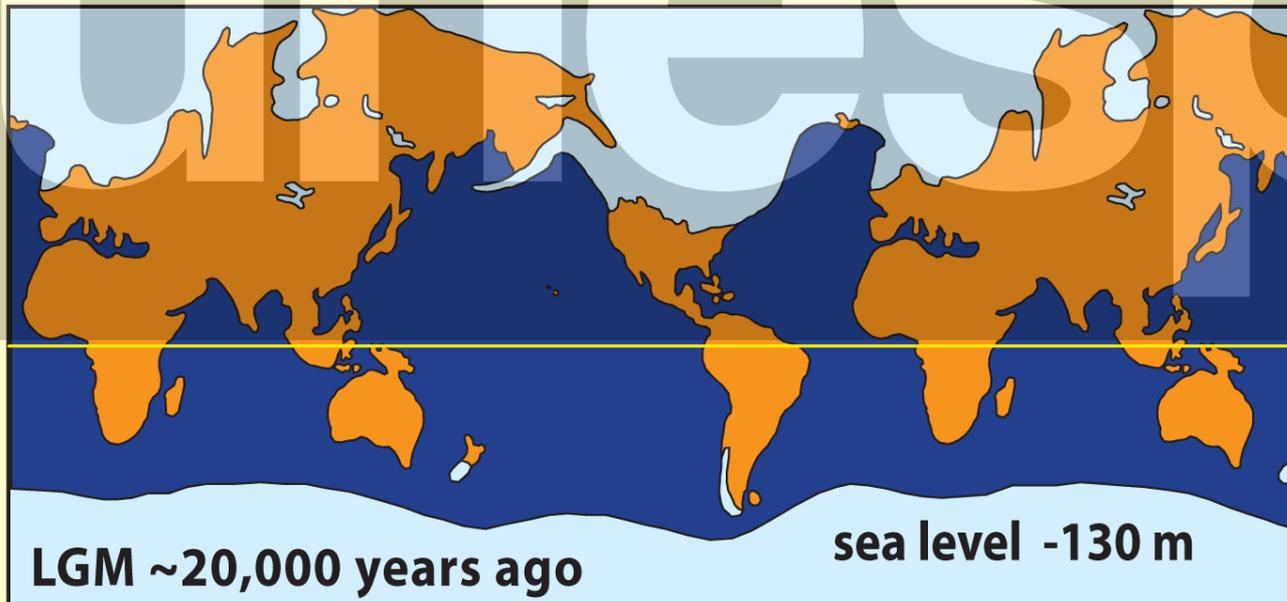
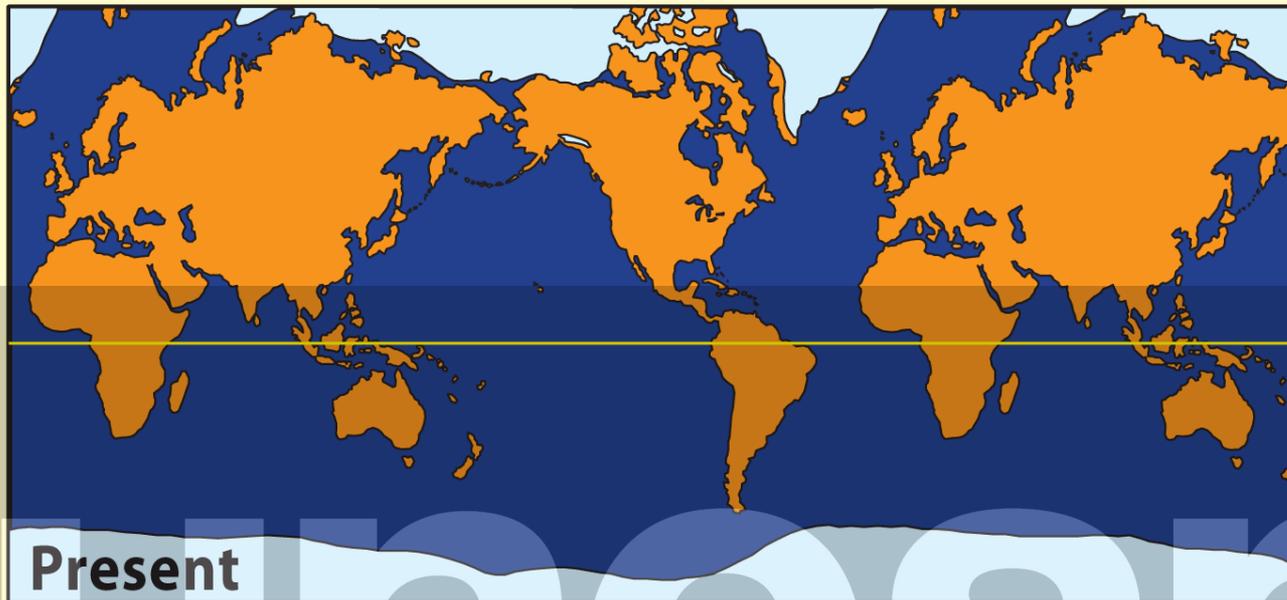




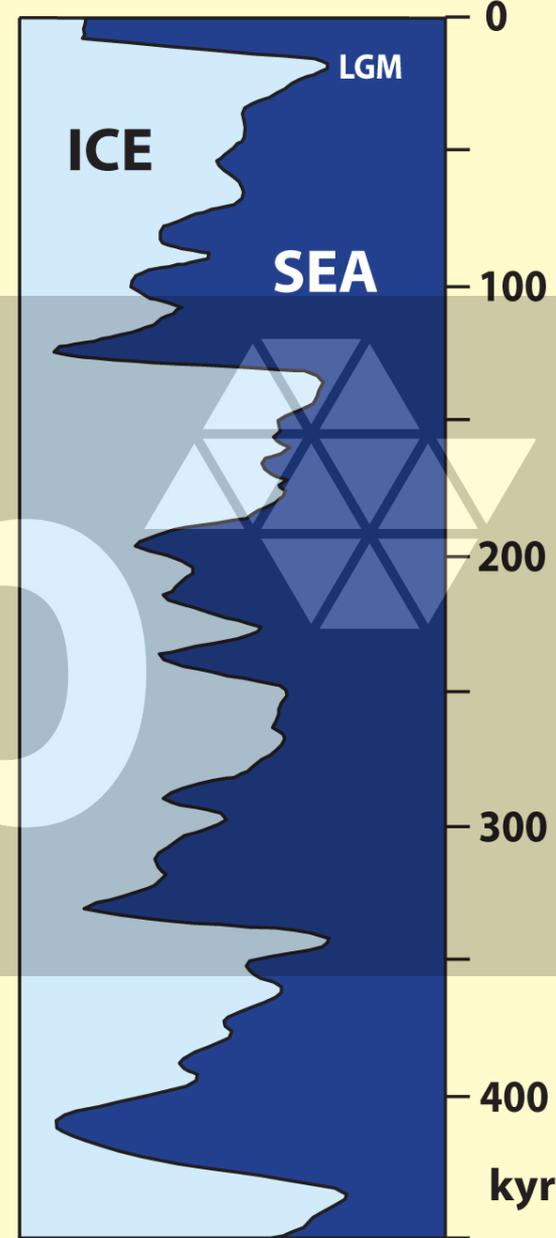
# Períodos recentes de oscilação climática



# Pleistocene ice ages



# benthic foram $\delta^{18}O$



W.S. Broecker (1985) *How to Build a Habitable Planet*.

more ice →

A distribuição dos domínios fitogeográficos sofreu intensas modificações durante os períodos de oscilação climáticas

**Glaciações** = Temperaturas baixas, clima seco, diminuição do nível dos mares

**Interglaciações** = Temperaturas altas, clima úmido, aumento do nível dos mares

### Período Interglacial



**Floresta**

Diminuição da  
temperature e umidade



### Período Glacial



**Campos e  
savanas**

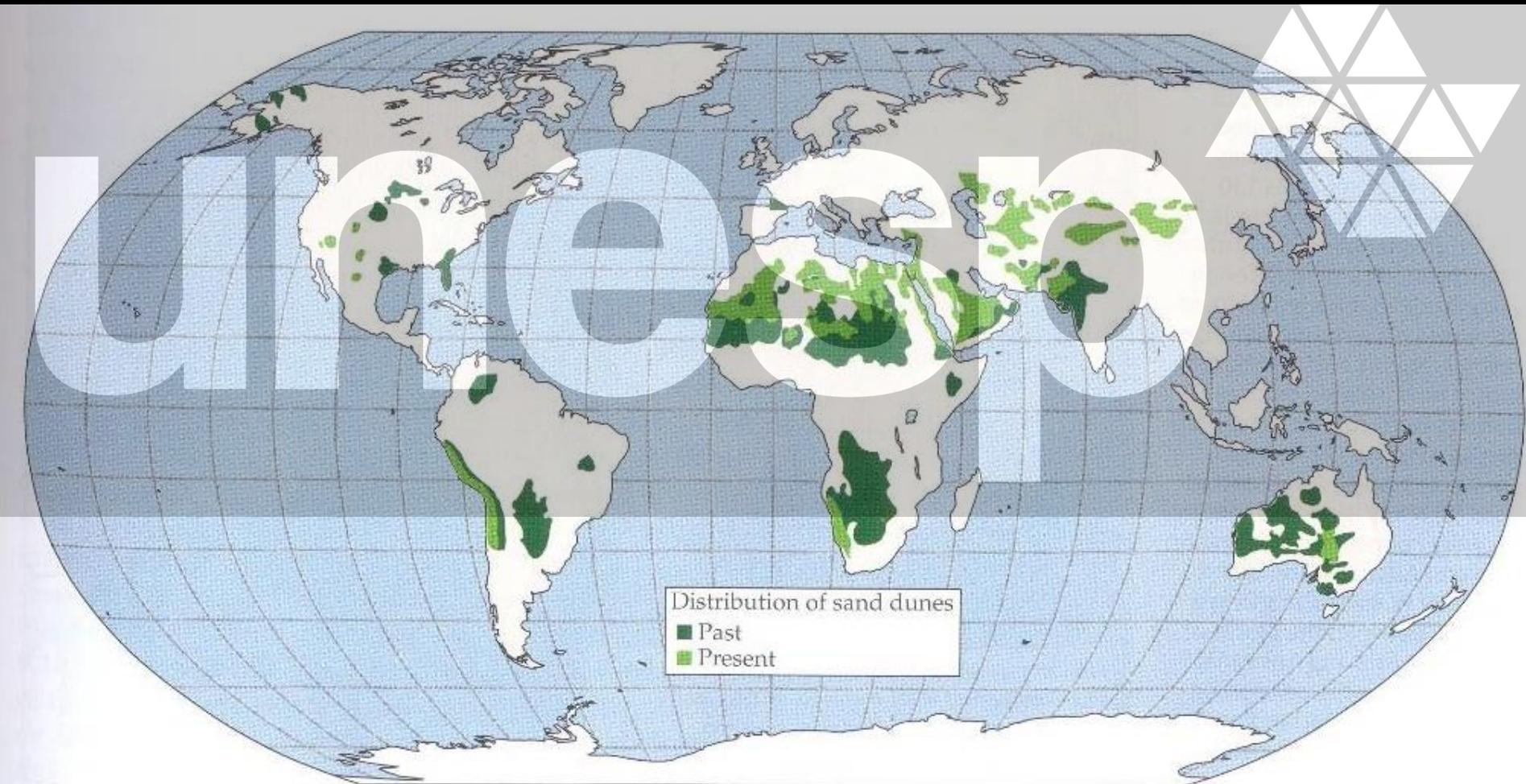
Fragmentação de  
**domínios florestais  
úmidos**

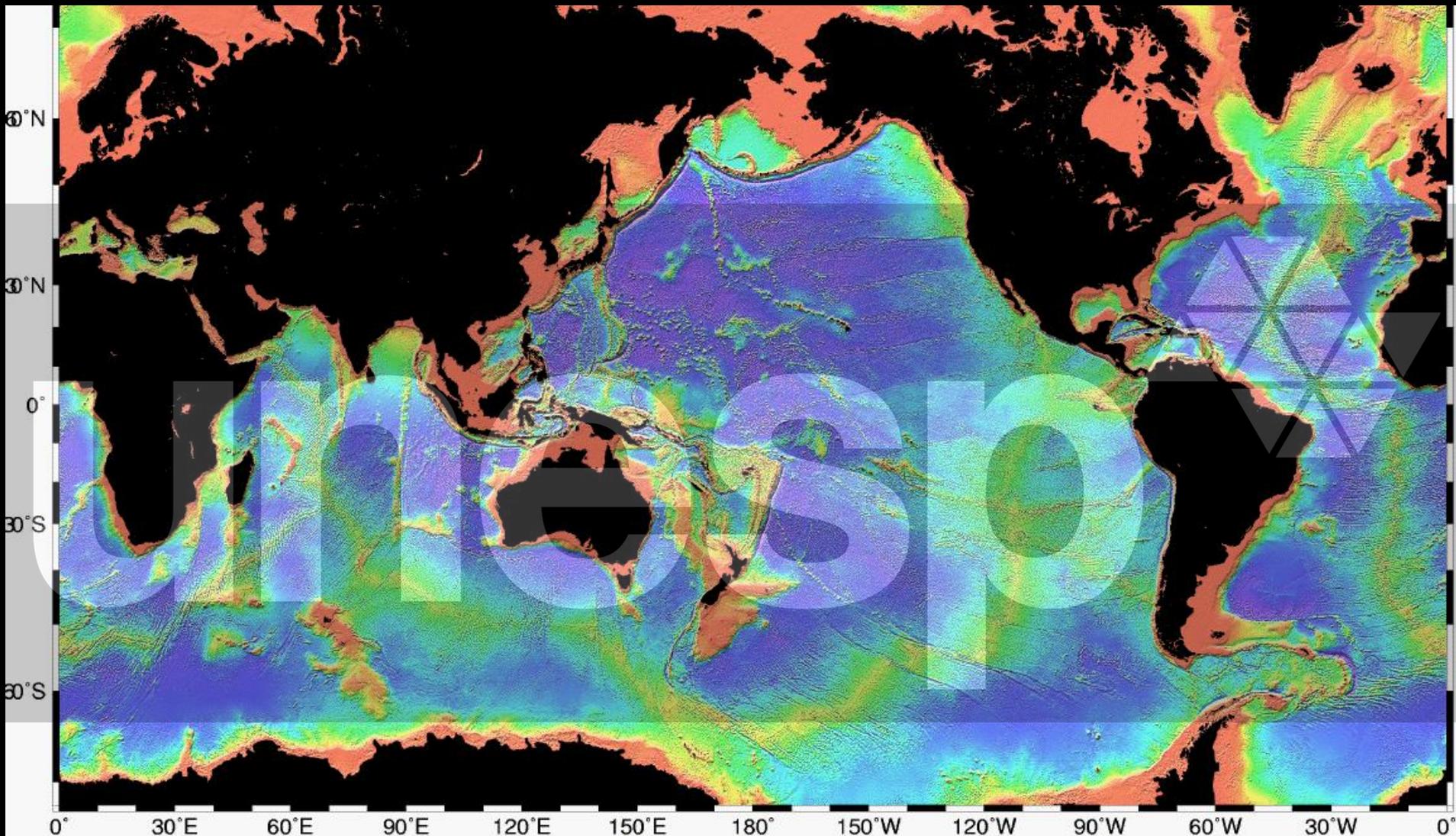
Expansão de **domínios  
campestres e savanas**

A distribuição dos domínios fitogeográficos sofreu intensas modificações durante os períodos de oscilação climáticas

**Glaciações** = Temperaturas baixas, clima seco, diminuição do nível dos mares

**Interglaciações** = Temperaturas altas, clima úmido, aumento do nível dos mares





Walter H. F. Smith and David T. Sandwell, Seafloor Topography Version 4.0, SIO, September 26, 1996

Copyright 1996, Walter H. F. Smith and David T. Sandwell



unesp





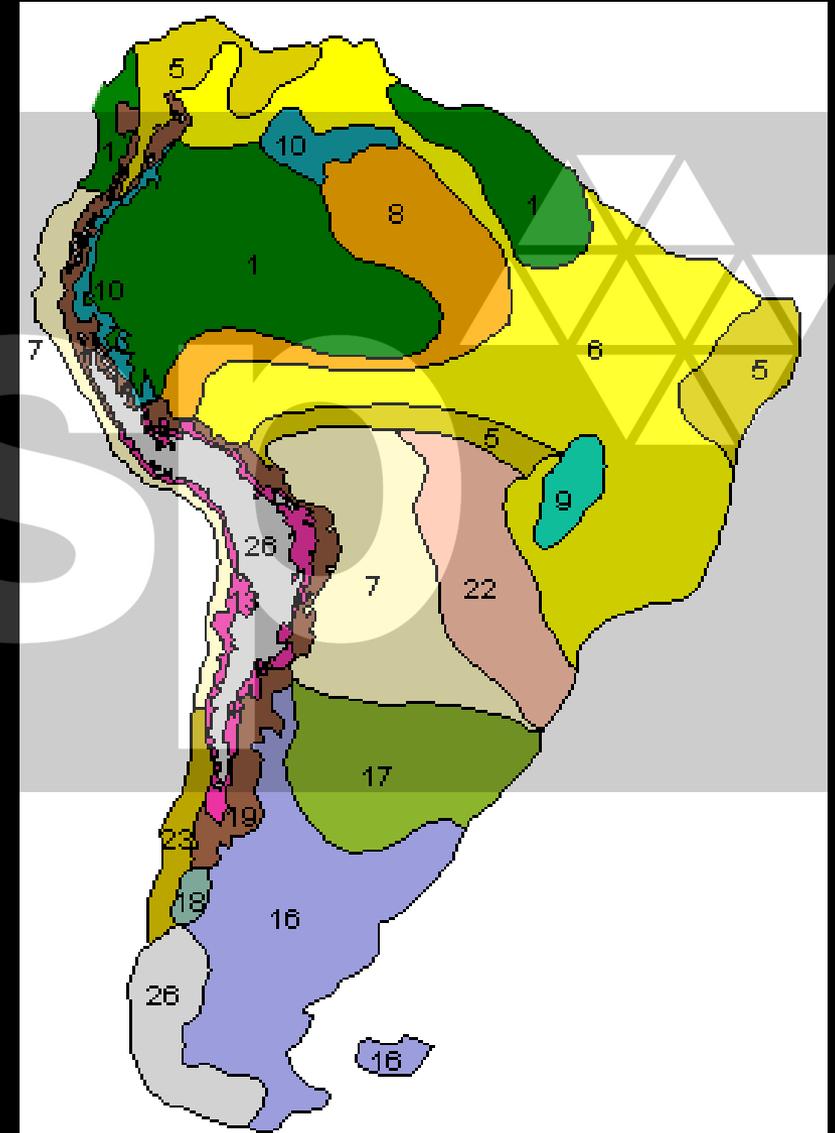
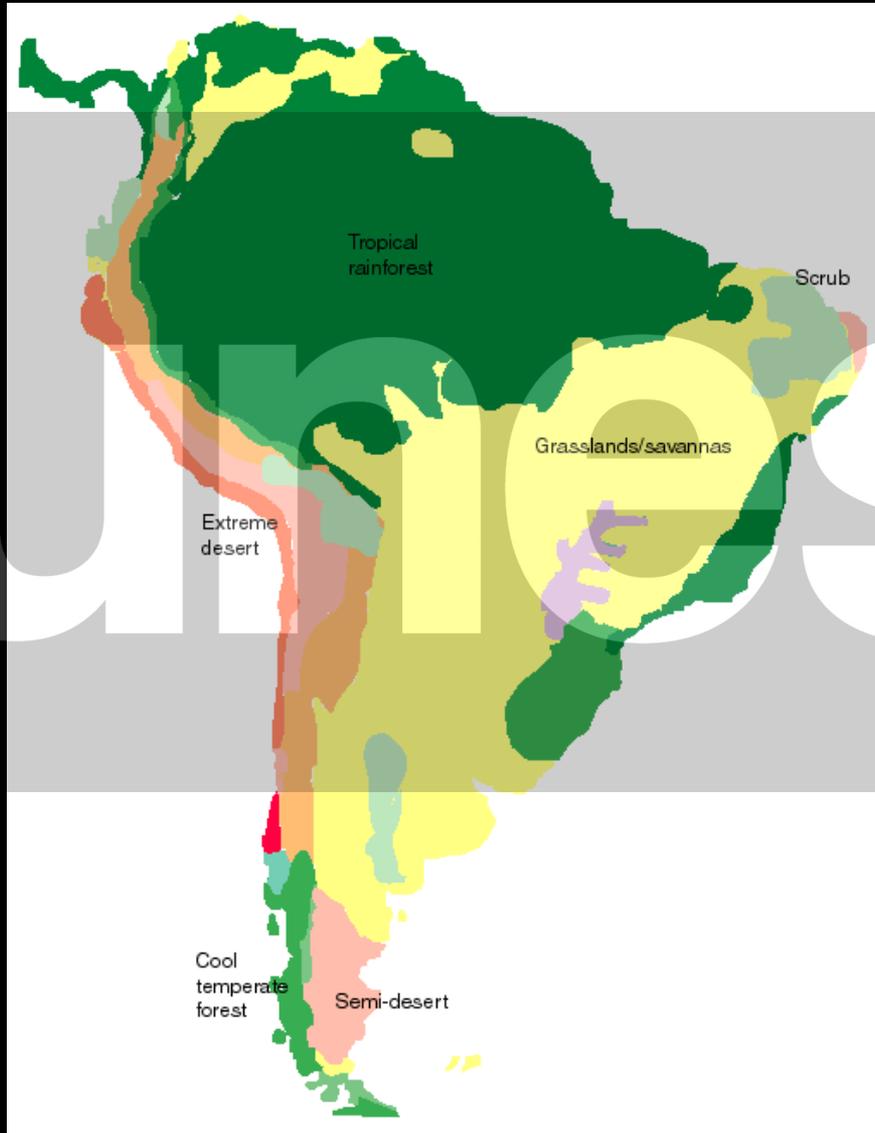
unesco



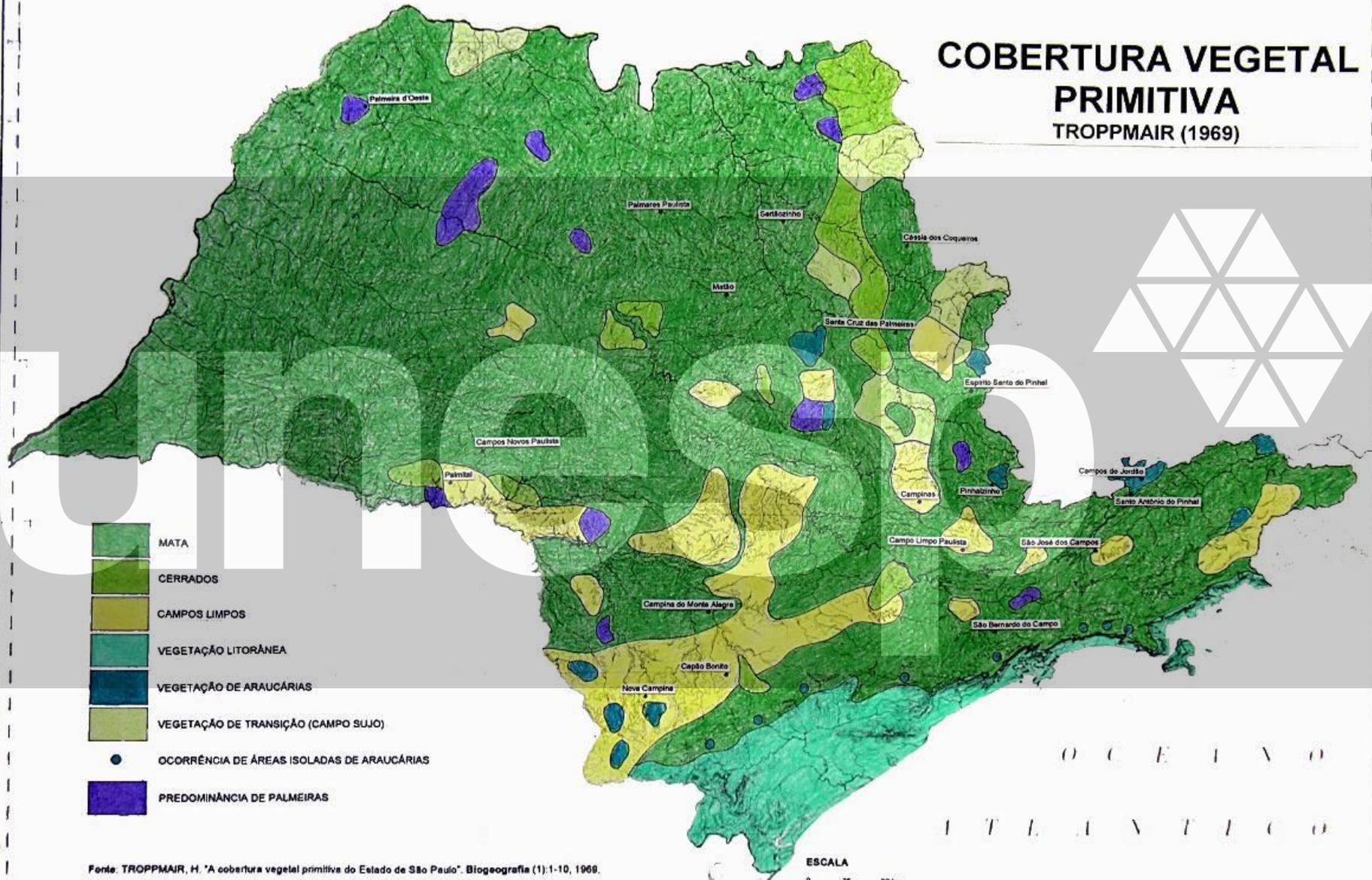
A distribuição dos domínios fitogeográficos sofreu intensas modificações durante os períodos de oscilação climáticas

**Glaciações** = Temperaturas baixas, clima seco, diminuição do nível dos mares

**Interglaciações** = Temperaturas altas, clima úmido, aumento do nível dos mares



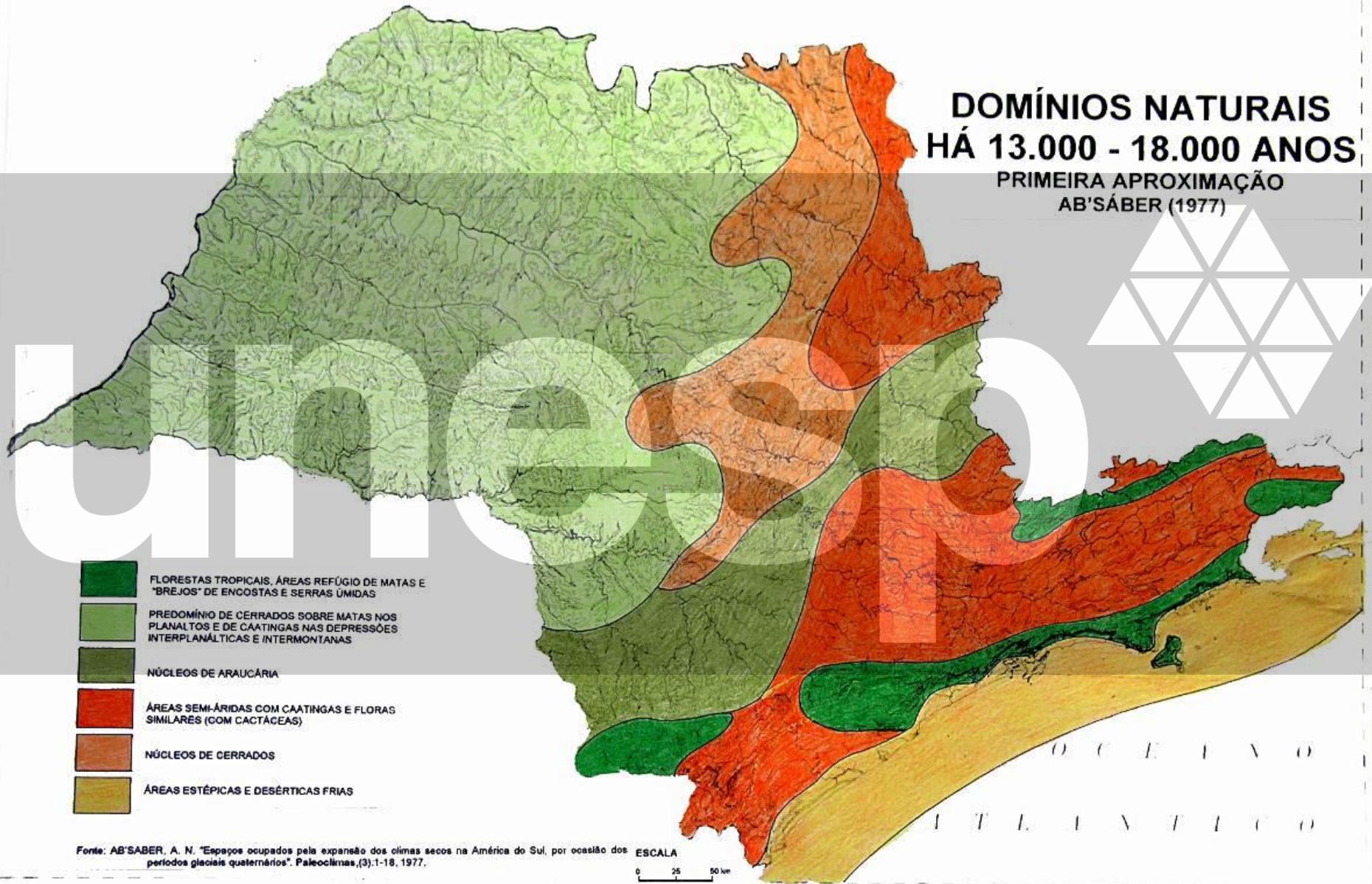
# COBERTURA VEGETAL PRIMITIVA TROPPEMAIR (1969)



Fonte: TROPPEMAIR, H. 'A cobertura vegetal primitiva do Estado de São Paulo'. Biogeografia (1):1-10, 1969.

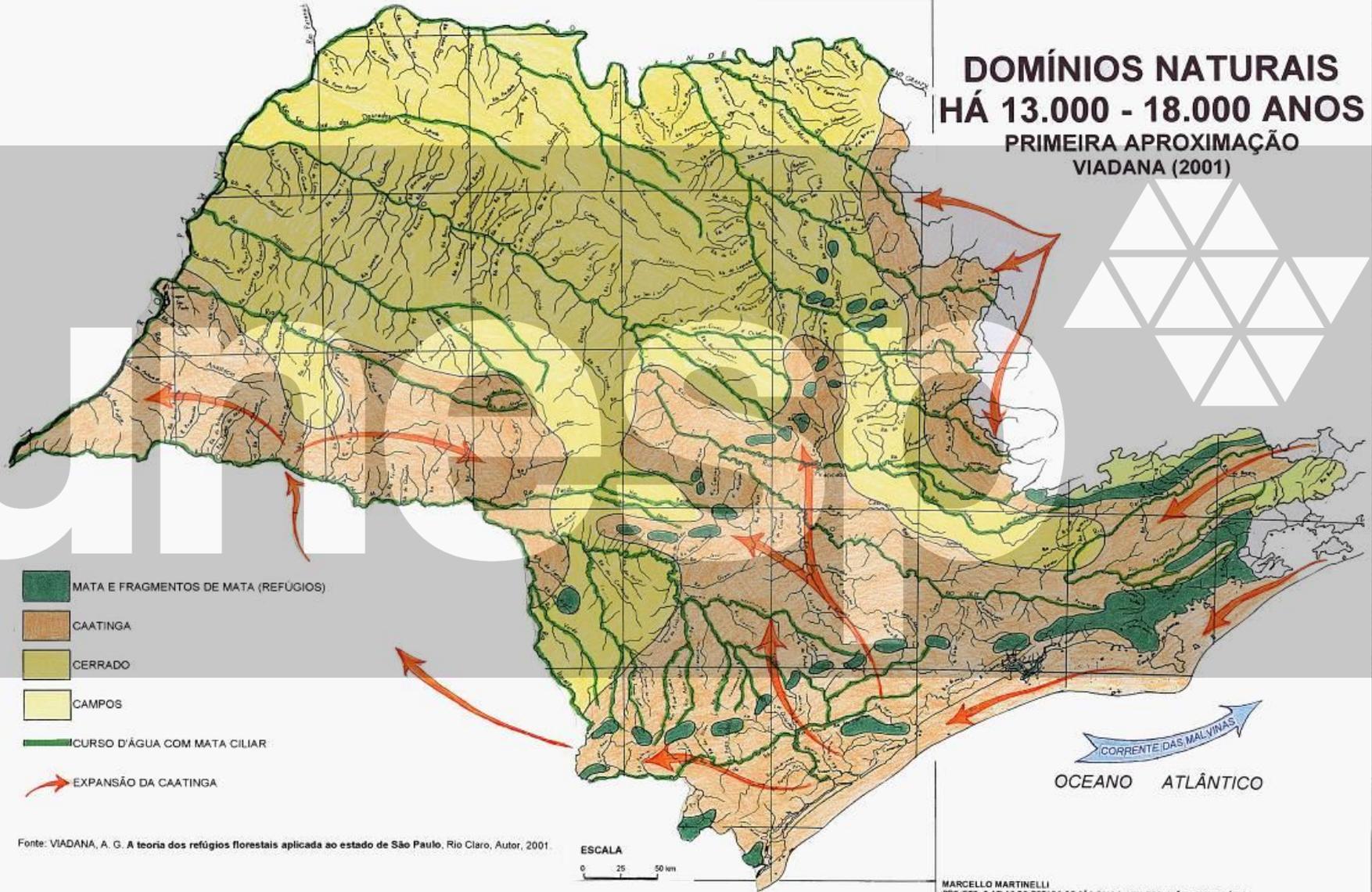
# DOMÍNIOS NATURAIS HÁ 13.000 - 18.000 ANOS

PRIMEIRA APROXIMAÇÃO  
AB'SÁBER (1977)



Fonte: AB'SÁBER, A. N. "Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários". *Paleoclimas*, (3):1-18, 1977.

# DOMÍNIOS NATURAIS HÁ 13.000 - 18.000 ANOS PRIMEIRA APROXIMAÇÃO VIADANA (2001)



-  MATA E FRAGMENTOS DE MATA (REFÚGIOS)
-  CAATINGA
-  CERRADO
-  CAMPOS
-  CURSO D'ÁGUA COM MATA CILIAR
-  EXPANSÃO DA CAATINGA

Fonte: VIADANA, A. G. A teoria dos refúgios florestais aplicada ao estado de São Paulo, Rio Claro, Autor, 2001.

ESCALA  
0 25 50 km

Interglaciações = Temperaturas altas, clima úmido, aumento do nível dos mares

unesp



**Glaciações** = Temperaturas baixas, clima seco, diminuição do nível dos mares



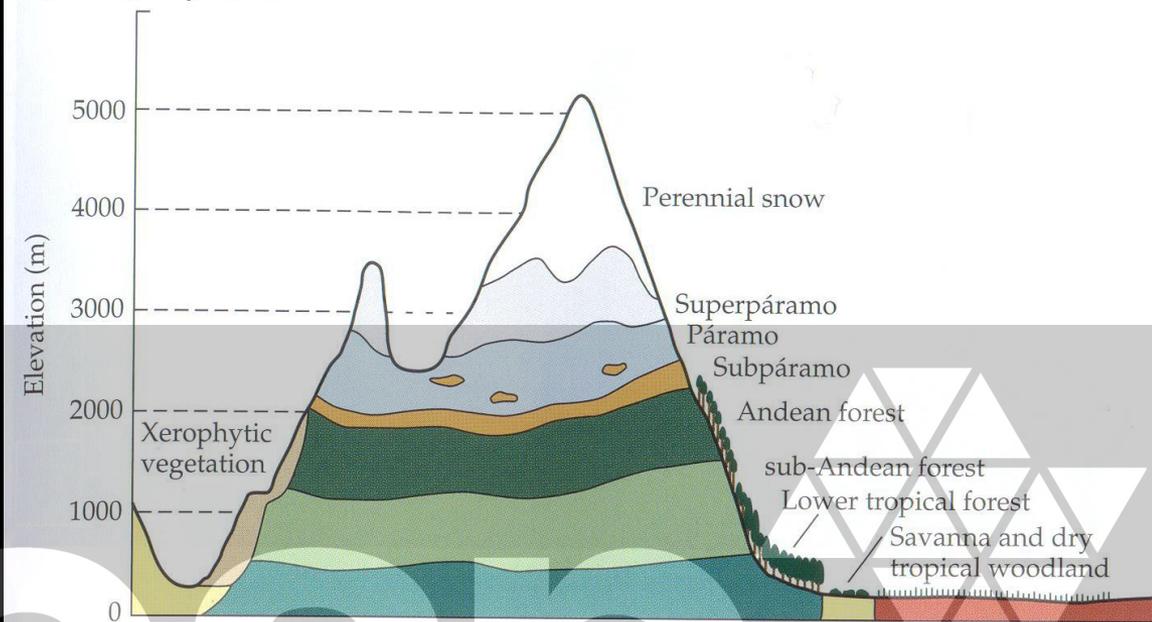
A distribuição dos domínios fitogeográficos sofreu intensas modificações durante os períodos de oscilação climáticas

Deslocamentos altitudinais

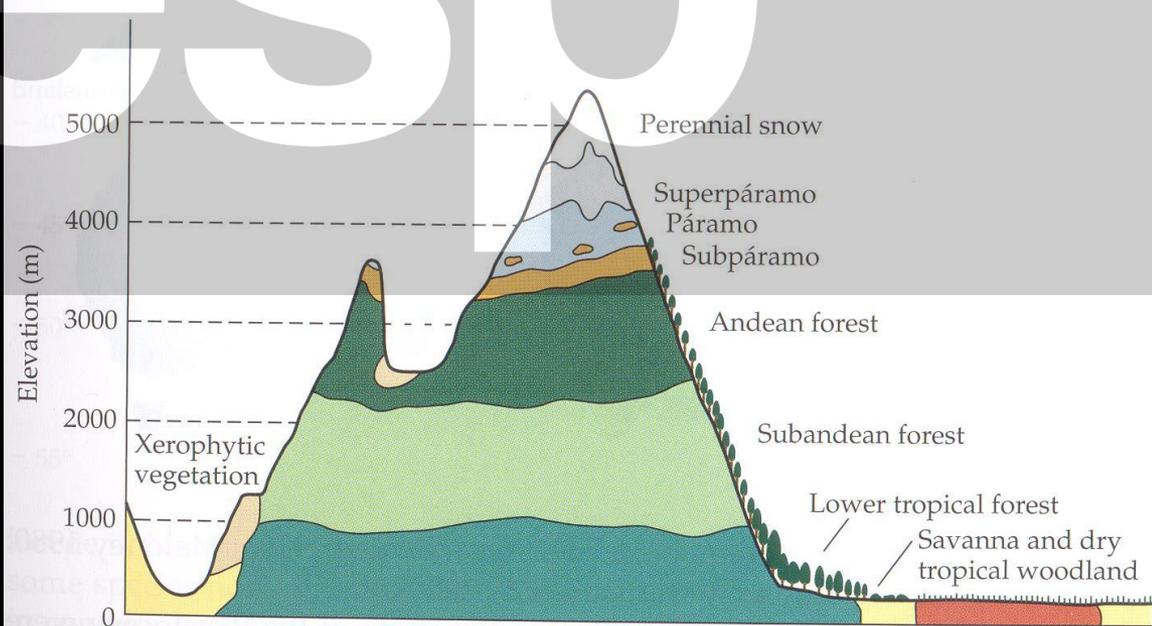
Períodos glaciais:

- Maior conexão entre comunidades vegetais de altitude elevada
- Mistura de comunidades que antes ocupavam altitudes diferentes

14,000–20,000 years BP

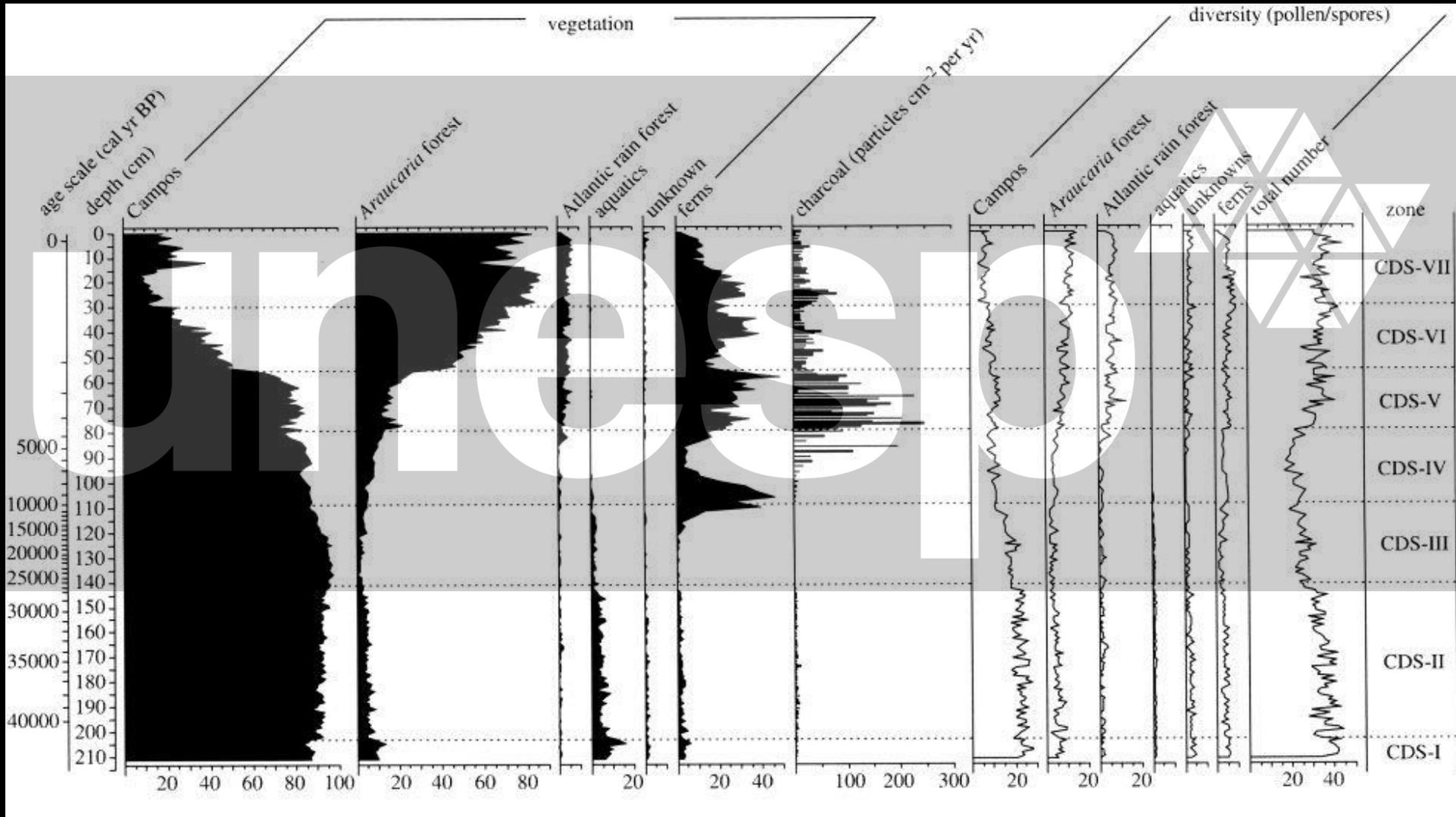


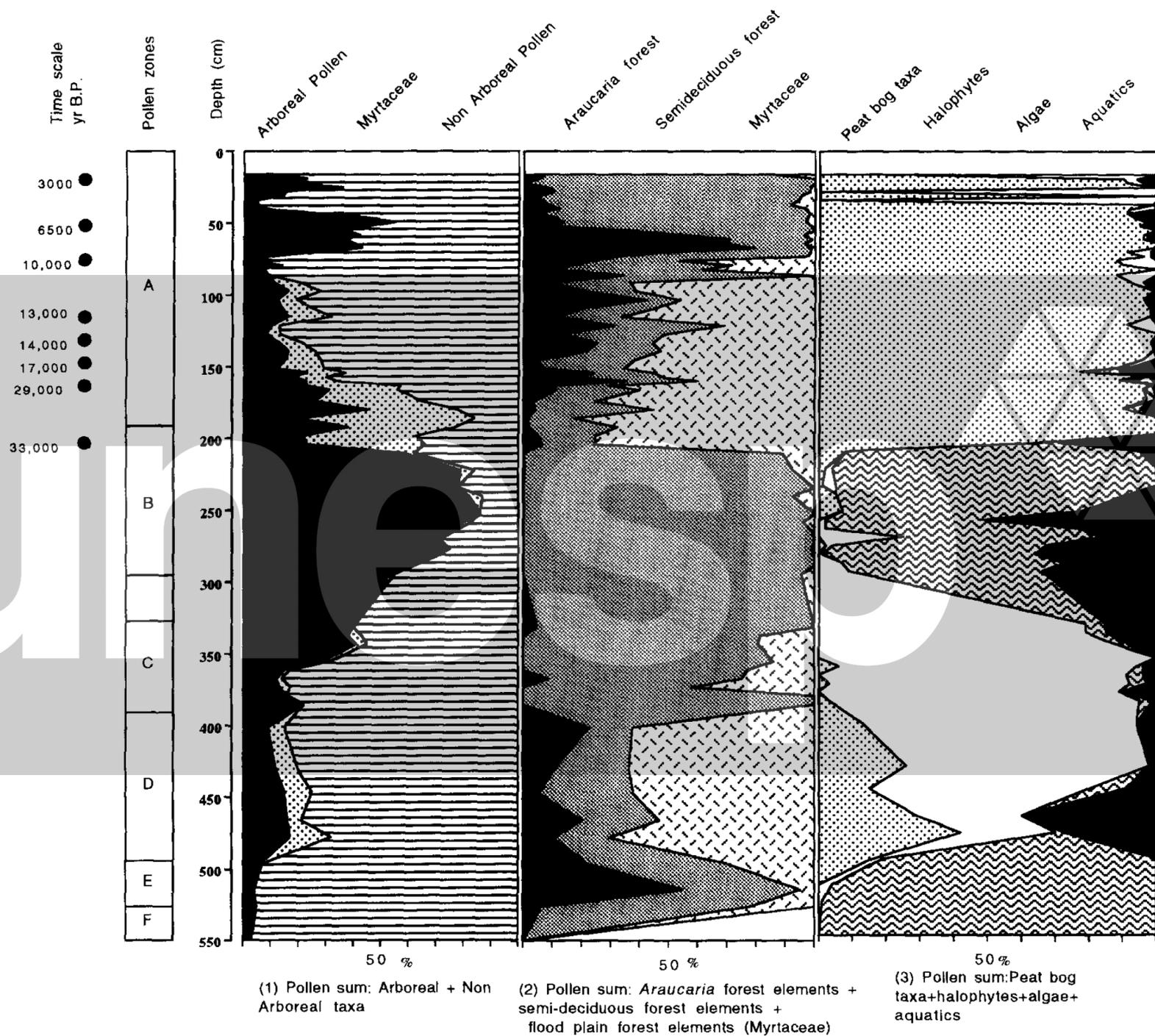
Present



Estudos de pólen fóssil auxiliam o entendimento das modificações da cobertura vegetal ao longo de períodos de oscilação climática

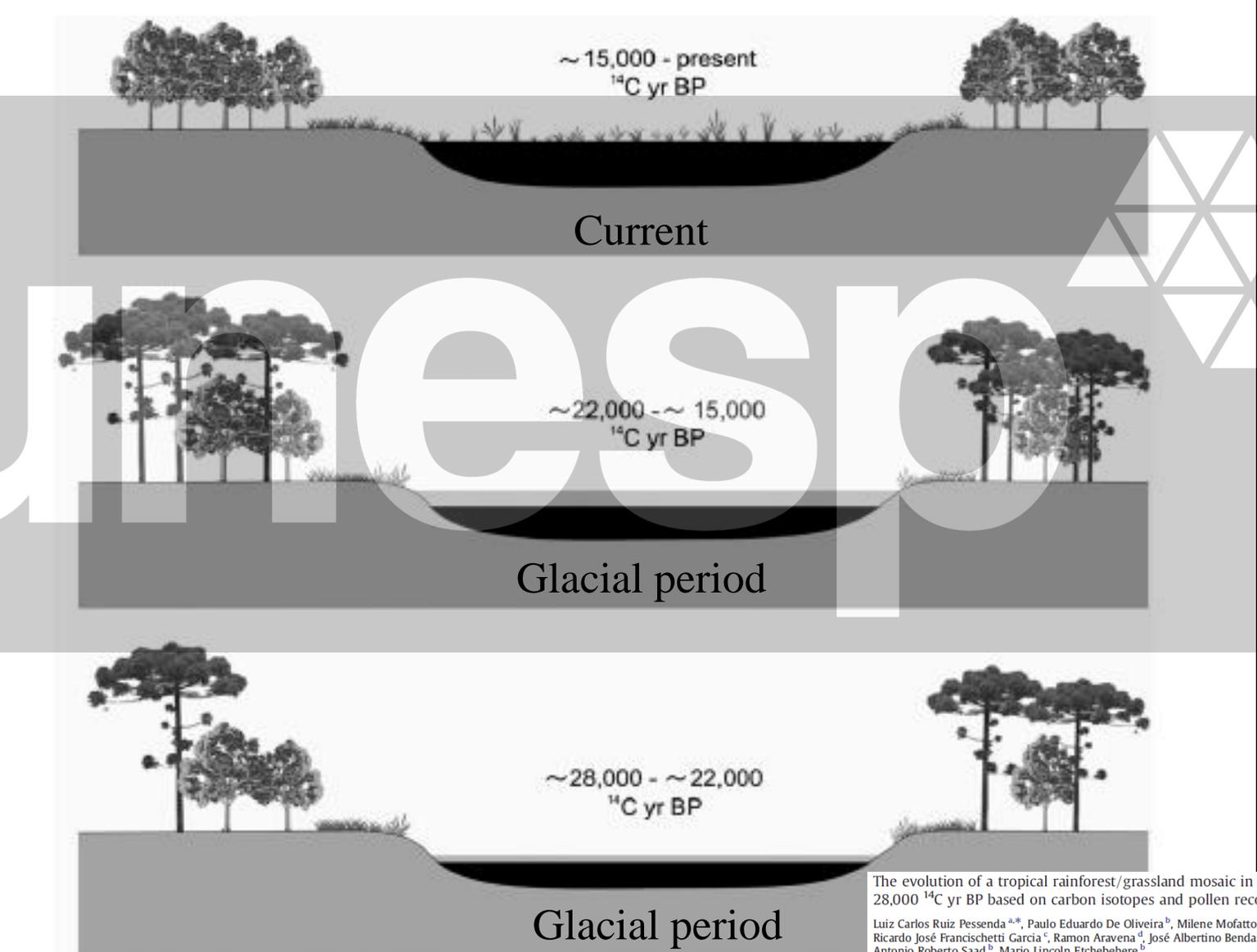
Reconstrução de paleovegetações: inferência dos tipos de vegetação que existiram em um determinado local, num determinado período





# Evidence of vegetation changes came from different lines of evidence

## Paleovegetation reconstruction by pollen fossil analysis

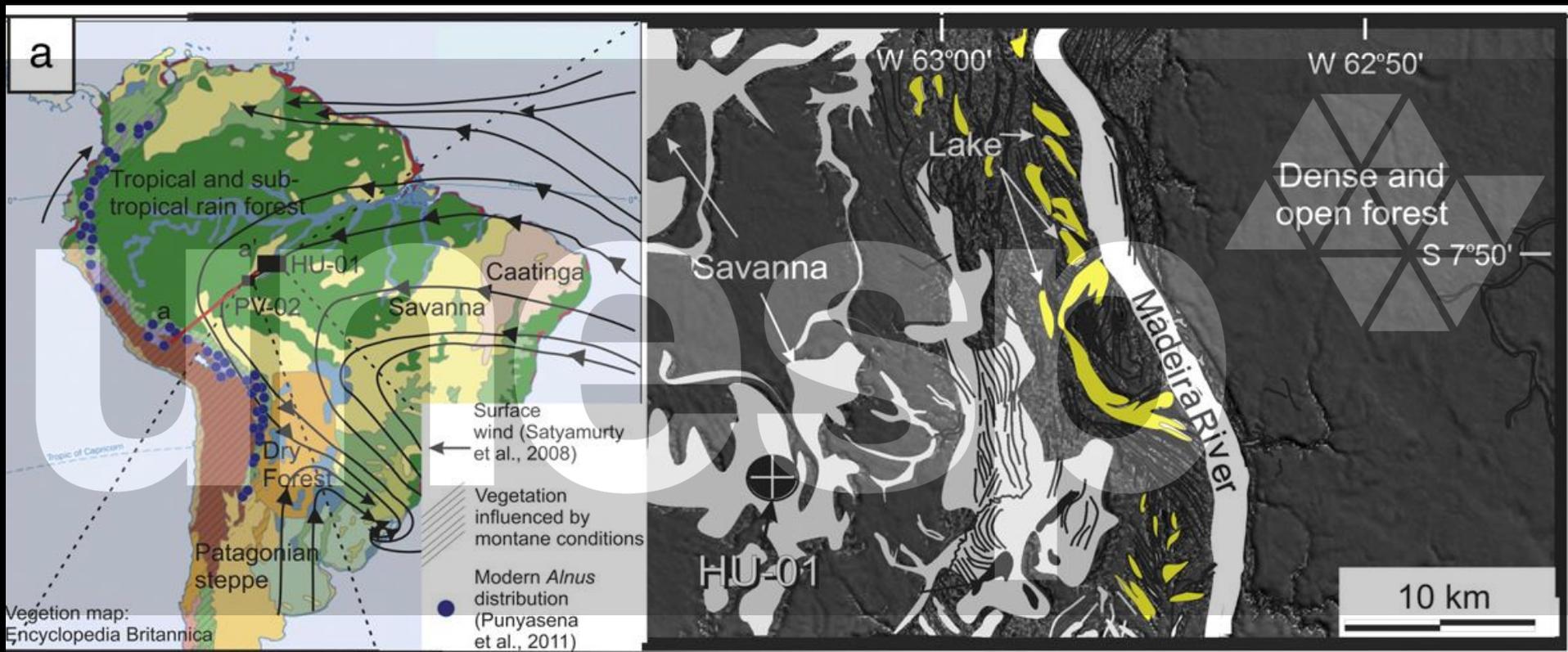


The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 <sup>14</sup>C yr BP based on carbon isotopes and pollen records

Luiz Carlos Ruiz Pessenda<sup>a,\*</sup>, Paulo Eduardo De Oliveira<sup>b</sup>, Milene Mofatto<sup>a</sup>, Vanda Brito de Medeiros<sup>a,b</sup>, Ricardo José Francischetti Garcia<sup>c</sup>, Ramon Aravena<sup>d</sup>, José Albertino Bendassoli<sup>a</sup>, Acácio Zuniga Leite<sup>a</sup>, Antonio Roberto Saad<sup>b</sup>, Mario Lincoln Etchebehere<sup>b</sup>

Estudos de pólen fóssil auxiliam o entendimento das modificações da cobertura vegetal ao longo de períodos de oscilação climática

Reconstrução de paleovegetações: inferência dos tipos de vegetação que existiram em um determinado local, num determinado período



Contents lists available at ScienceDirect

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/palaeo](http://www.elsevier.com/locate/palaeo)



Late Pleistocene glacial forest of Humaitá—Western Amazonia

M.C.L. Cohen <sup>a,b,\*</sup>, D.F. Rossetti <sup>c</sup>, L.C.R. Pessenda <sup>d</sup>, Y.S. Friaes <sup>a</sup>, P.E. Oliveira <sup>e</sup>

Espécies adaptadas à climas frios andinos

*Alnus*, *Hedyosmum*, *Weinmannia*,  
*Podocarpus*, *Ilex*, *Drymis*

42,600 – 35,200 yr B.P.



*Weinmannia*



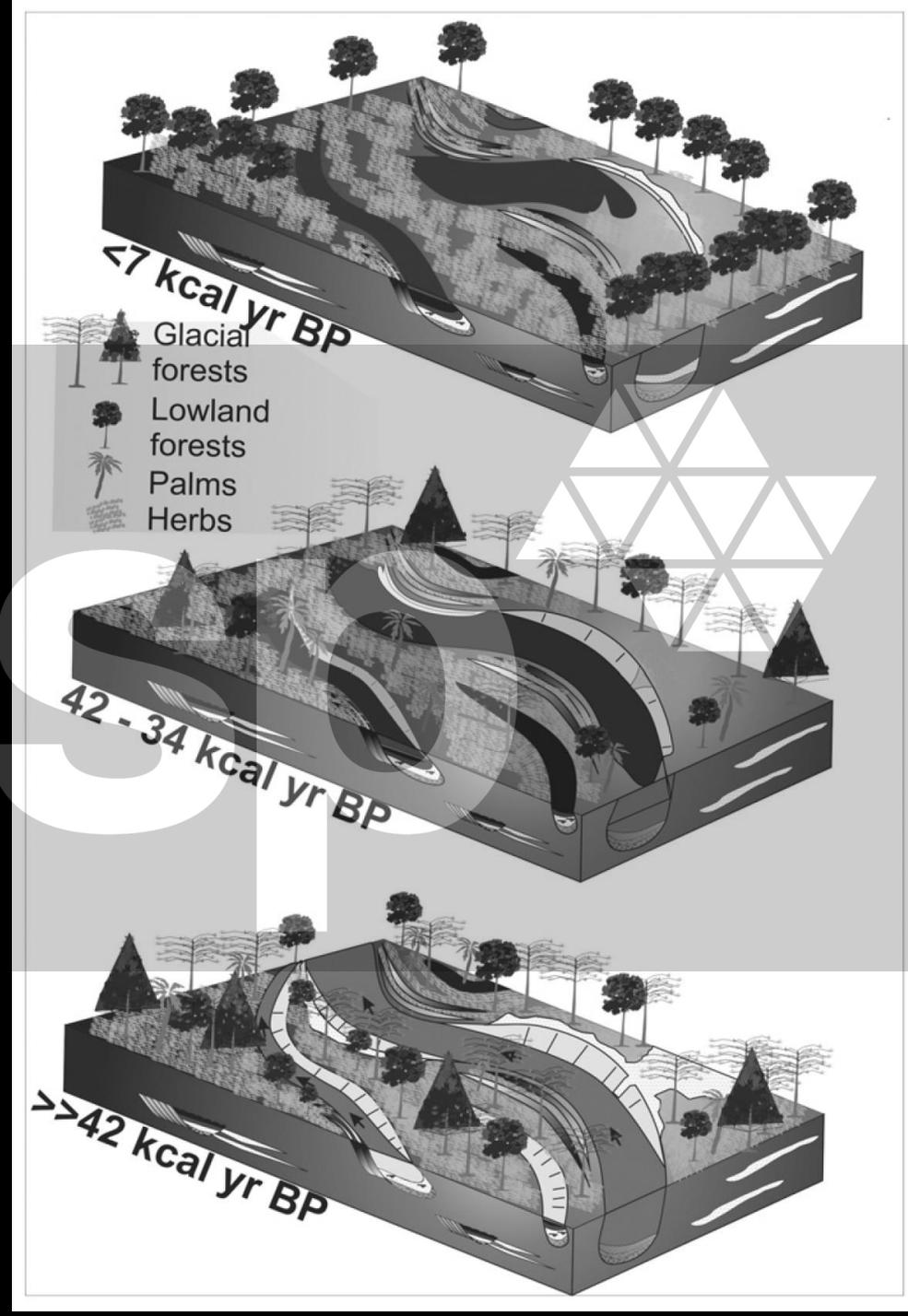
*Podocarpus*



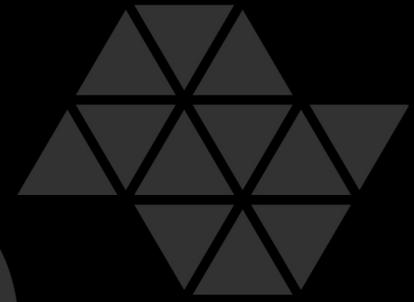
*Alnus*



*Drymis*

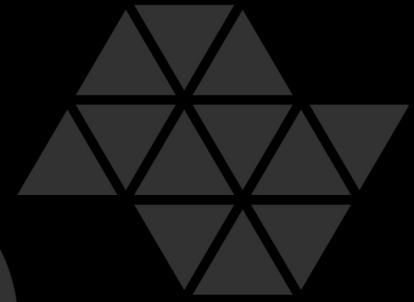


Períodos glaciais/interglaciais  
causam deslocamentos latitudinais  
dos domínios fitogeográficos



Distribuição atual de florestas

Períodos glaciais/interglaciais  
causam deslocamentos latitudinais  
dos domínios fitogeográficos

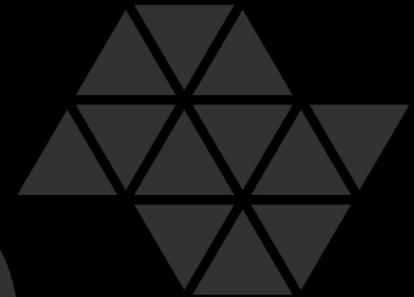


Distribuição da Floresta Atlântica  
durante último período glacial

Períodos glaciais/interglaciais causam deslocamentos altitudinais dos domínios fitogeográficos



Distribuição atual de florestas de planície e florestas de altitude



Períodos glaciais/interglaciais causam deslocamentos altitudinais dos domínios fitogeográficos

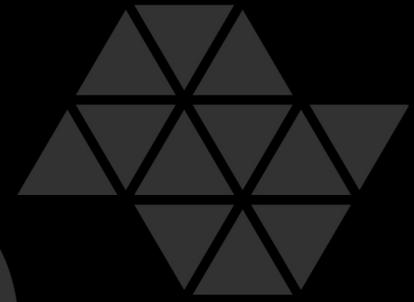
Distribuição de espécies florestais de diferentes altitudes durante o último período glacial

Deslocamento de espécies de altitudes mais elevadas

Mistura de espécies nas altitudes mais baixas

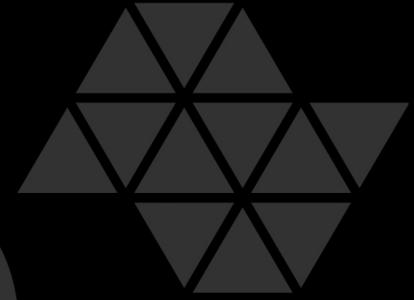


Períodos glaciais/interglaciais  
causam deslocamentos latitudinais  
dos domínios fitogeográficos



Distribuição atual dos domínios  
campestres (Pampas)

Períodos glaciais/interglaciais  
causam deslocamentos latitudinais  
dos domínios fitogeográficos



Distribuição dos domínios  
campestres durante o último  
período glacial (Pampas)

Expansão em direção norte

Tanto no interior do continente  
como ao longo do litoral



Períodos glaciais/interglaciais causam deslocamentos altitudinais dos domínios fitogeográficos

Distribuição atual das comunidades campestres de altitude (Campos de Altitude)



Períodos glaciais/interglaciais causam deslocamentos altitudinais dos domínios fitogeográficos

Distribuição das comunidades campestres de altitude (Campos de Altitude) durante o último período glacial

Deslocamento das comunidades para altitudes mais baixas

Maior conexão entre populações que antes cresciam em montanhas distintas



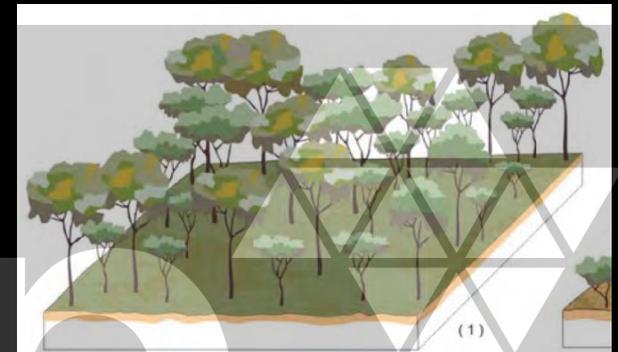
# Períodos glaciais/interglaciais causam deslocamentos dos domínios fitogeográficos

## Extinção da megafauna sul-americana

Impacto sobre a distribuição da vegetação em todo o continente

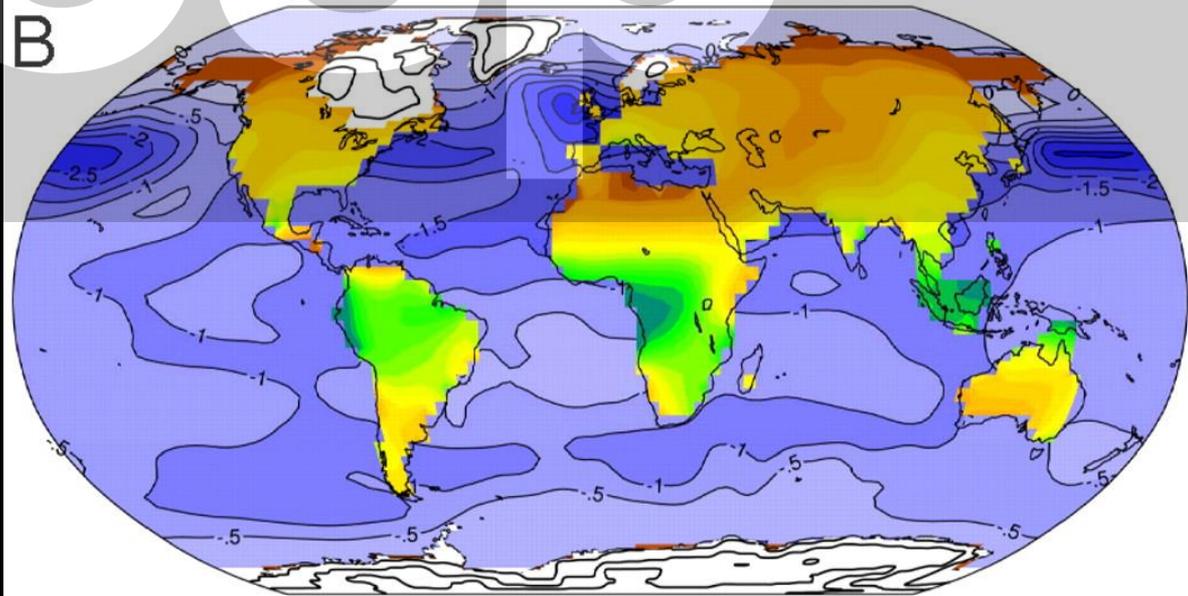
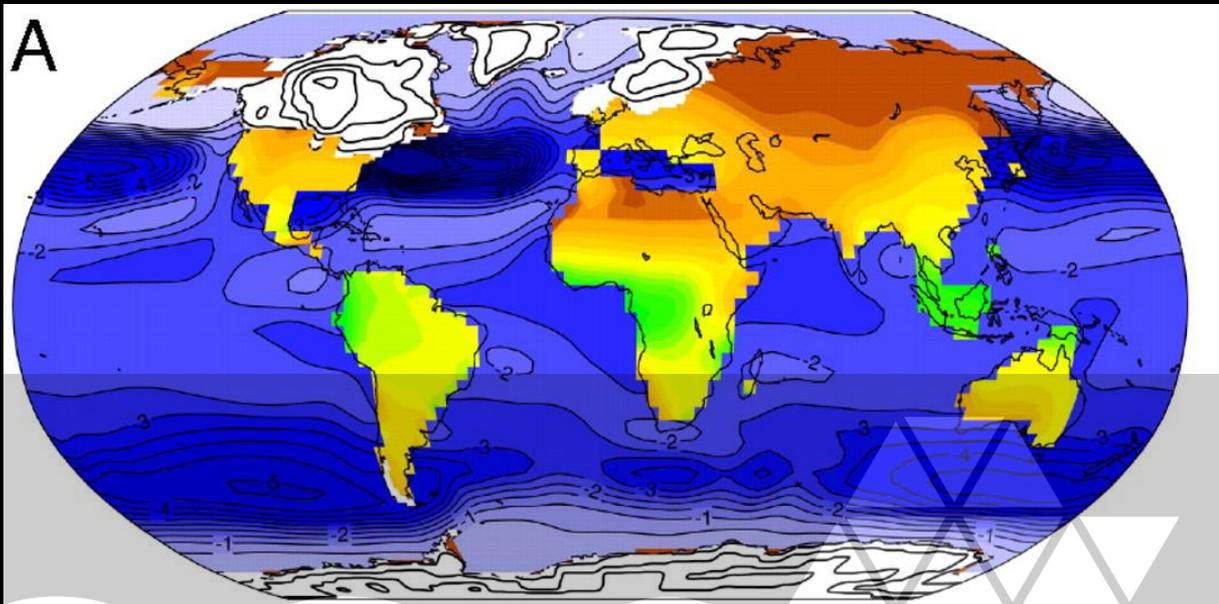
Consumo de vegetais pelas grandes espécies herbívoras

Restrição da ocorrência de florestas fechadas



Modelagem da distribuição de espécies e comunidades de plantas (Modelagem de nicho)

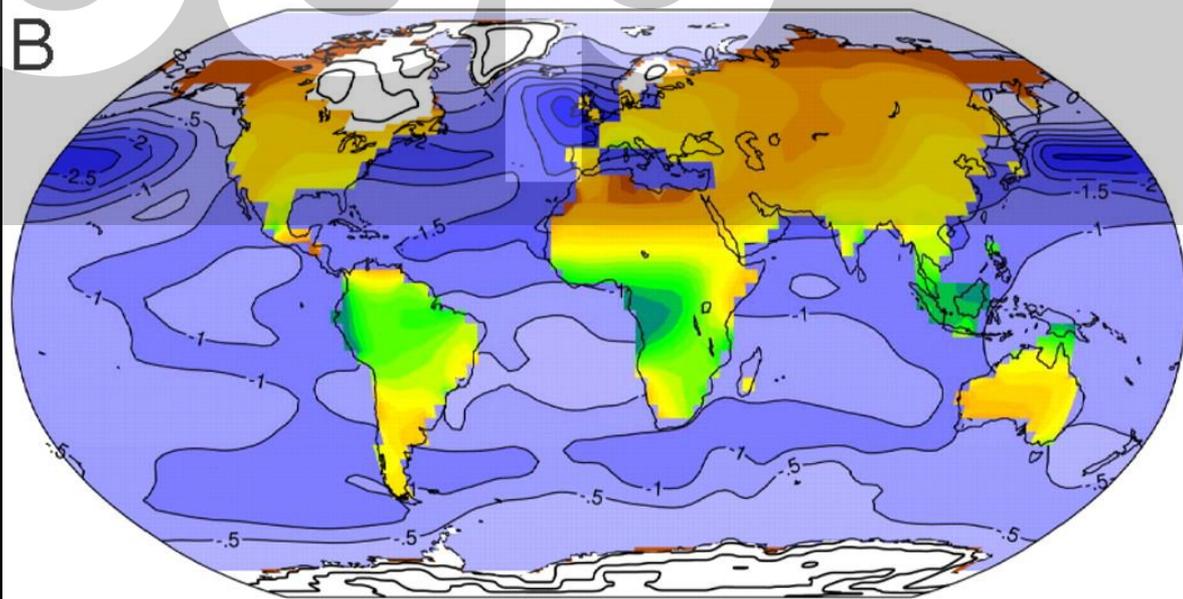
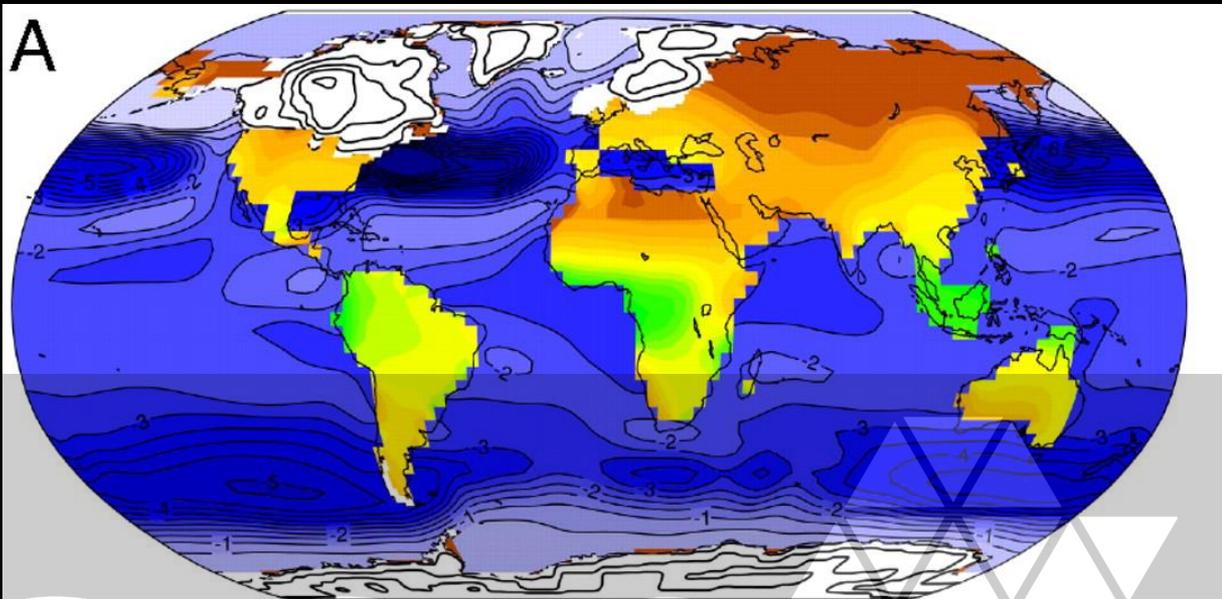
Ferramenta importante para inferir a distribuição de comunidades vegetais no passado



Último Período  
Glacial

Condições climáticas  
do passado são  
conhecidas

Presente



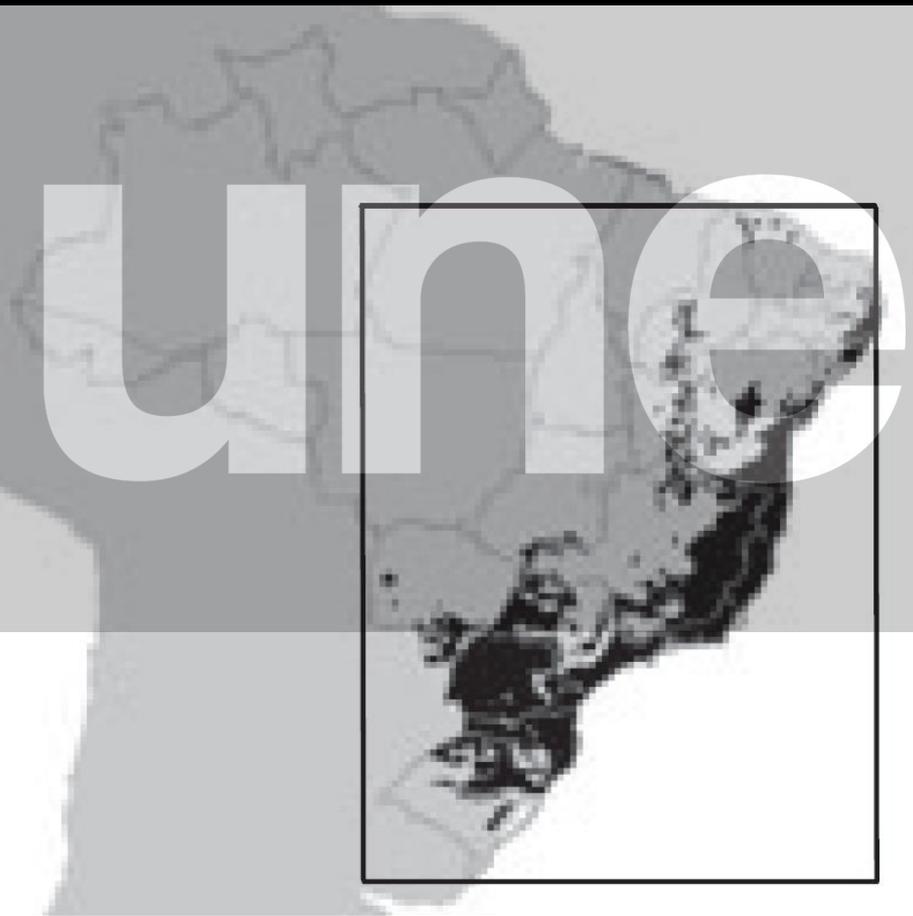
# Floresta Atlântica

1. Distribuição no presente é conhecida
2. Condições climáticas do presente são conhecidas
3. Condições climáticas do passado são conhecidas



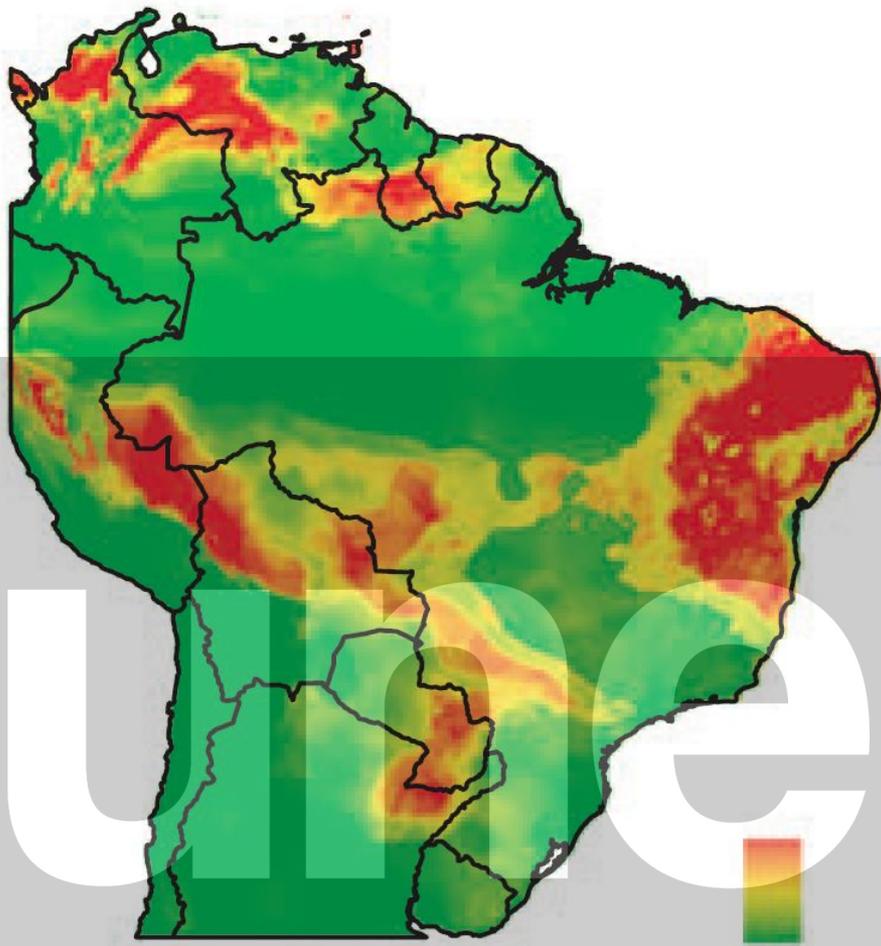
**Distribuição no passado é inferida**  
**através de modelos**

**Distribuição atual da  
Floresta Atlântica**

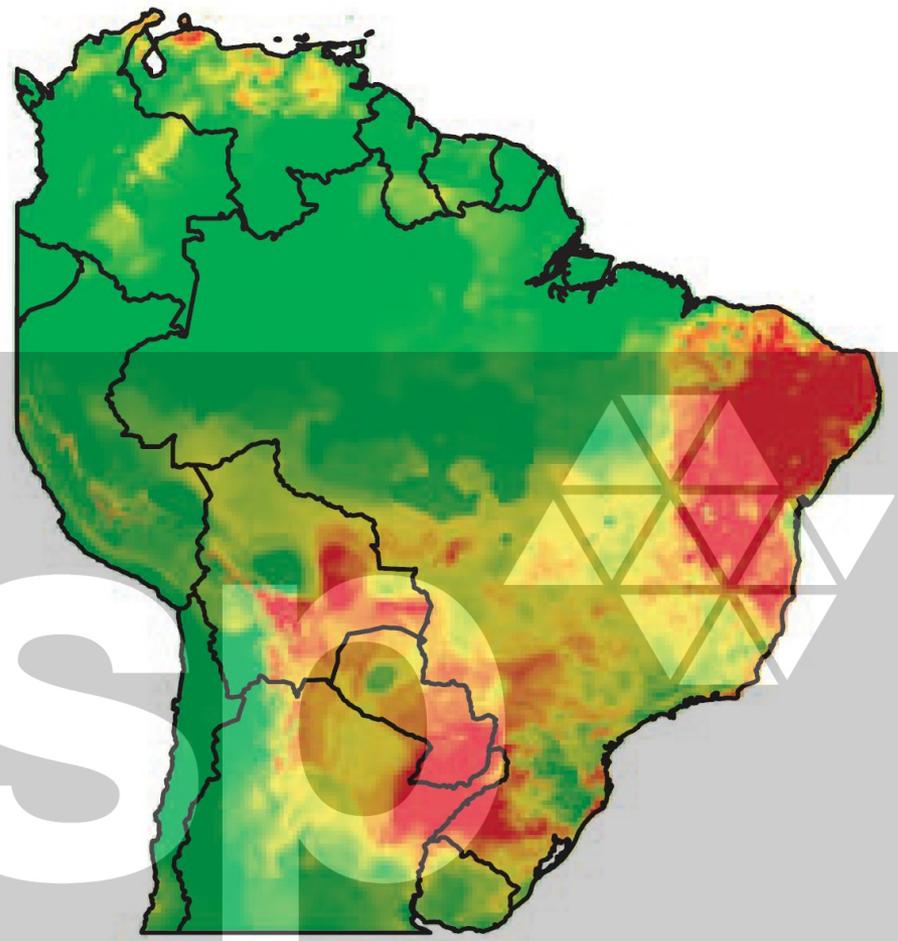


**Distribuição da Floresta  
Atlântica durante o  
último período glacial**





Último período glacial



Presente

Expansão e fragmentação de comunidades vegetais abertas ocorreu de maneira distinta ao longo de diferentes latitudes (Norte – Sul)

Jürgen Haffer  
1932 – 2010



Ornitólogo (Geólogo)

Trabalhou em empresas de petróleo

Nas horas vagas estudava a evolução da  
fauna Neotropical

Propôs a Teoria dos Refúgios para explicar  
a diversificação de espécies  
Neotropicais

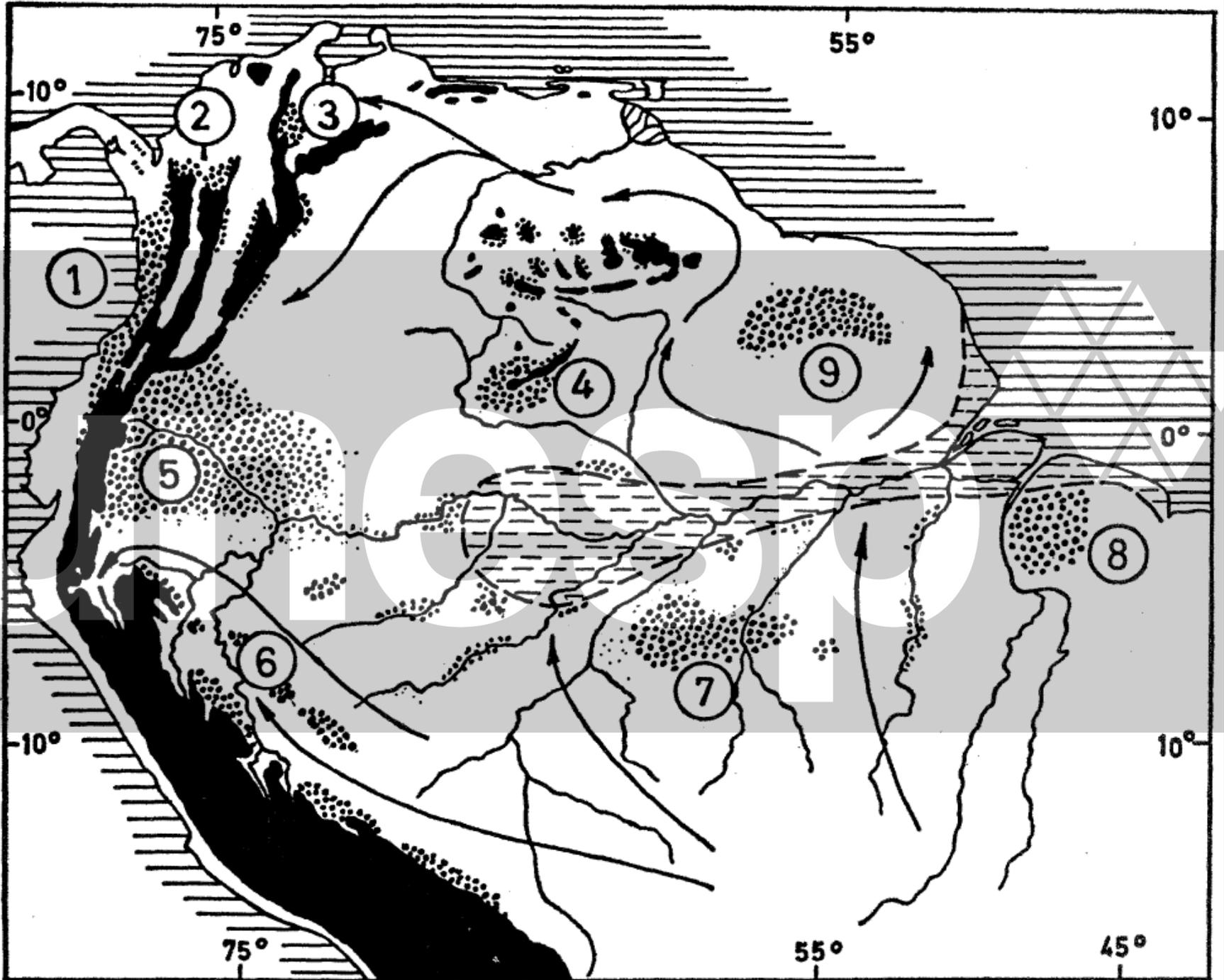


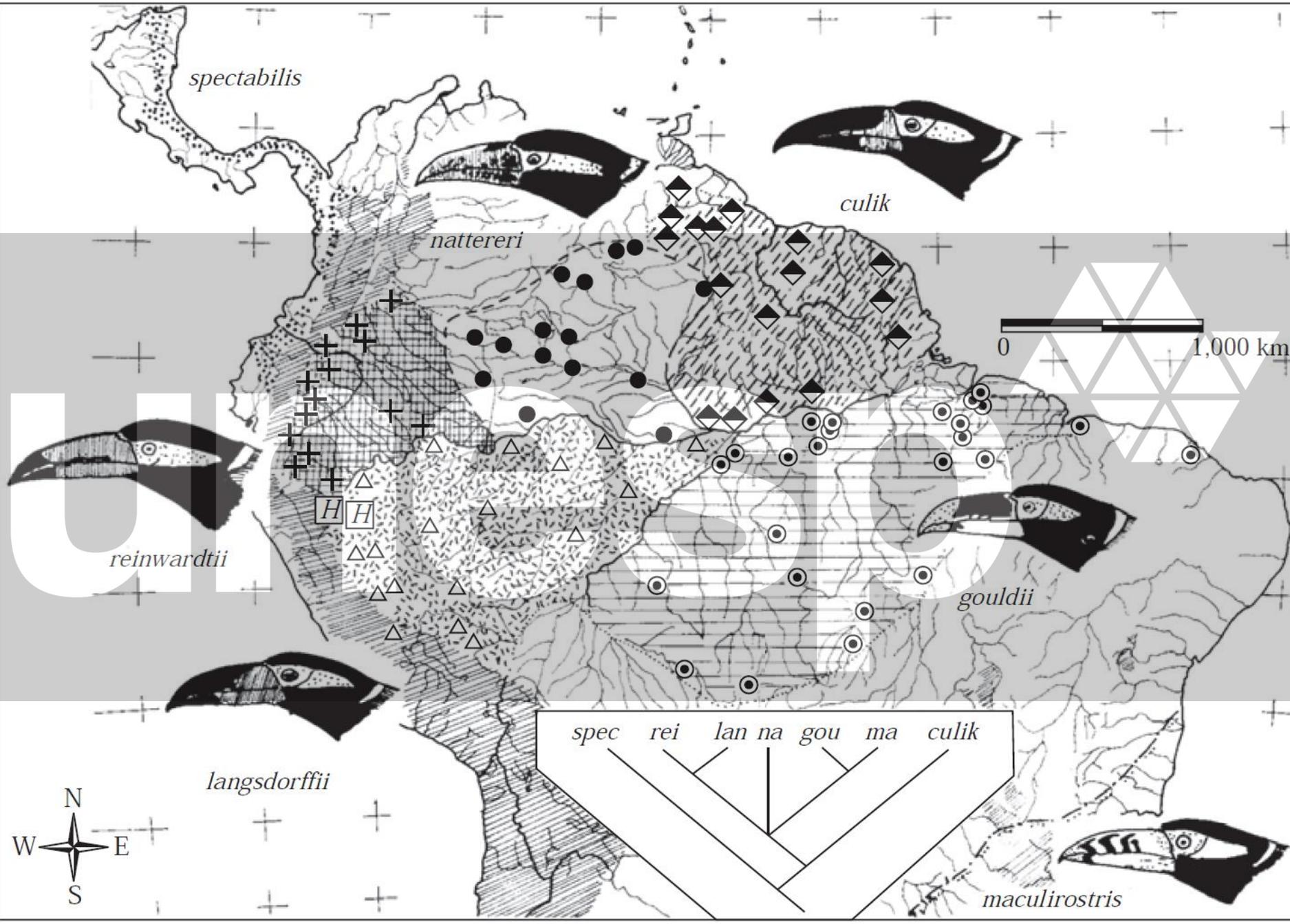
## Speciation in Amazonian Forest Birds

Most species probably originated in forest refuges during dry climatic periods.

Jürgen Haffer

the Quaternary, arid climatic conditions repeatedly prevailed over large parts of Amazonia. During these periods dense forests probably survived in a number of rather small, humid pockets (7). Palynological studies in northern South America (8) also revealed repeated vegetational changes over large areas during the Pleistocene and post-Pleistocene. The absolute ages of the various humid and arid climatic phases, in particular the age of the last severe arid period, are not yet known. Moreover, correlation of the warm-dry and cool-humid periods of the low-latitude lowlands with the glacial and interglacial periods of the temperate regions remains a matter of controversy.





Refúgios são locais que não sofreram grandes modificações durante oscilações climáticas



Comunidades vegetais não tiveram sua distribuição alterada dentro dos refúgios

Diferenciação das populações localizadas em refúgios distintos

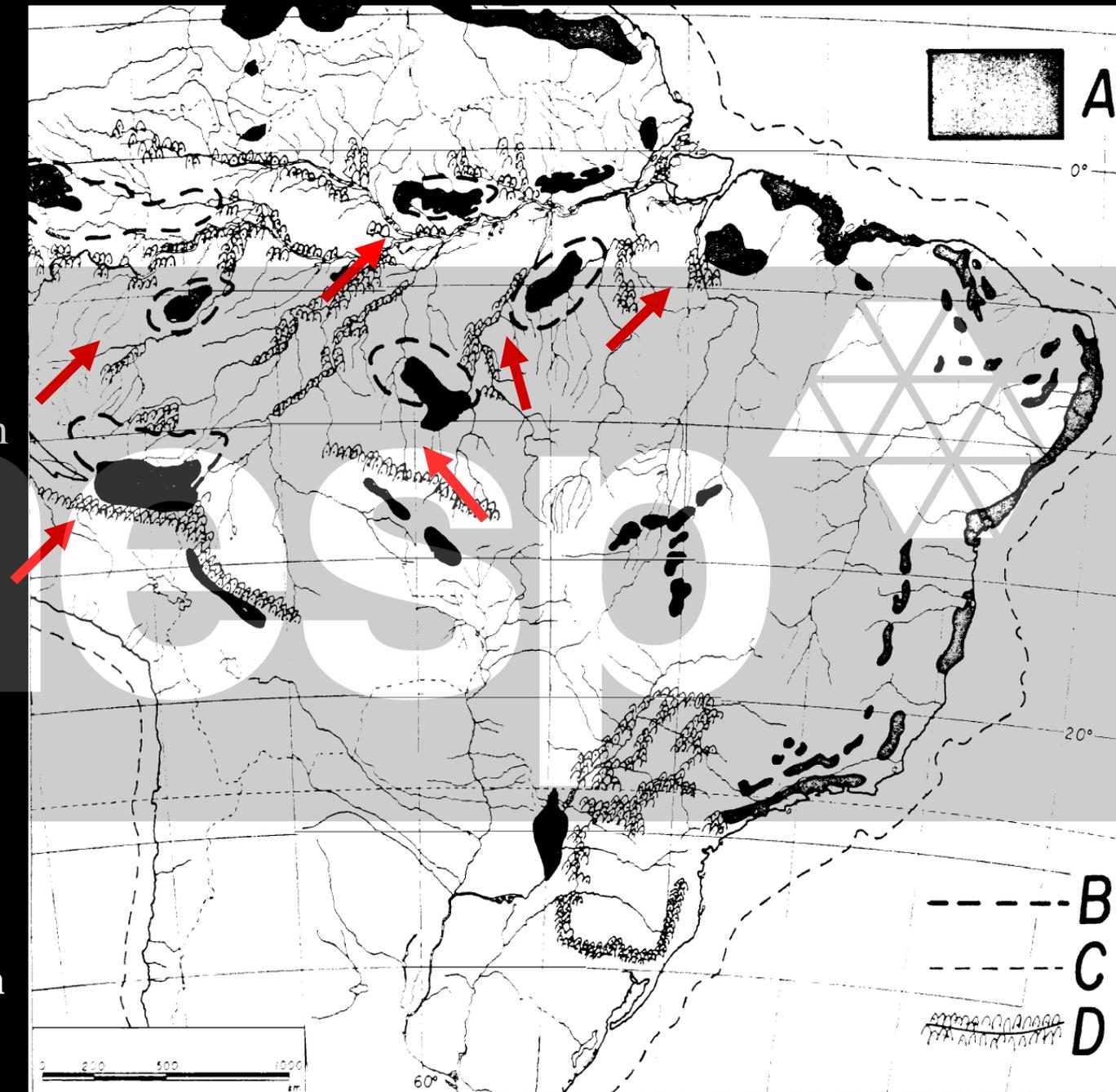
Especiação...

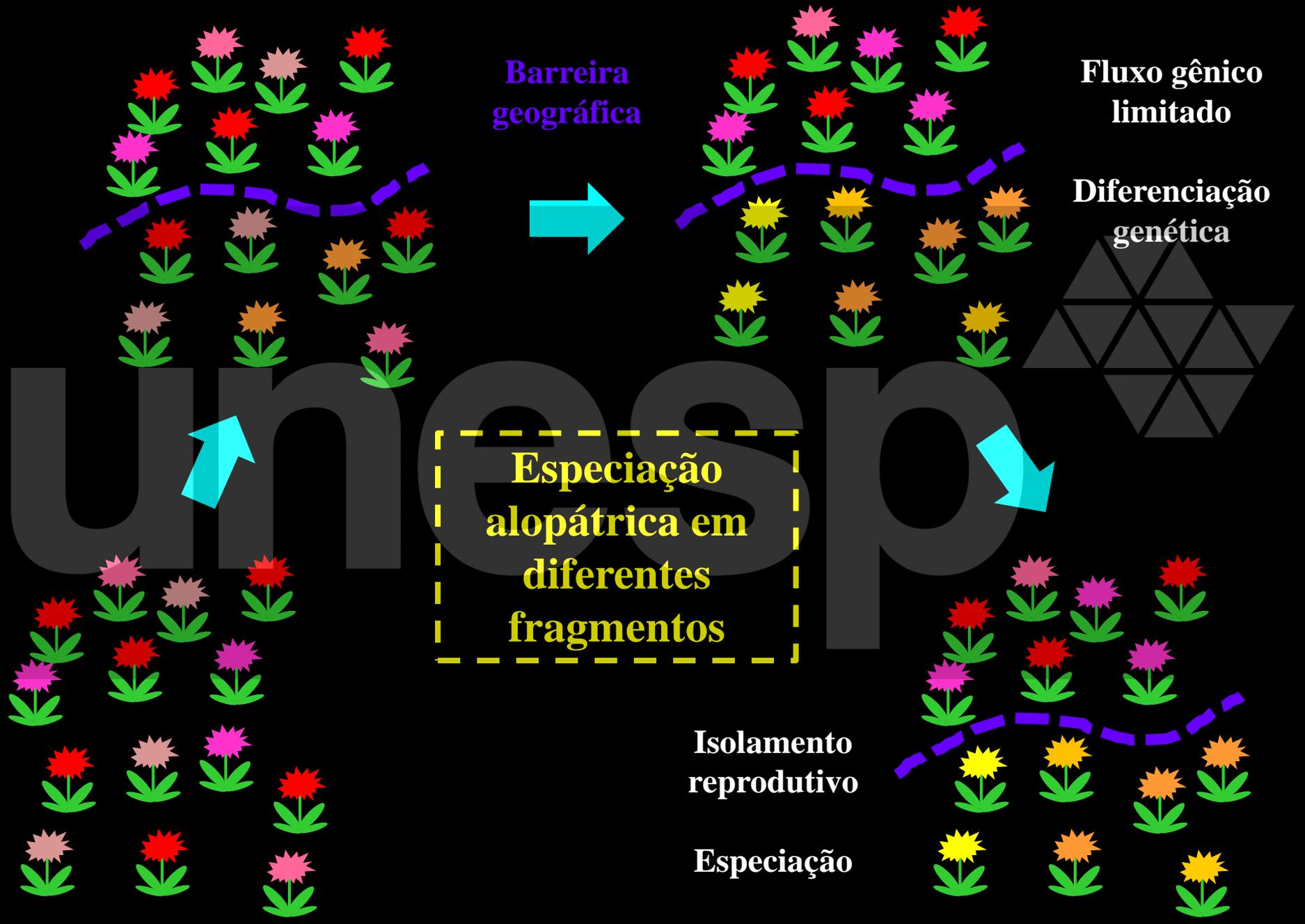
Período Glacial

Fragmentação Florestal

Especiação alopátrica em  
diferentes fragmentos

**Amazonian Rainforest  
fragments during the  
Last Glacial Maximum**





Barreira geográfica

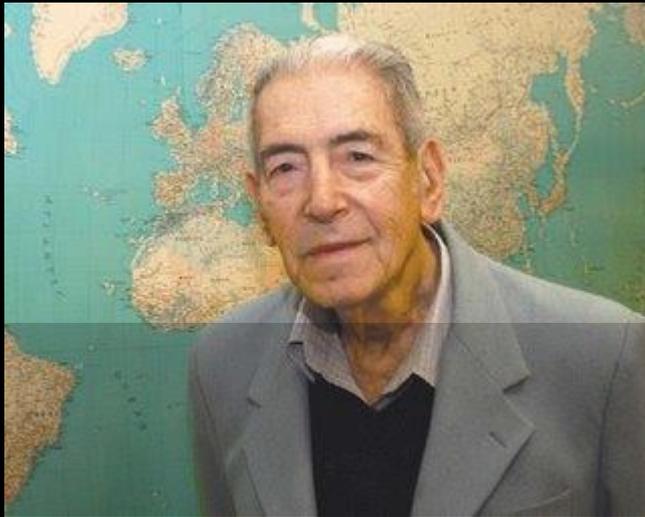
Fluxo gênico limitado

Diferenciação genética

Especiação alopátrica em diferentes fragmentos

Isolamento reprodutivo

Especiação



Aziz Nacib Ab'Saber  
(1924 – 2012)

Teoria dos Redutos

Inferência dos “Refúgios” era feita  
considerando aspectos  
geomorfológicos dos terrenos



unesp



unesp





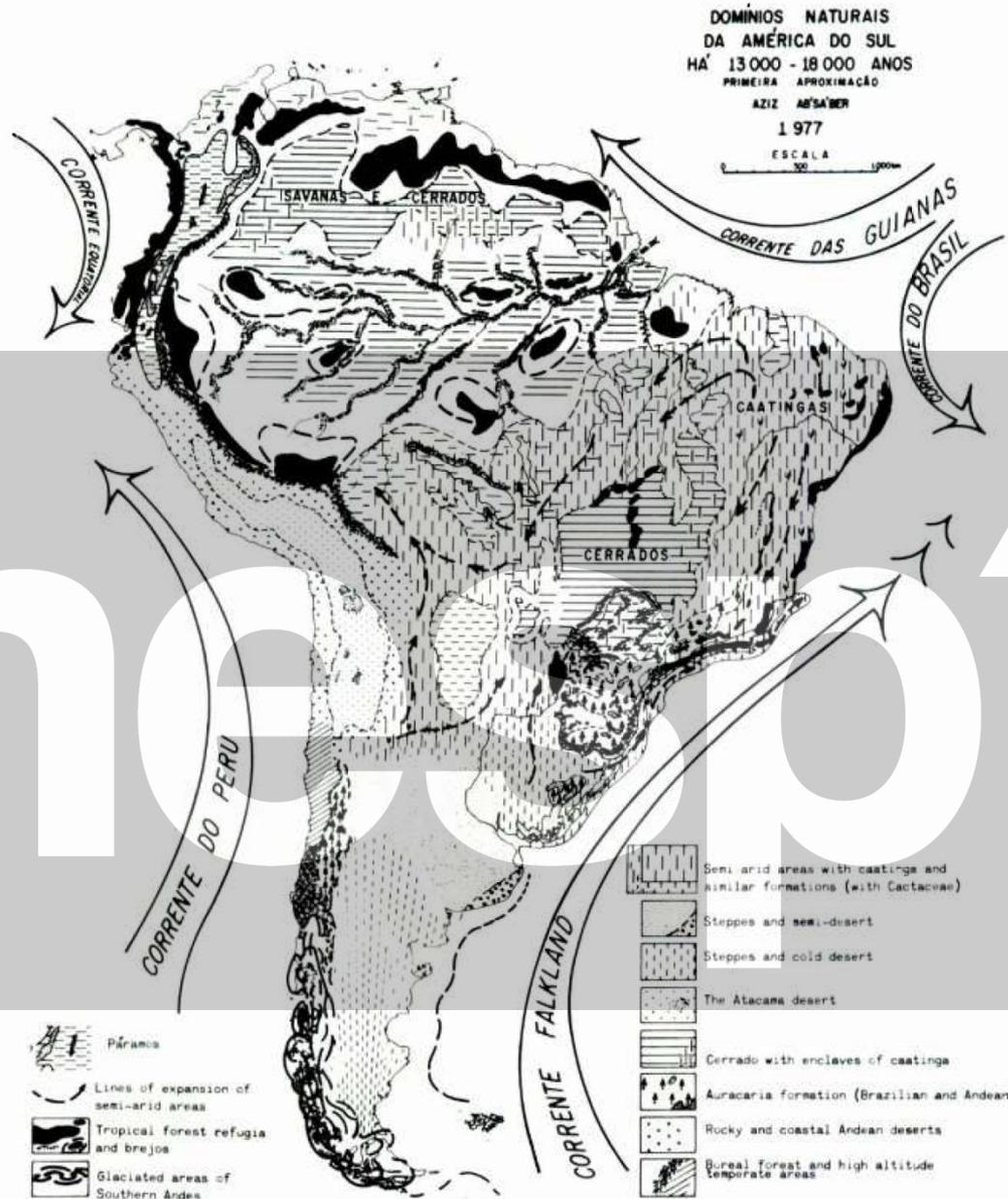
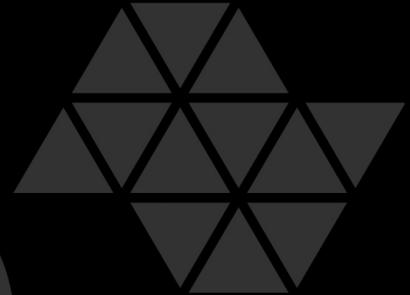


FIGURE 1. The vegetation of South America 13,000–18,000 B.P. as proposed by Ab'Sáber. The black areas are proposed forest refugia, most of the rest of Amazonia is shown as savanna, cerrado, and caatinga, all vegetation types characteristic of drier climate than that of present day Amazonia (from Ab'Sáber, 1977).



Paulo Emílio Vanzolini  
(1924 – 2013)

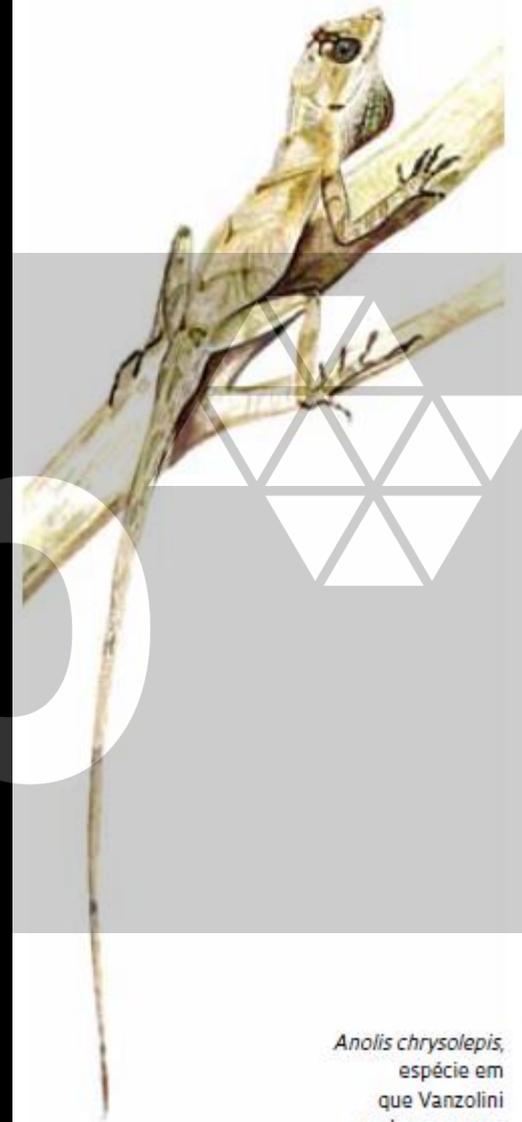
Apoio à Teoria dos Refúgios através de padrões de  
distribuição de répteis da região Amazônica



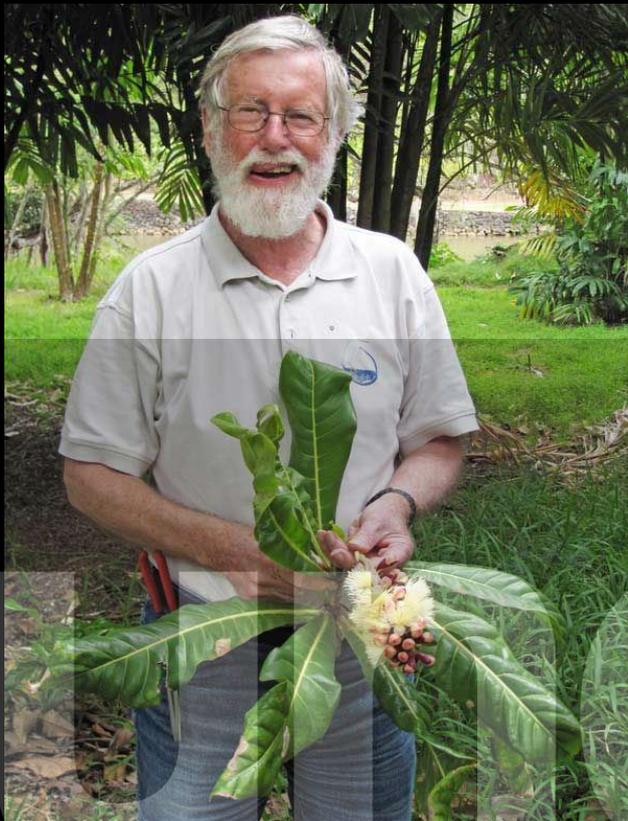
# Amazônia

## Fontes de diversidade

- Áreas de especiação
- Refúgios (proposta do zoólogo brasileiro)
- Refúgios (proposta do geólogo alemão)

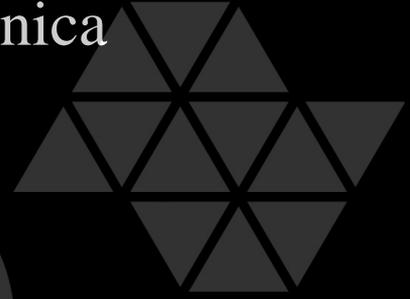


*Anolis chrysolepis*, espécie em que Vanzolini se baseou para entender a especiação na Amazônia

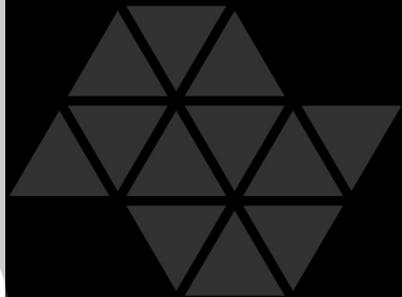
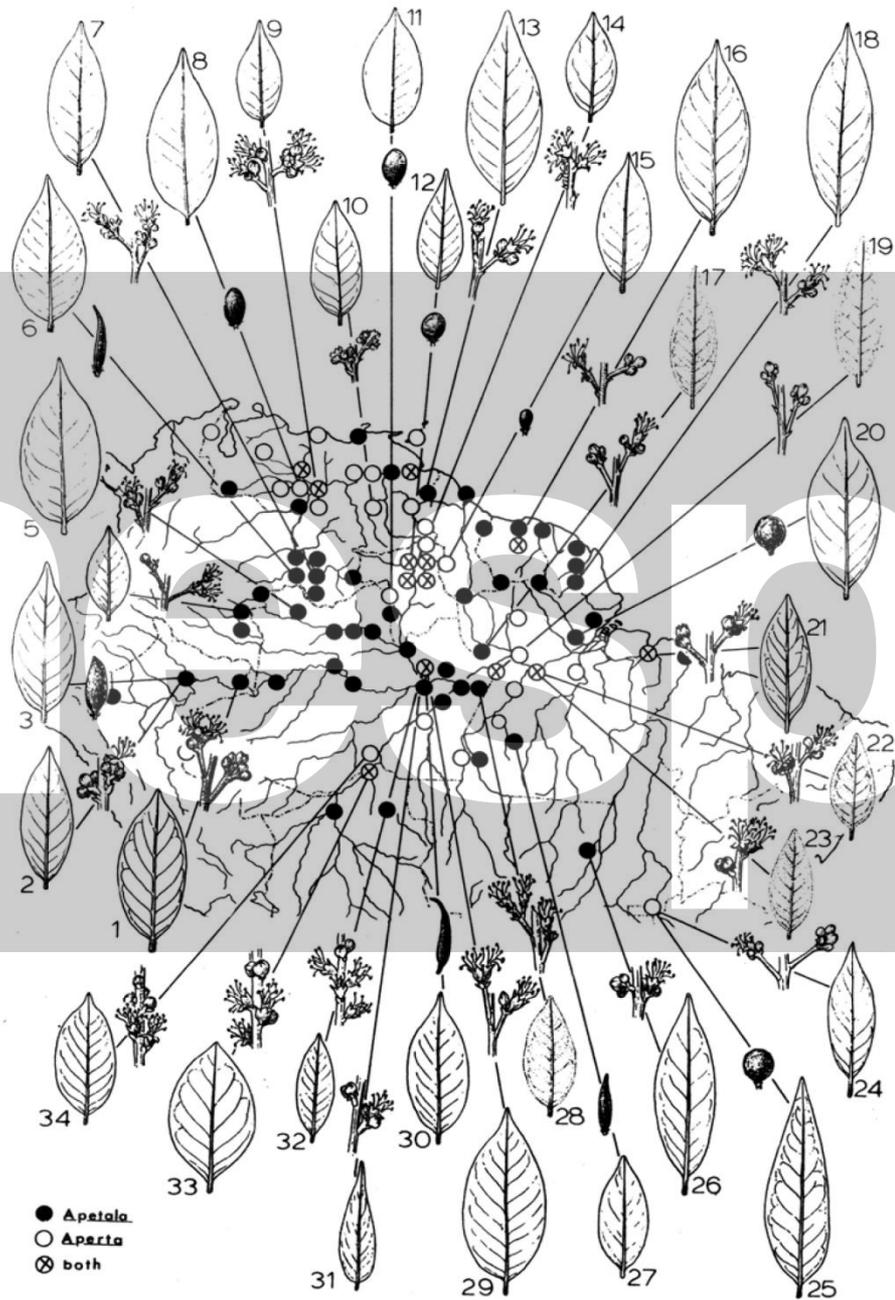


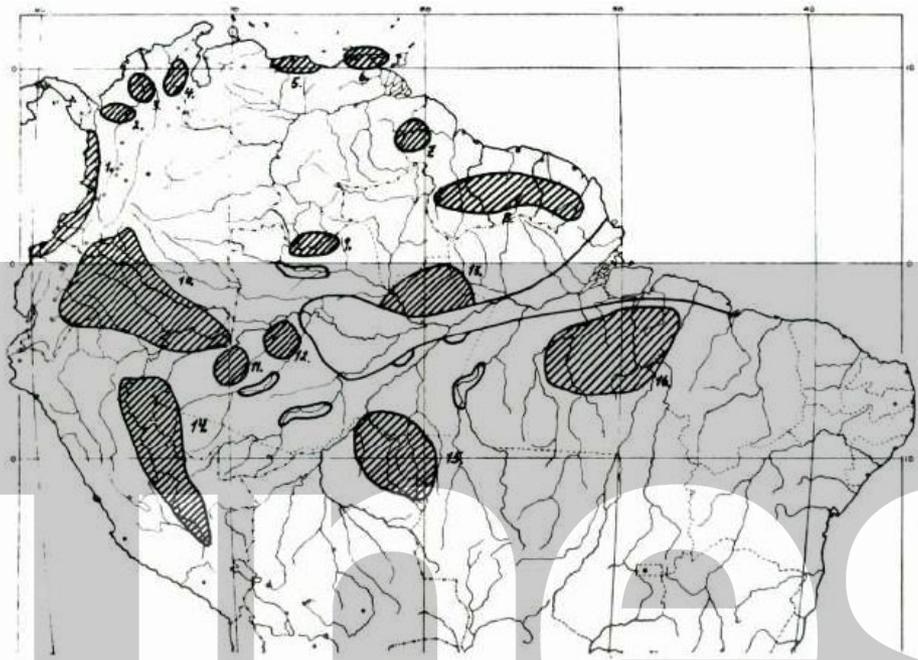
Ghilleen Tolmie Prance

Apoio à Teoria dos Refúgios com a  
utilização de dados de distribuição  
de plantas da região Amazônica



unesp

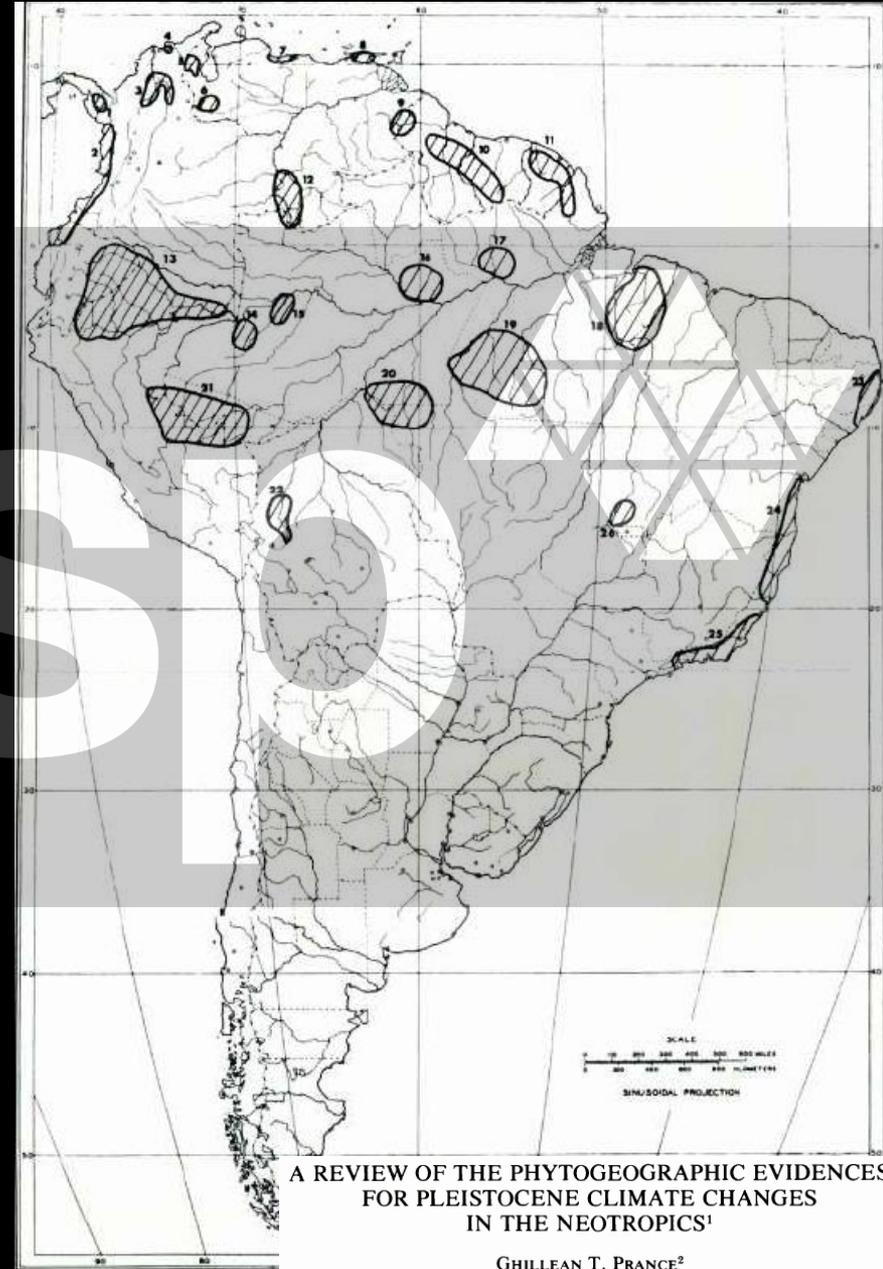




## Teoria dos refúgios

Florestas se fragmentaram durante  
períodos glaciais

Especiação entre os fragmentos



A REVIEW OF THE PHYTOGEOGRAPHIC EVIDENCES  
FOR PLEISTOCENE CLIMATE CHANGES  
IN THE NEOTROPICS<sup>1</sup>

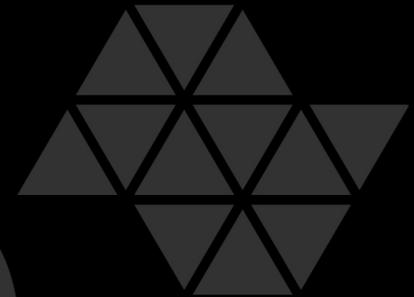
GHILLEAN T. PRANCE<sup>2</sup>

## Período Glacial

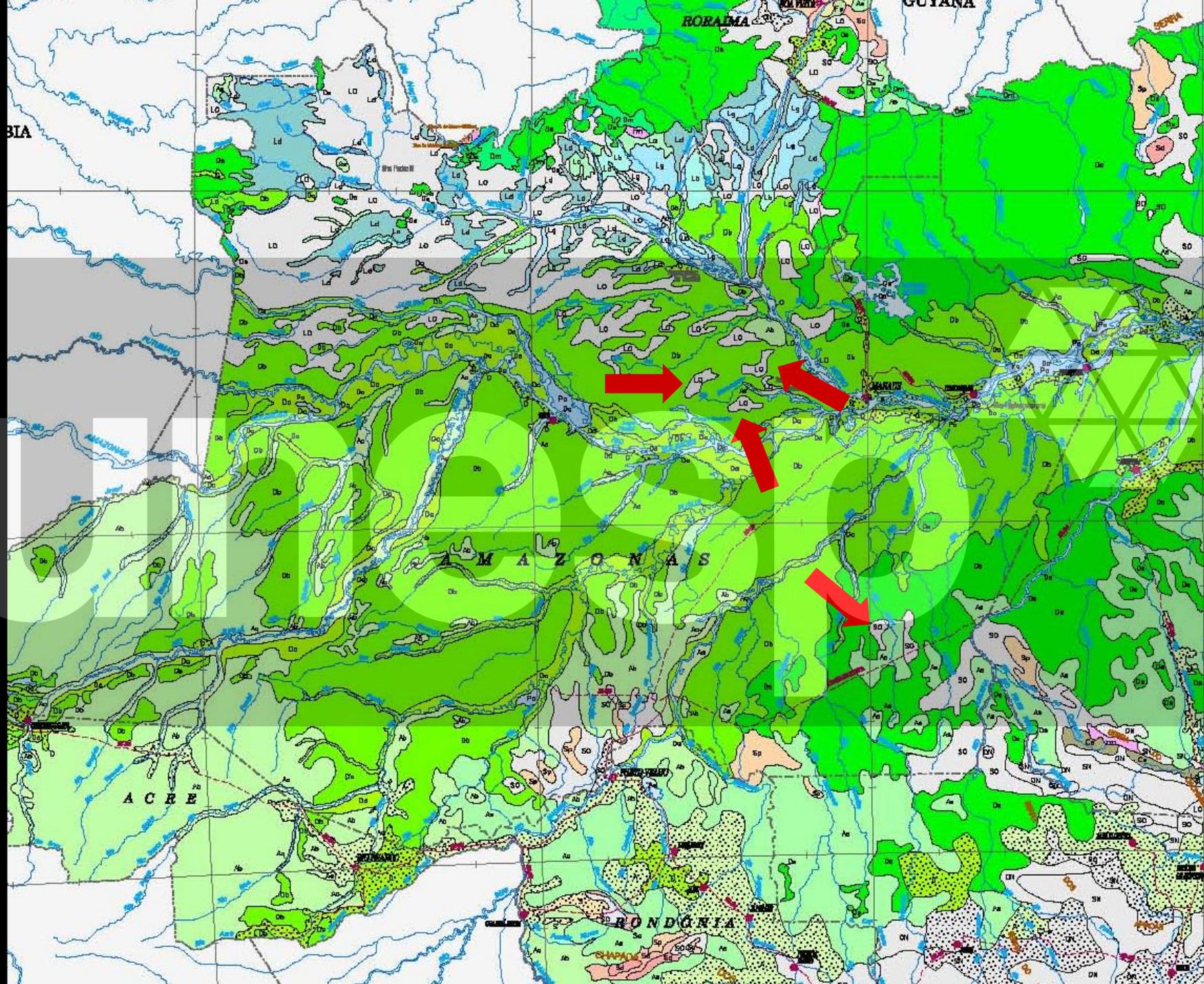
- Fragmentação das florestas
- Expansão dos campos e savanas

## Período Interglacial

- Expansão ...
- Fragmentação ...



unesp



# Comunidades campestres fragmentadas, cercadas por florestas





unesp

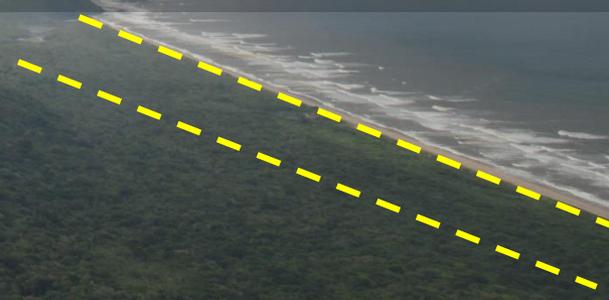


# Comunidades campestres deslocadas para altitudes maiores



Comunidades campestres deslocadas para uma faixa próxima ao oceano

unesp



# Período interglacial - Refúgios não florestais

## Período Glacial



Aumento da  
temperature e umidade



## Período Interglacial



Expansão de **domínios  
florestais úmidos**

Fragmentação de  
**domínios campestres e  
savanas**

**Processos de especiação alopátrica podem estar acontecendo neste momento, em áreas de refúgios não florestais**

Processos de especiação alopátrica podem estar acontecendo neste momento, em áreas de refúgios não florestais

## - Comunidades de plantas em montanhas

unesp



Processos de especiação alopátrica podem estar acontecendo neste momento, em áreas de refúgios não florestais

## - Comunidades de plantas em restingas



Processos de especiação alopátrica podem estar acontecendo neste momento, em áreas de refúgios não florestais

**- Comunidades de plantas em campos de altitude**



Processos de especiação alopátrica podem estar acontecendo neste momento, em áreas de refúgios não florestais

**- Comunidades de plantas em florestas sazonais secas**



<http://channel.nationalgeographic.com/channel/videos/ice-age-cycles/>

unesp



Contents lists available at ScienceDirect

## Quaternary Science Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/quascirev](http://www.elsevier.com/locate/quascirev)



What do we mean by 'refugia'?

K.D. Bennett<sup>a,\*</sup>, J. Provan<sup>b</sup>

<sup>a</sup> School of Geography, Archaeology and Palaeoecology, Queen's University, 42 Fitzwilliam Street, Belfast BT7 1NN, UK  
<sup>b</sup> School of Biological Sciences, Queen's University, Belfast BT7 1NN, UK

unesp