

Como detectamos modularidade?

Bárbara Maria de Andrade Costa

São Paulo
8 a 12 de maio, 2017

Pontos importantes para
relembra antes da aula

Integração Morfológica e Modularidade

Integração Morfológica

Modularidade

Integração Morfológica e Modularidade

Integração Morfológica

Conexões ou relações entre caracteres **morfológicos**:

- medido empiricamente
- desenvolvimento e funções comuns

Modularidade

Integração Morfológica e Modularidade

Integração Morfológica

Conexões ou relações entre caracteres **morfológicos**:

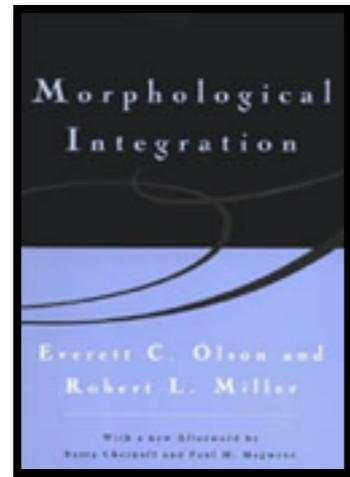
- medido empiricamente
- desenvolvimento e funções comuns

Modularidade

Partes de um organismo com maior conectividade entre si e menor conexão dessas partes e outras do mesmo organismo.

Integração Morfológica e Modularidade

Conceitos complementares



*Olson & Miller,
1958*



*The ecological significance
of correlation pleiades*

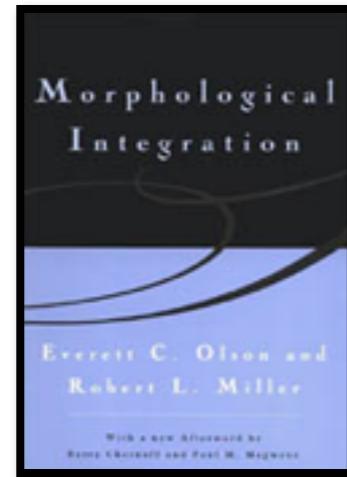
Evolution - 1960

Integração Morfológica e Modularidade

Conceitos complementares



Everett Olson



Olson & Miller,
1958

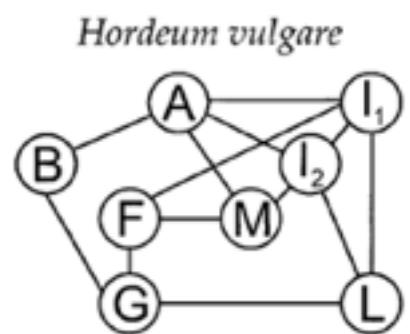
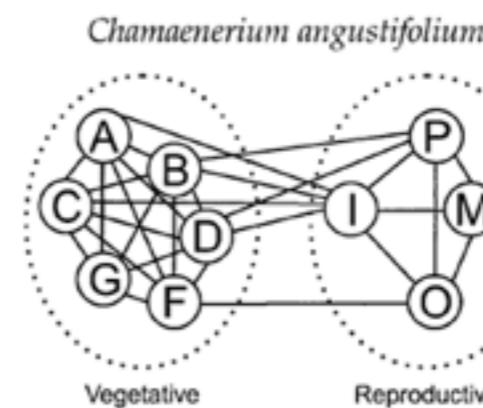
- medido empiricamente
- desenvolvimento e funções comuns



Raisa L. Berg

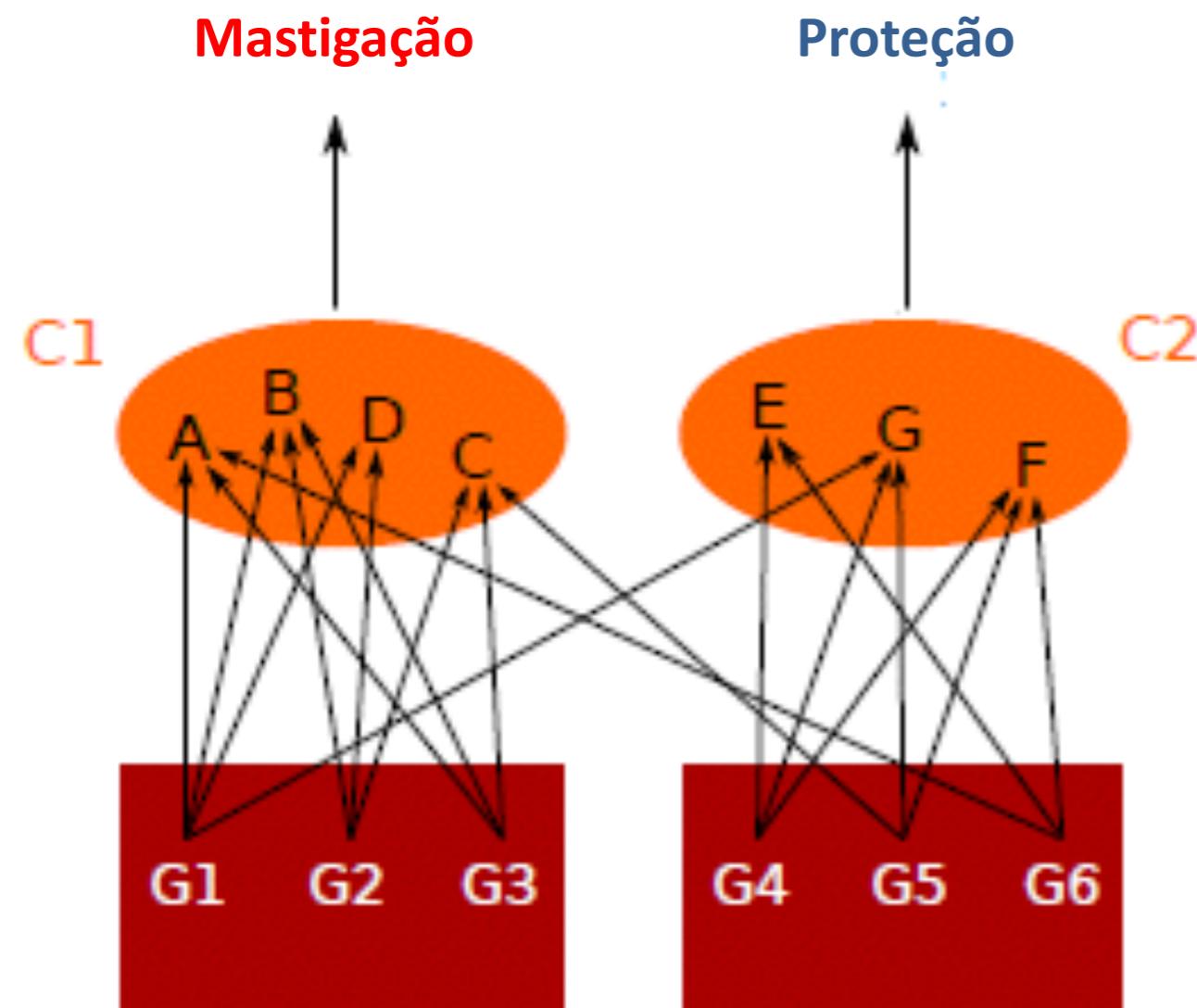
*The ecological significance
of correlation pleiades*

Evolution - 1960



Pleiades de correlação

Integração Morfológica e Modularidade



Conjunto de genes afetando conjunto de caracteres

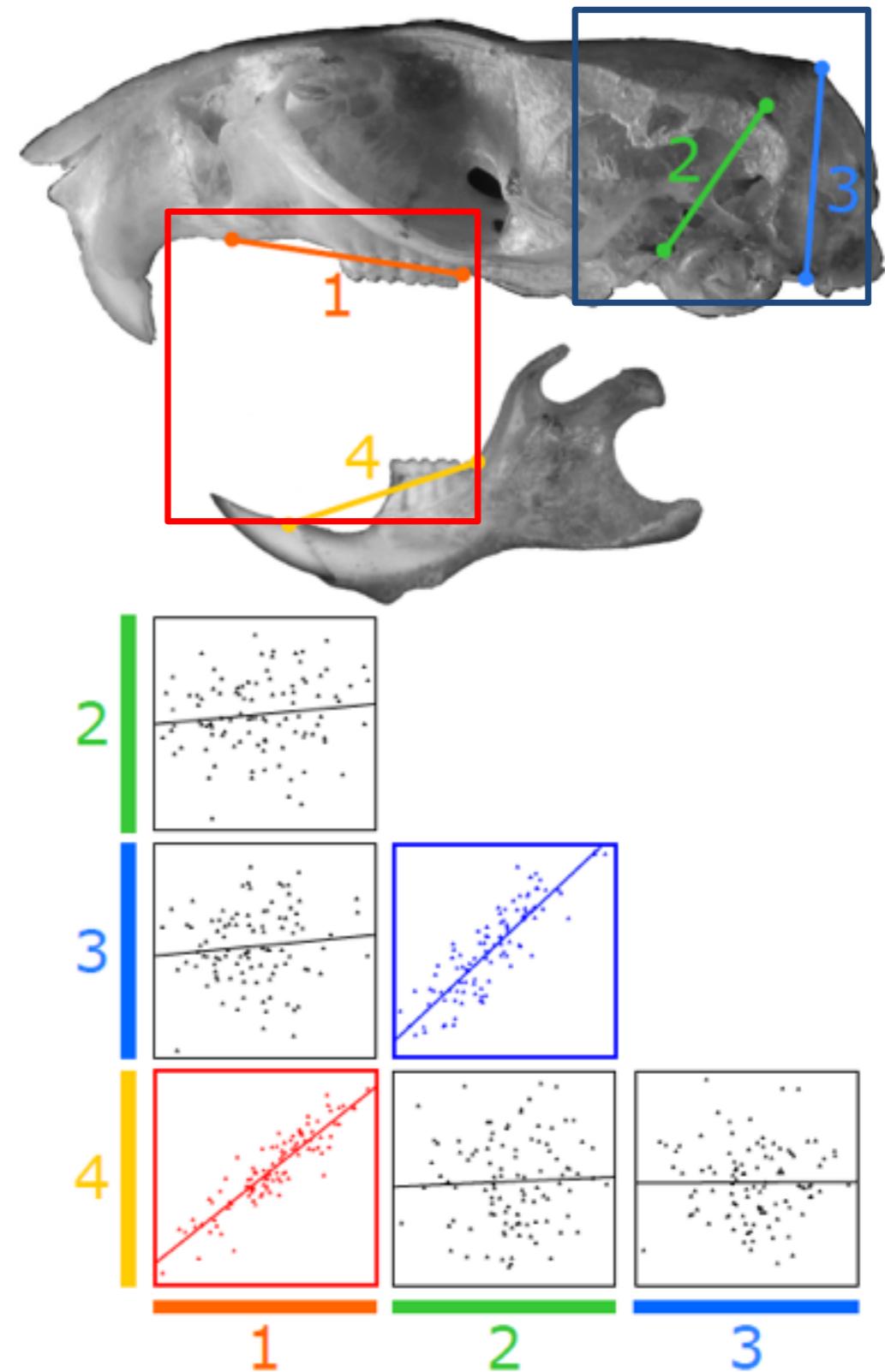
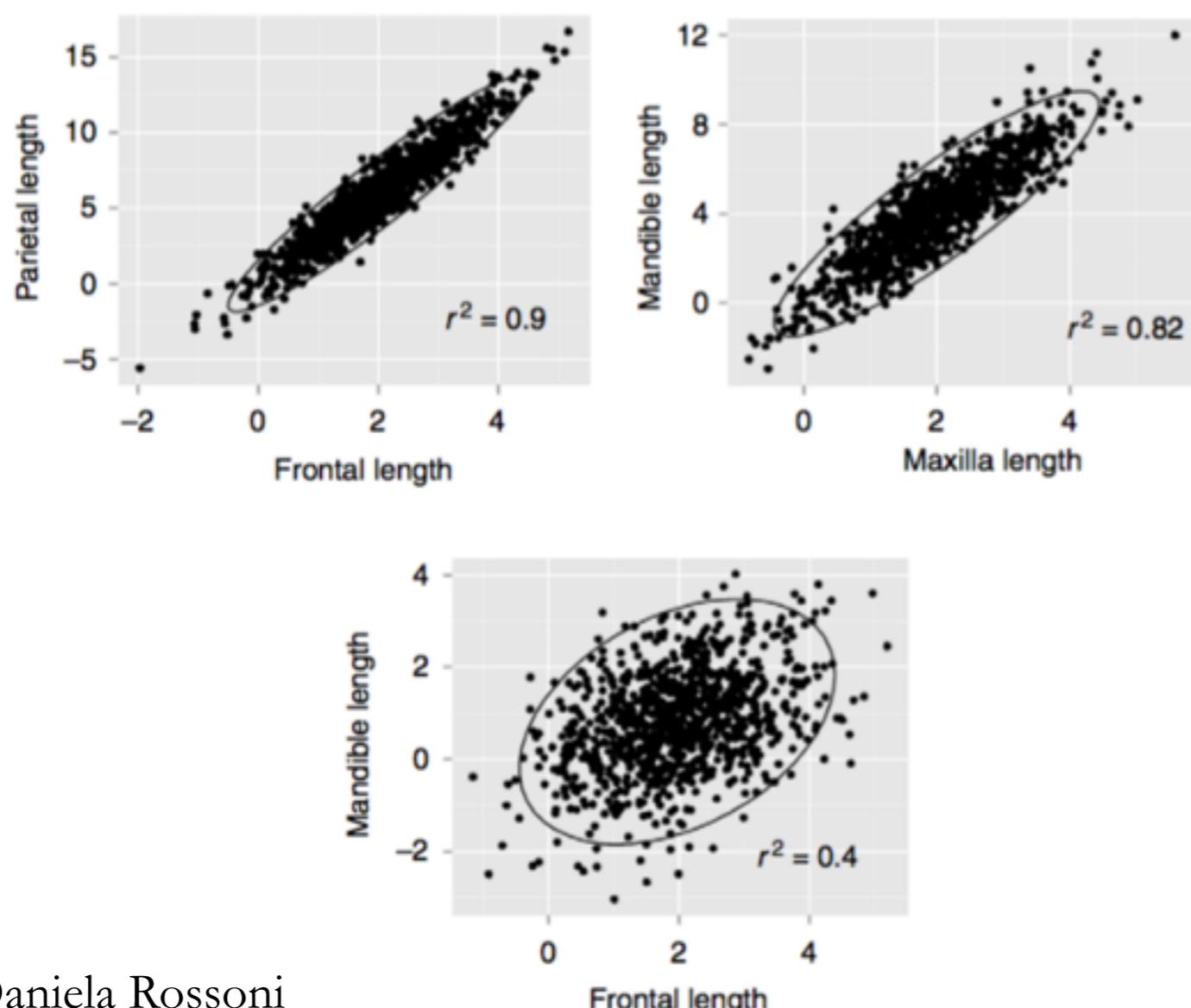
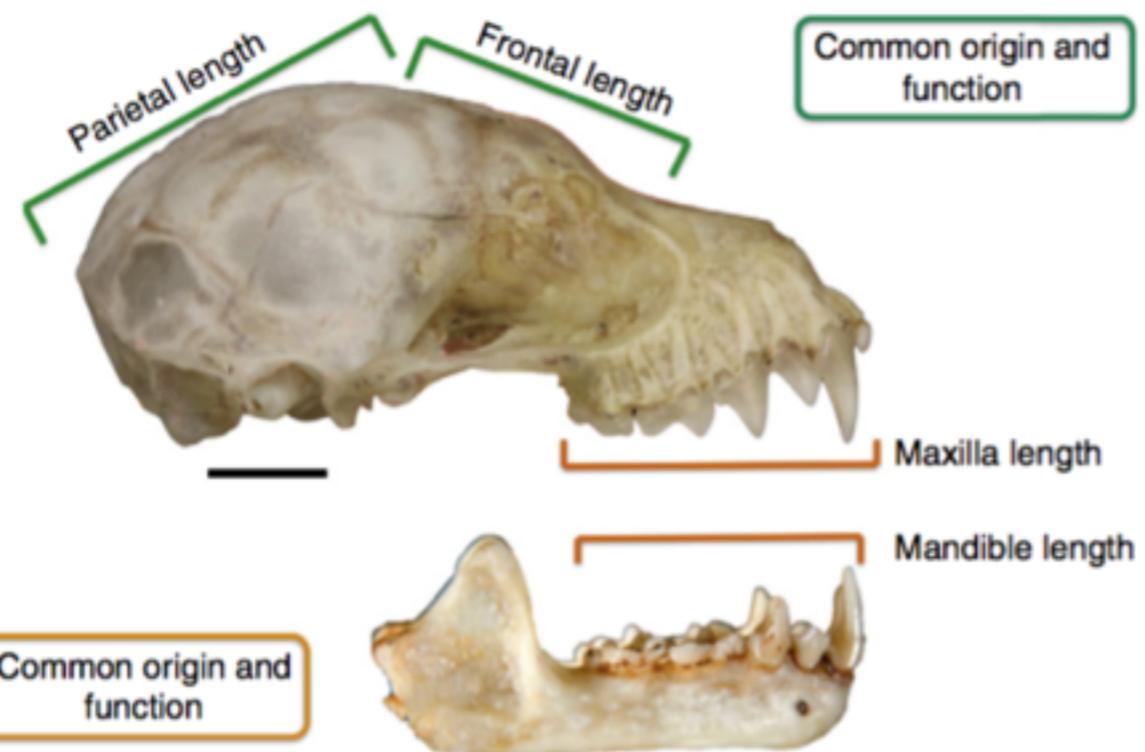


Figura: Guilherme Garcia

Aspectos da integração morfológica

Padrão de integração: relações entre elementos morfológicos. Como eles estão correlacionados

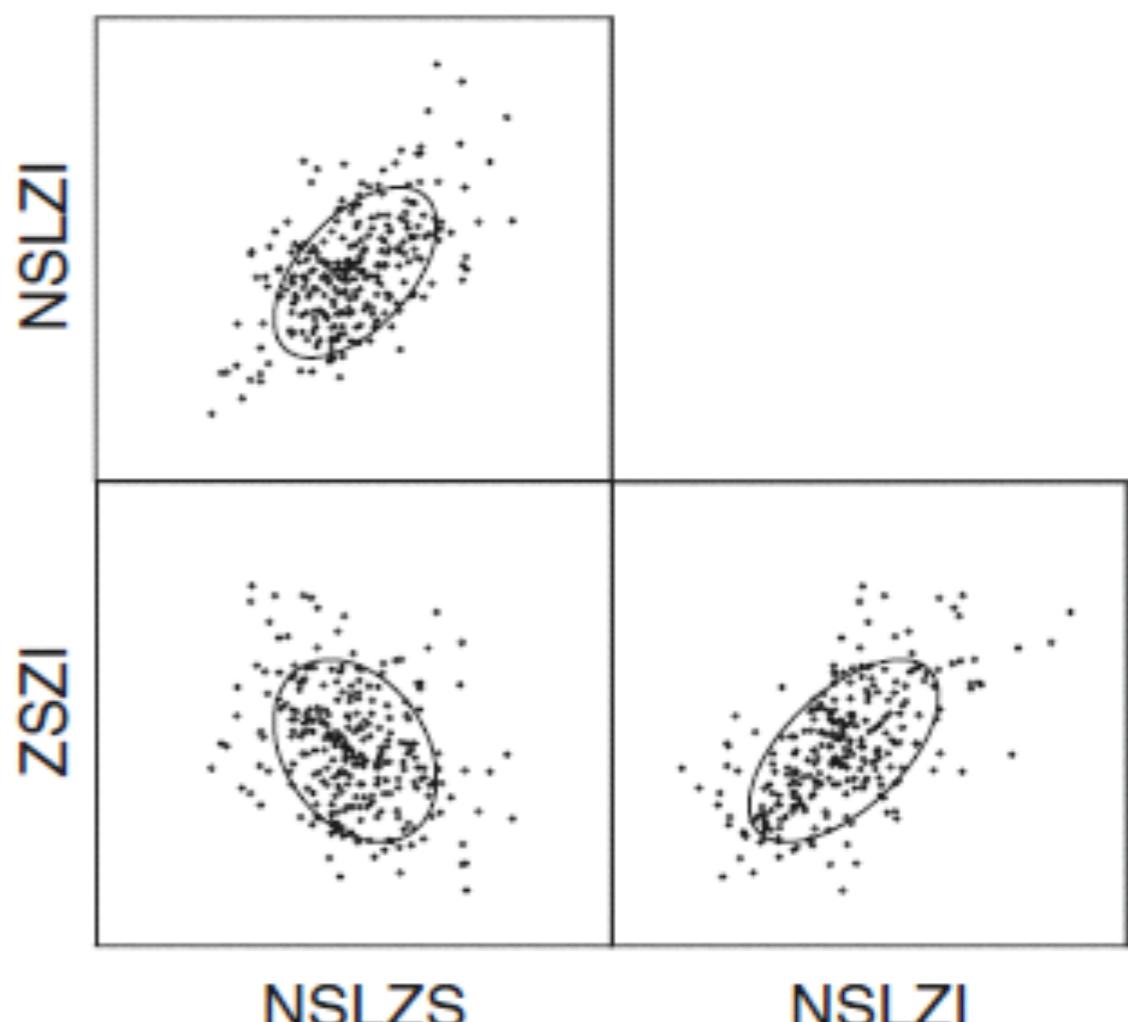
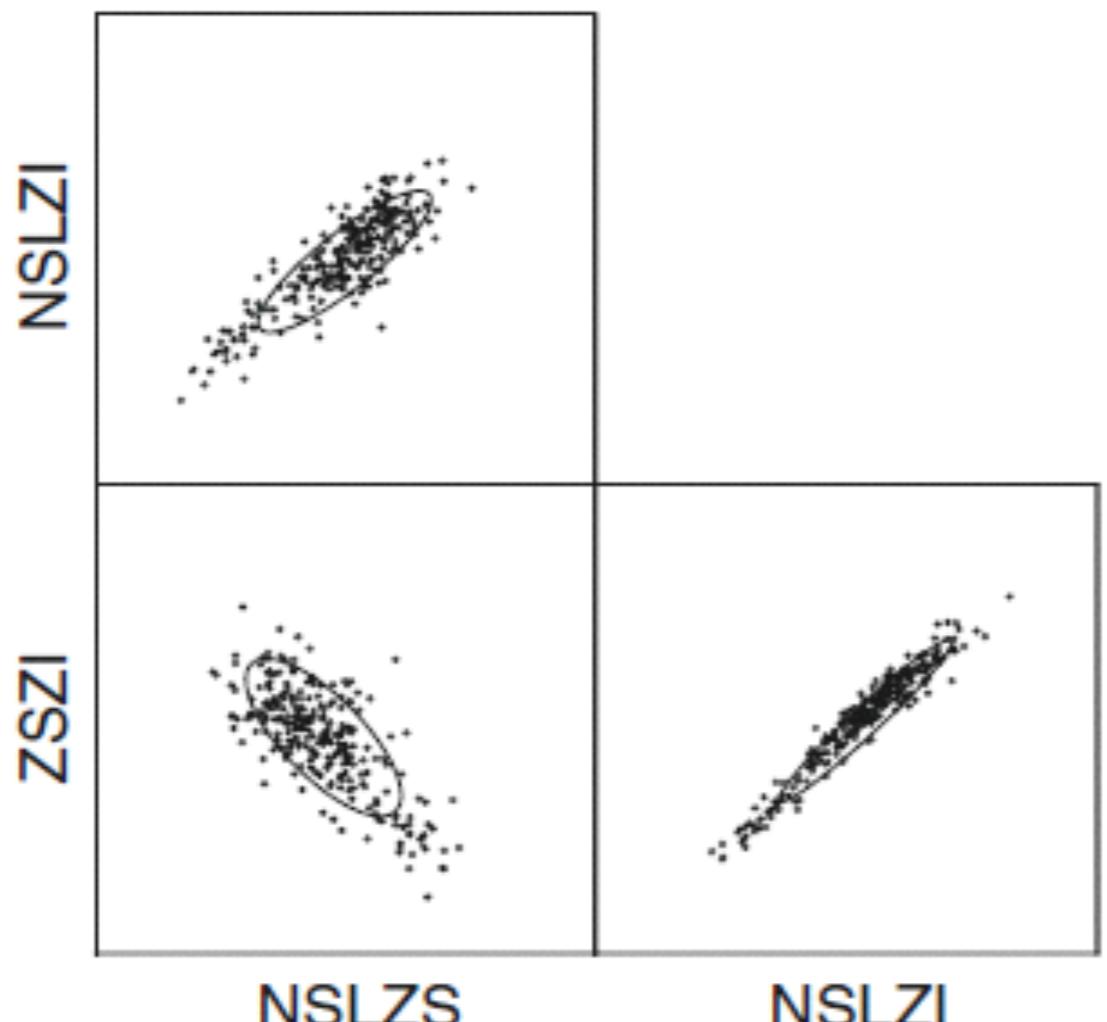
Magnitude de integração: intensidade das conexões entre elementos morfológicos.



Padrão e Magnitude da Integração

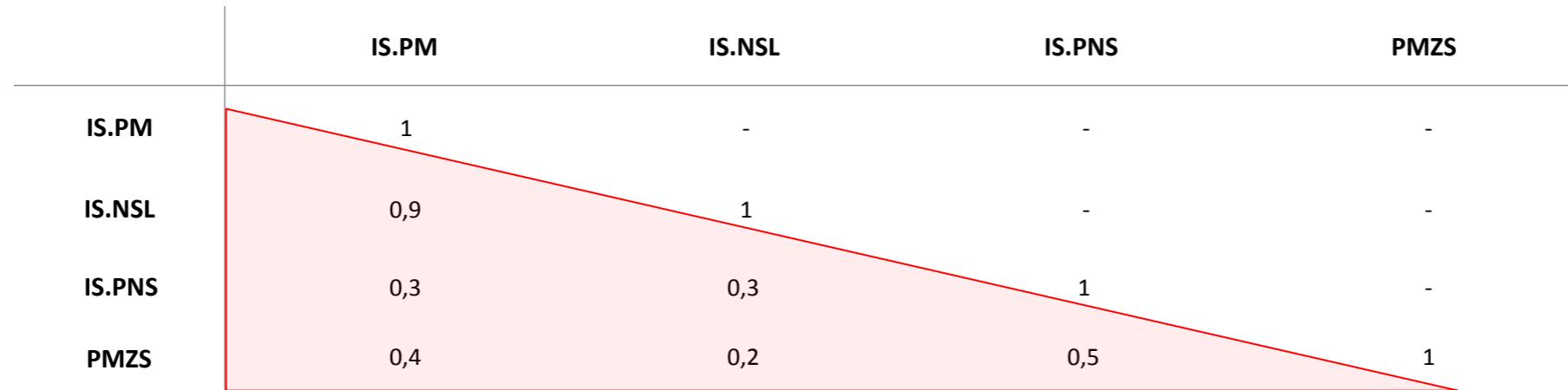
A	NSLZS	NSLZI	ZSJI
NSLZS	1		
NSLZI	0.85	1	
ZSJI	-0.70	0.90	1

B	NSLZS	NSLZI	ZSJI
NSLZS	1		
NSLZI	0.45	1	
ZSJI	-0.30	0.50	1

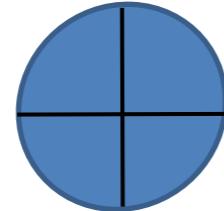


Magnitude da Integração

r^2 = coeficiente de determinação
Média dos coeficientes de correlação ao quadrado



$$r^2 = (0,9)^2 + (0,3)^2 + (0,4)^2 + (0,3)^2 + (0,2)^2 + (0,5)^2 / 6 = 0,29$$



$$0 < r^2 < 1$$



▶ Pontos até aqui

- Integração morfológica e modularidade
- Matrizes de correlação e variância
- Matrizes bem estimadas, ou seja, numero de indivíduos medidos maior que de caracteres
- Por que vamos usar as matrizes de correlação
- r^2 = coeficiente de determinação

Objetivo da aula:

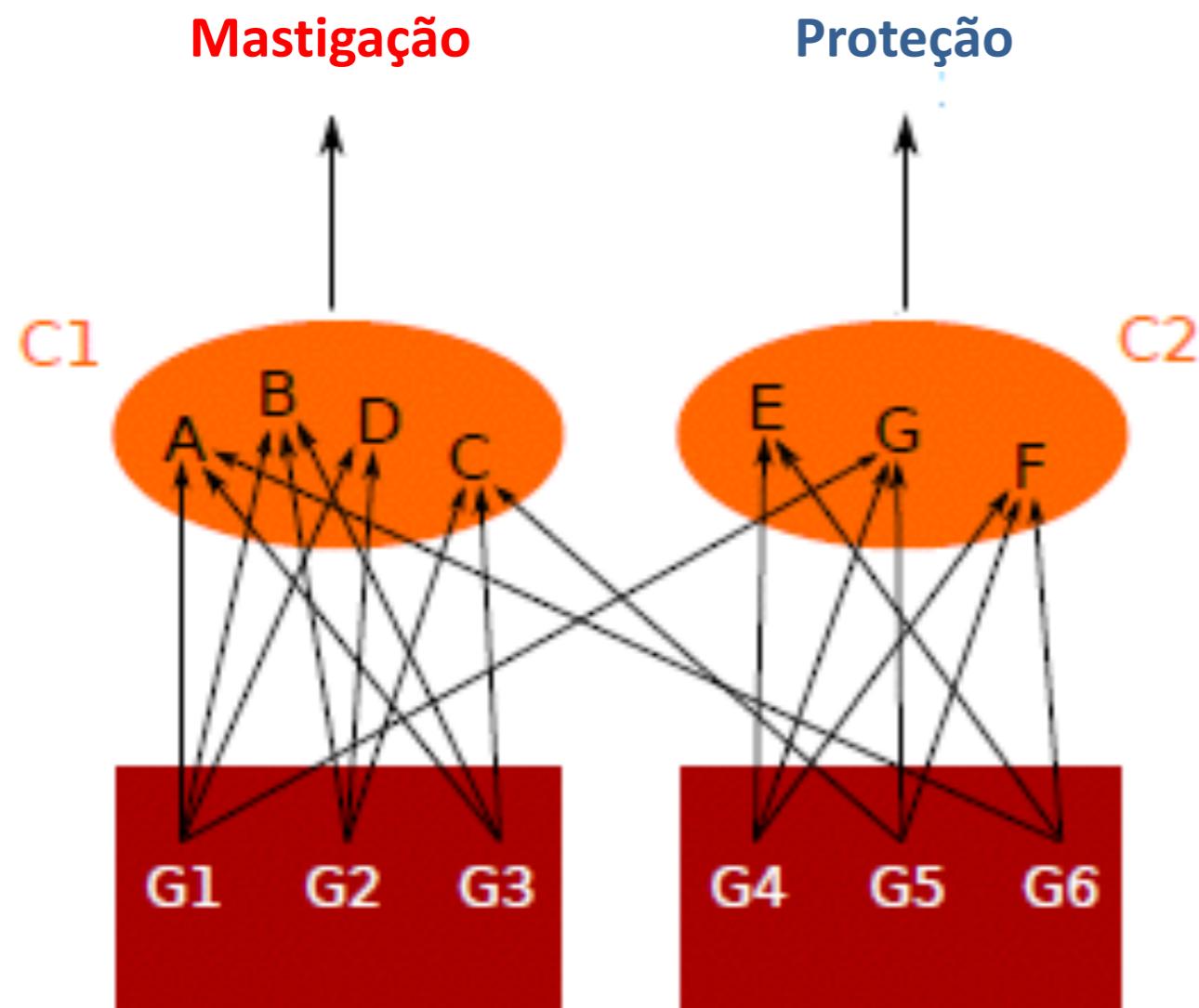
**Fornecer as ferramentas utilizadas para detectar
modularidade e o nível de modularidade**

Padrões de modularidade

Primeiro passo:

como vamos detectar o padrão de modularidade?

Padrões de modularidade



Conjunto de genes afetando conjunto de caracteres

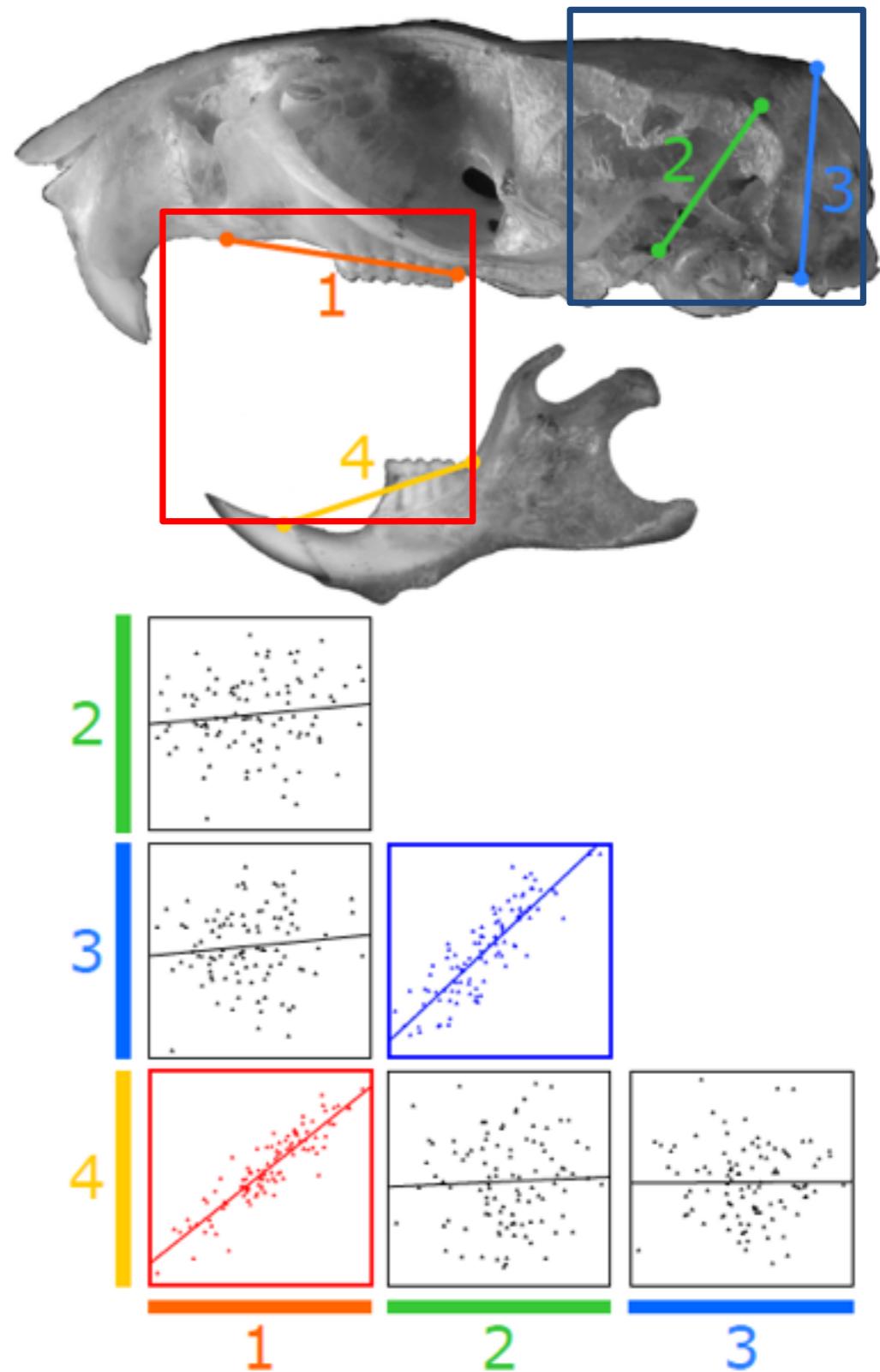
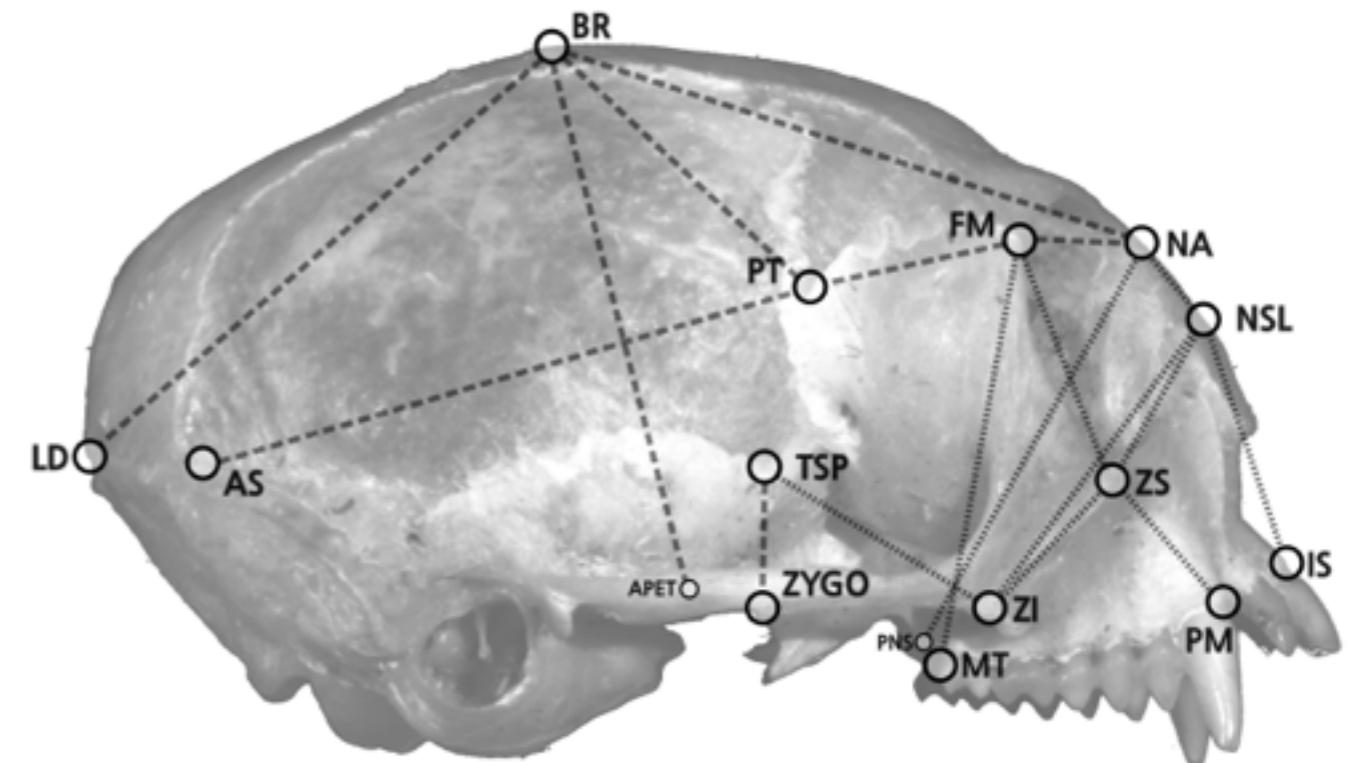
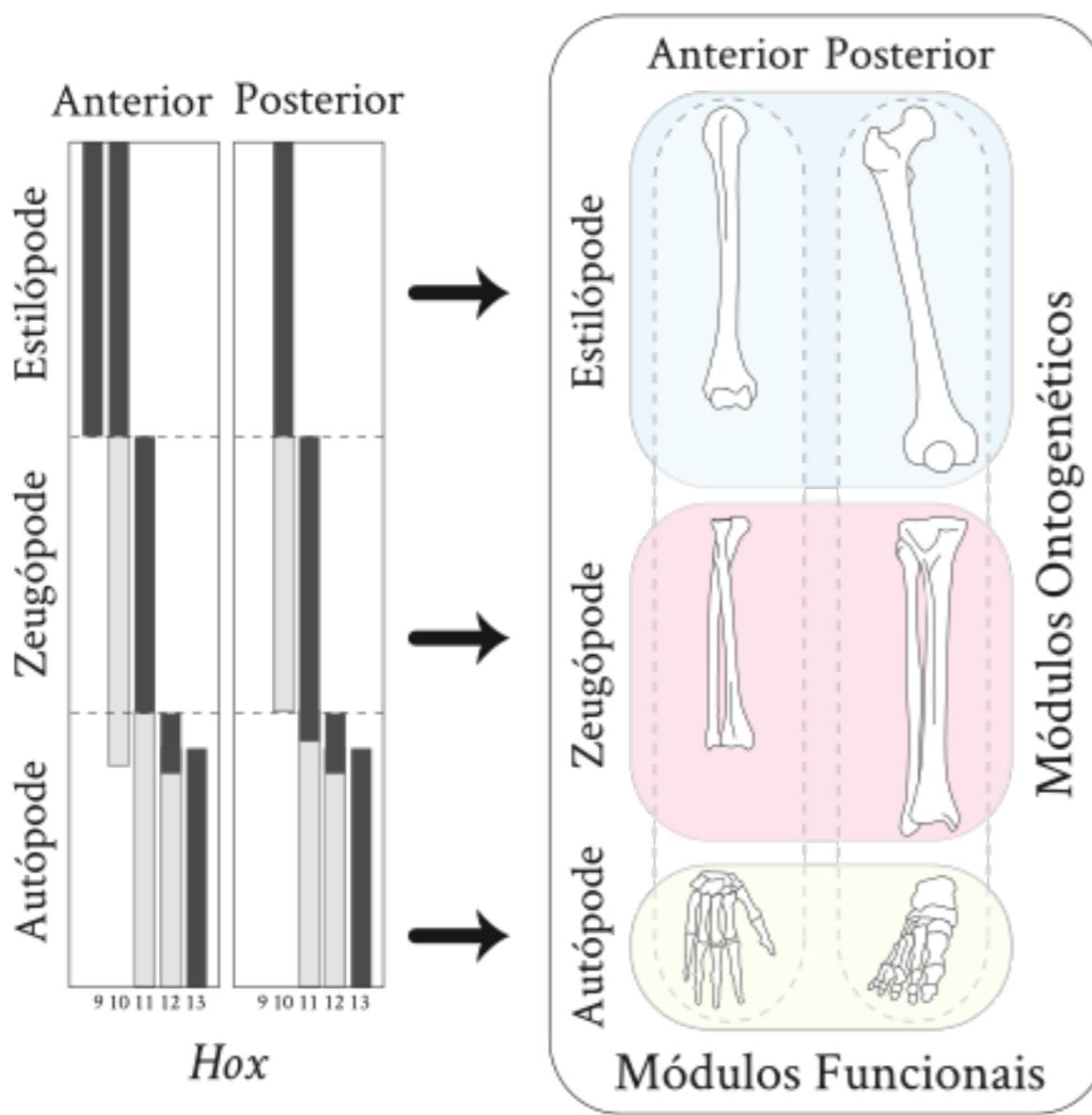


Figura: Guilherme Garcia

Padrões de modularidade

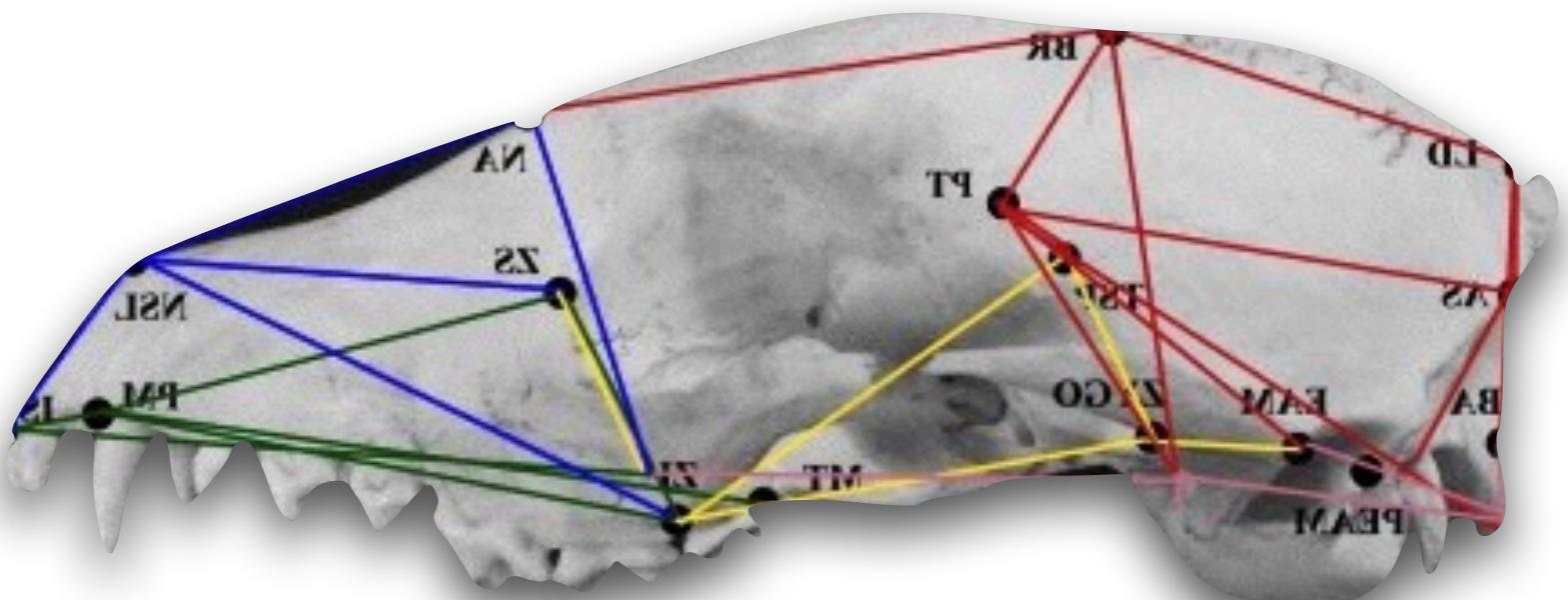
Como estabelecer as hipóteses a priori?



2 regiões de desenvolvimento



5 subregiões de desenvolvimento



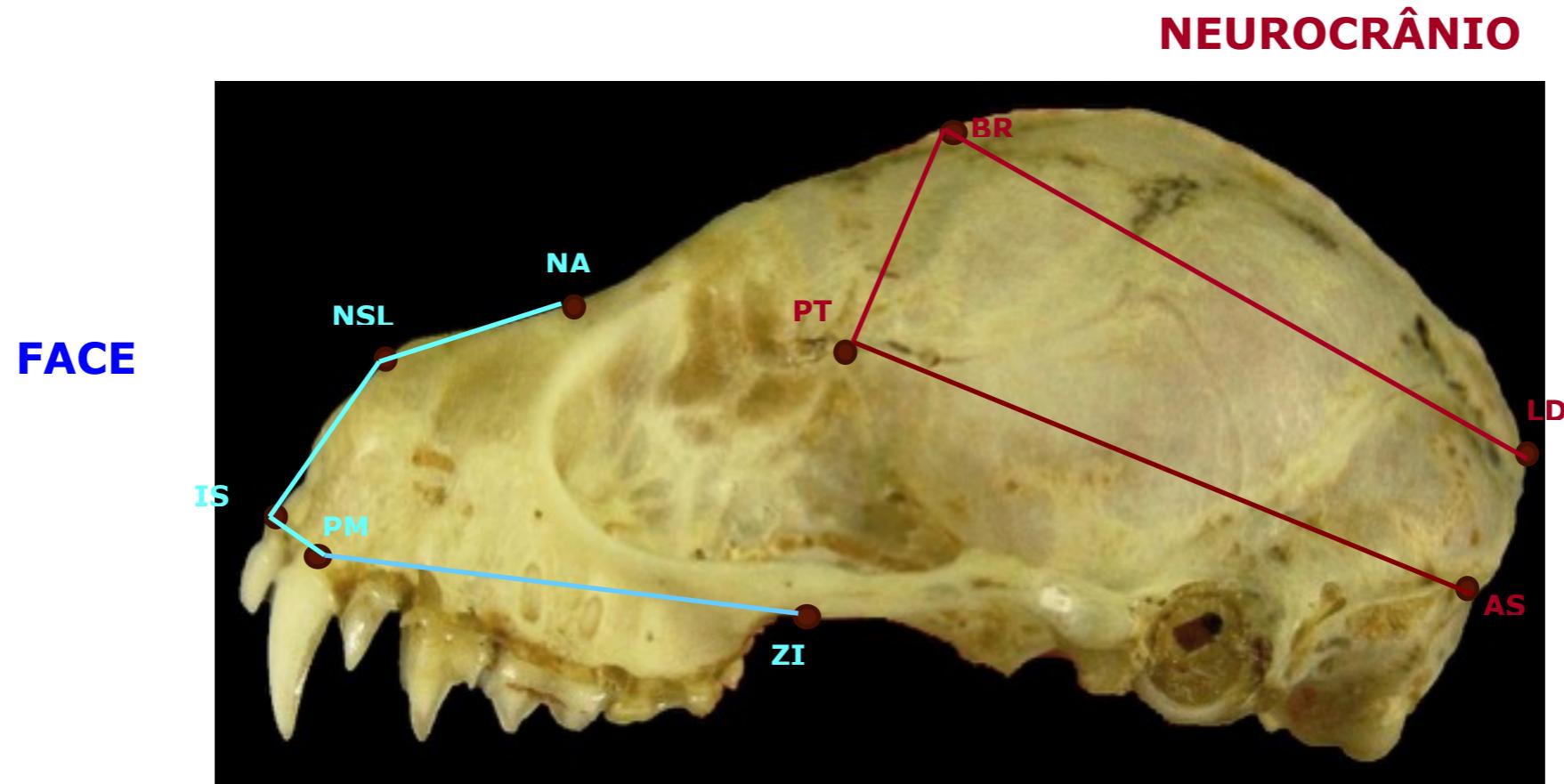
+ 2 → neurosomática e total

Padrões de modularidade

Como estabelecer as hipóteses a priori?

Vamos ver um exemplo!

Padrões de modularidade



REGIÃO DA FACE

- oral**
- nasal**
- zigomática**

REGIÃO DO NEUROCRÂNIO

- abóbada**
- base**

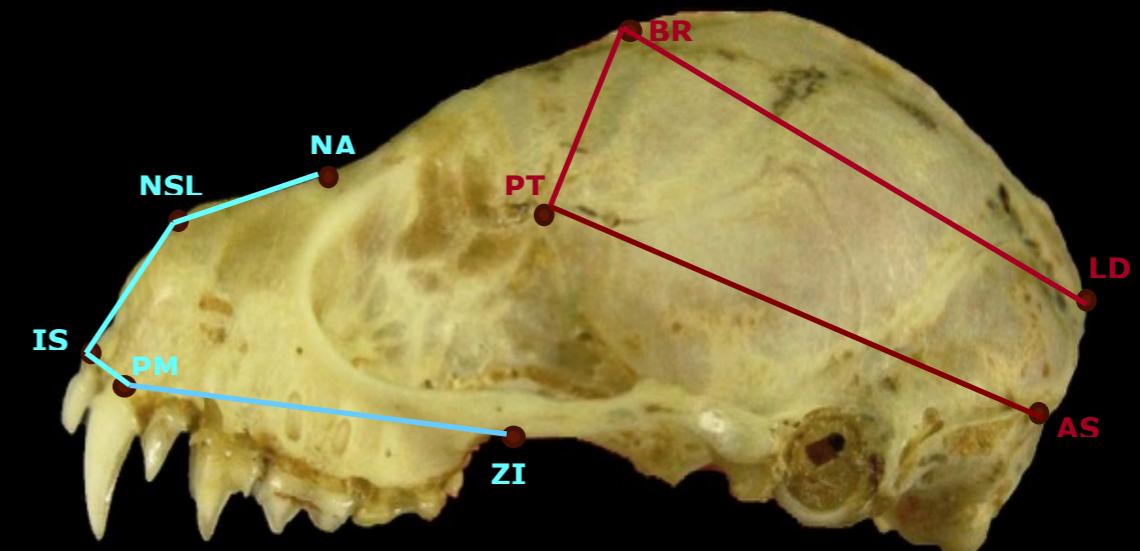
NEUROFACIAL

TOTAL

Hipóteses versus dados observados

ISPM ISNSL PMZI NSLNA BRPT1 BRLD PTAS1

	ISPM	ISNSL	PMZI	NSLNA	BRPT1	BRLD	PTAS1
ISPM	1,00						
ISNSL	1,00	1,00					
PMZI	1,00	1,00	1,00				
NSLNA	1,00	1,00	1,00	1,00			



	BRPT1	BRLD	PTAS1
BRPT1	0,00	0,00	0,00
BRLD	0,00	0,00	0,00
PTAS1	0,00	0,00	0,00

	1,00
	1,00
	1,00

ISPM ISNSL PMZI NSLNA BRPT1 BRLD PTAS1

	ISPM	ISNSL	PMZI	NSLNA
ISPM	1,00			
ISNSL	0,67	1,00		
PMZI	0,78	0,67	1,00	
NSLNA	0,82	0,73	0,83	1,00

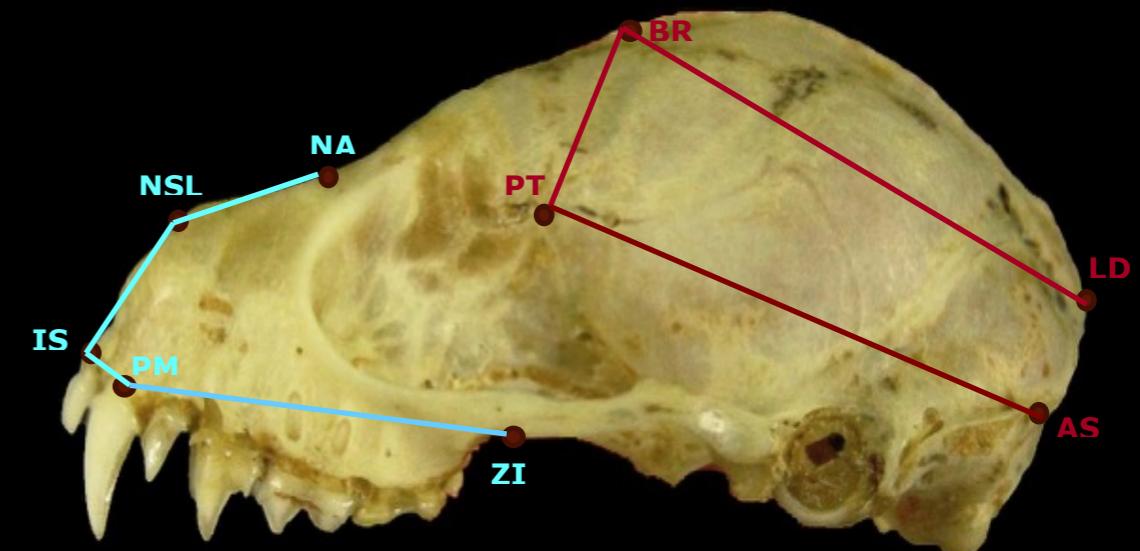
	BRPT1	BRLD	PTAS1
BRPT1	0,32	0,40	0,40
BRLD	0,20	0,30	0,31
PTAS1	0,30	0,42	0,63

1,00
0,86
0,74

Hipóteses versus dados observados

ISPM ISNSL PMZI NSLNA BRPT1 BRLD PTAS1

	ISPM	ISNSL	PMZI	NSLNA	BRPT1	BRLD	PTAS1
ISPM	1,00						
ISNSL	1,00	1,00					
PMZI	1,00	1,00	1,00				
NSLNA	1,00	1,00	1,00	1,00			



	BRPT1	BRLD	PTAS1
BRPT1	0,00	0,00	0,00
BRLD	0,00	0,00	0,00
PTAS1	0,00	0,00	0,00

	1,00
	1,00
	1,00

ISPM ISNSL PMZI NSLNA BRPT1 BRLD PTAS1

	ISPM	ISNSL	PMZI	NSLNA
ISPM	1,00			
ISNSL	0,67	1,00		
PMZI	0,78	0,67	1,00	
NSLNA	0,82	0,73	0,83	1,00

	BRPT1	BRLD	PTAS1
BRPT1	0,32	0,40	0,40
BRLD	0,20	0,30	0,31
PTAS1	0,30	0,42	0,63

1,00
0,86
0,74

As hipóteses de modularidade

	Orals	Nasal	Zigomatico	Base	abobada	Face	Neuro
ISPM	1	0	0	0	0	1	0
ISNSL	0	1	0	0	0	1	0
PMZI	1	0	0	0	0	1	1
NSLNA	0	1	0	0	0	1	0
...							
	ISPM	ISNSL	PMZI	NSLNA	BRPT1	BRLD	PTAS1
ISPM					1,00		
ISNSL					0,67	1,00	
PMZI					0,78	0,67	1,00
NSLNA					0,82	0,73	0,83
BRPT1					0,32	0,40	0,40
BRLD					0,20	0,30	0,31
PTAS1					0,30	0,42	0,63

As hipóteses de modularidade

As hipóteses de modularidade

	Orals	Nasal	Zigomatico	Base	abobada	Face	Neuro	
ISPM	1	0	0	0	0	1	0	
ISNSL	0	1	0	0	0	1	0	Correlacionar - Mantel
PMZI	1	0	0	0	0	1	1	
NSLNA	0	1	0	0	0	1	0	
...								
	ISPM	ISNSL	PMZI	NSLNA	BRPT1	BRLD	PTAS1	
ISPM	1,00							
ISNSL	0,67	1,00						
PMZI1	0,78	0,67	1,00					
NSLNA	0,82	0,73	0,83	1,00				
AVG+								
AVG-/AVG-								
AVG-								

índice

	ISPM	ISNSL	PMZI	NSLNA	BRPT1	BRLD	PTAS1
ISPM	1,00						
ISNSL	0,67	1,00					
PMZI1	0,78	0,67	1,00				
NSLNA	0,82	0,73	0,83	1,00			
BRPT1	0,32	0,40	0,40	0,45	1,00		
BRLD	0,20	0,30	0,31	0,32	0,86	1,00	
PTAS1	0,30	0,42	0,63	0,56	0,74	0,69	1,00

Resultados obtidos como interpretá-los

correlações	Sub-regiões					Regiões			
	oral	nasal	zigomática	base	abóbada	total	face	neurocrânio	neuroface
0.05 < p < 0.1	12	10	1	0	10	0	9	1	5
p < 0.05	28	21	1	0	12	47	12	2	34
total	40	32	2	0	22	47	21	3	39

Resultados obtidos como interpretá-los

Subfamília	Espécies/modularidade	SUBREGIÕES					REGIÕES			
		oral	nasal	zigomática	base	abóbada	total	face	neurocrânio	neuroface
Glossophaginae	<i>Monophyllus redmani</i>	<u>3.01</u>	1.59	0.64	0.47	2.11	2.33	1.02	1.37	1.30
	<i>Glossophaga soricina</i>	<u>2.40</u>	<u>3.09</u>	1.42	-0.18	1.22	<u>1.86</u>	1.84	0.79	<u>1.51</u>
	<i>Leptonycteris curasoae</i>	<u>3.04</u>	1.47	0.29	0.49	1.24	<u>1.62</u>	1.24	0.86	1.08
	<i>Brachyphylla cavernarum</i>	<u>2.56</u>	1.17	1.69	0.16	<u>2.25</u>	2.45	1.80	0.96	<u>1.69</u>
	<i>Erophylla sezekorni</i>	<u>2.16</u>	1.45	1.58	-0.44	<u>1.74</u>	<u>1.85</u>	1.55	0.97	<u>1.46</u>
	<i>Phyllonycteris poeyi</i>	<u>1.95</u>	2.00	0.62	-0.38	1.63	<u>1.57</u>	0.99	1.10	1.06
	<i>Anoura geoffroyi</i>	<u>3.70</u>	4.74	0.48	-0.06	<u>2.32</u>	3.46	2.83	1.05	<u>3.14</u>
	<i>Choeronycteris mexicana</i>	<u>2.85</u>	1.68	1.03	0.04	2.20	2.42	0.95	1.51	1.34



Padrões de modularidade

magnitude de integração morfológica

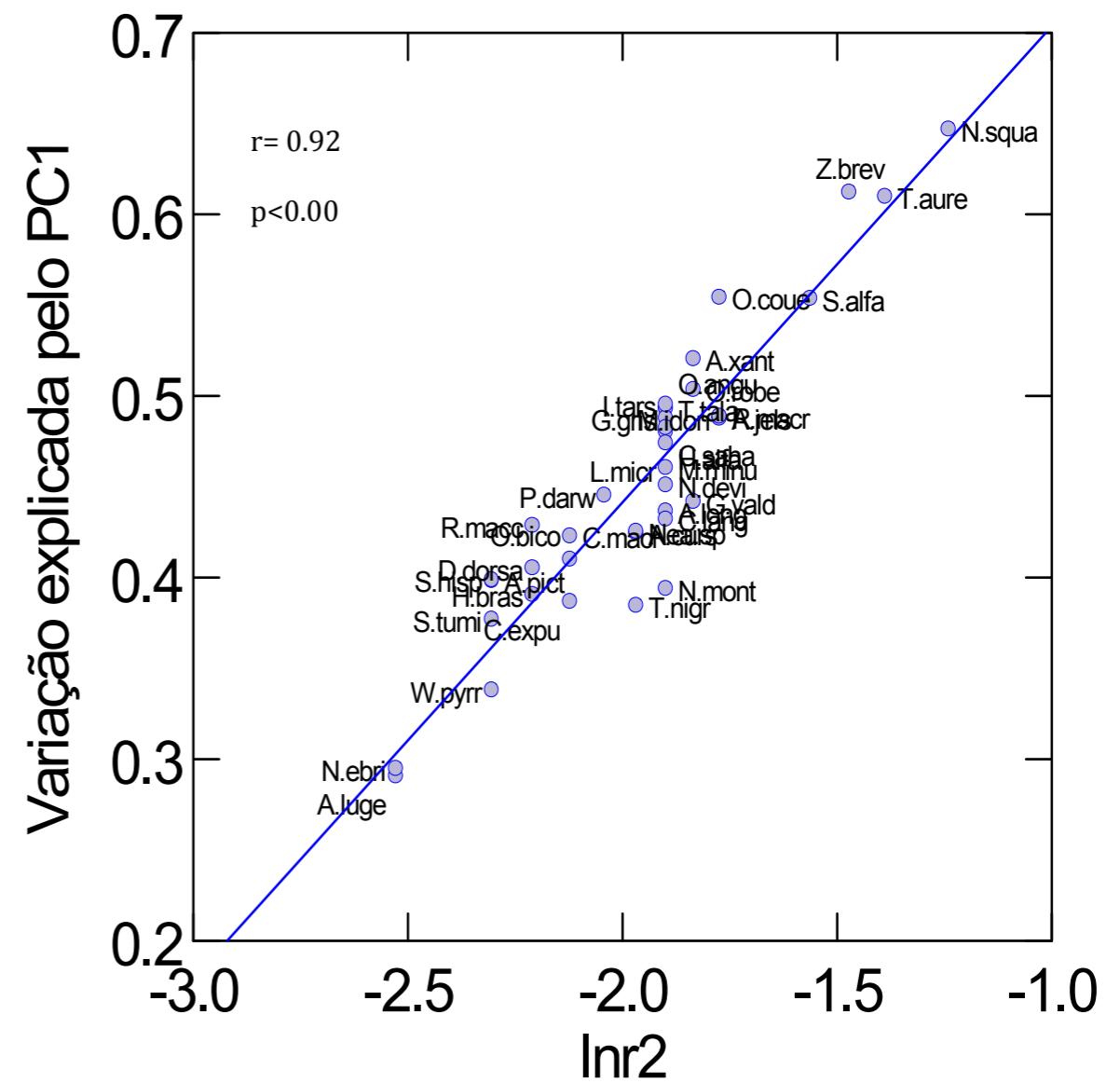
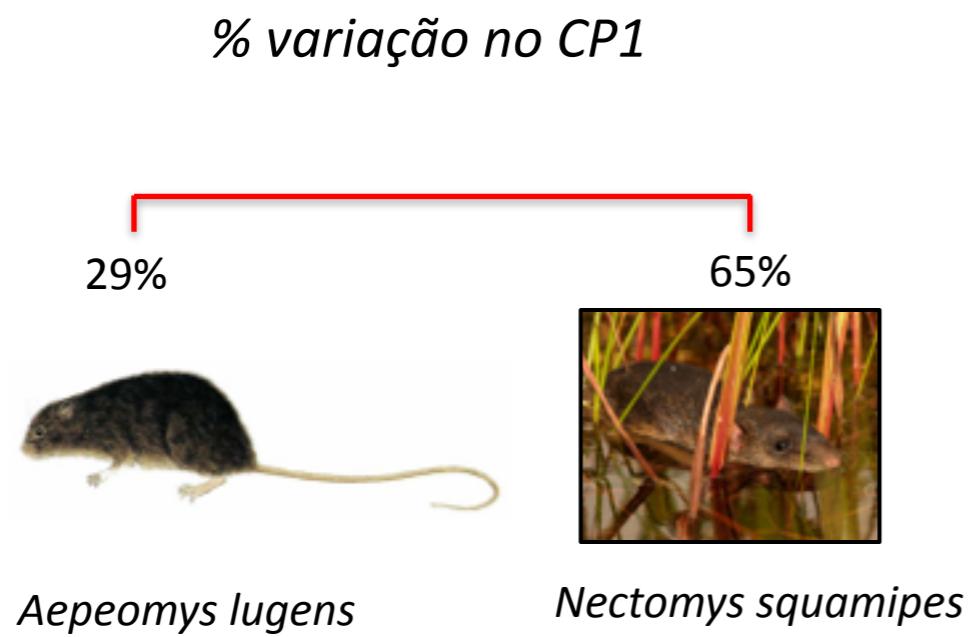
R² → uma estimativa do nível geral de associação entre os elementos morfológicos do crânio de um grupo qualquer

reconhecimento e índice de modularidade

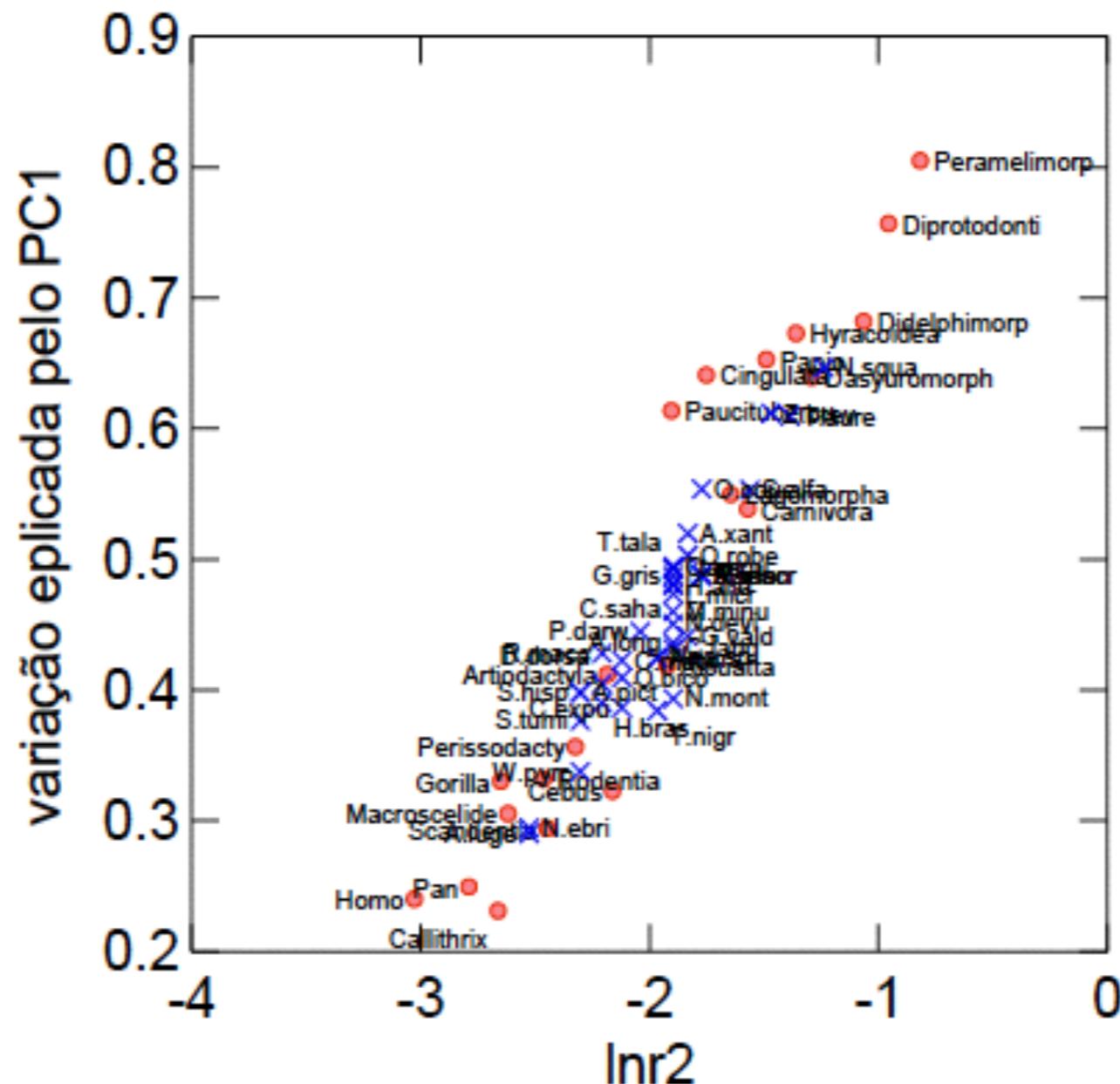
AVG+/ AVG- → nos fornece o nível modular de integração entre os caracteres

Relação de modularidade com integração (R2)

Relação de modularidade com integração (R2)

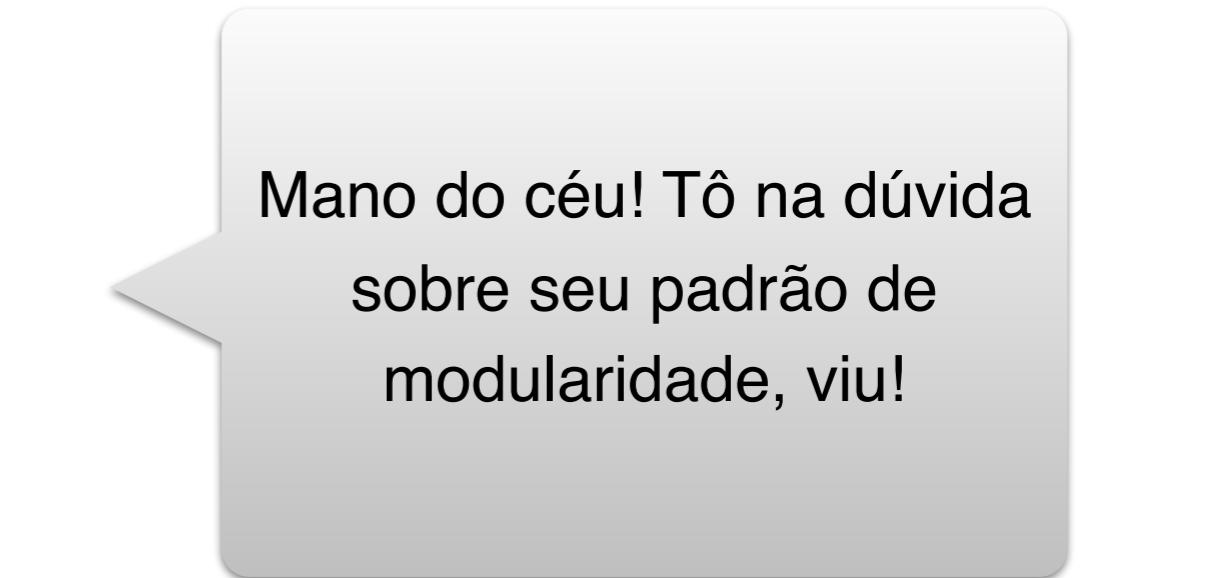


Relação de modularidade com integração (R2)

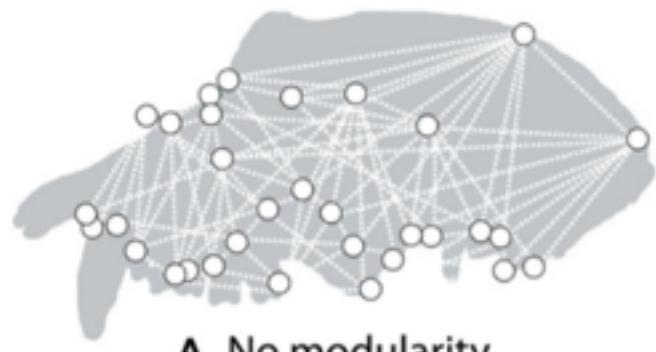


Emmli

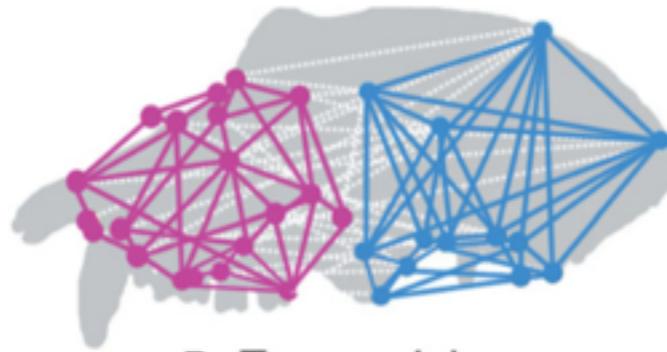
Análise de modularidade baseada em uma abordagem de verossimilhança



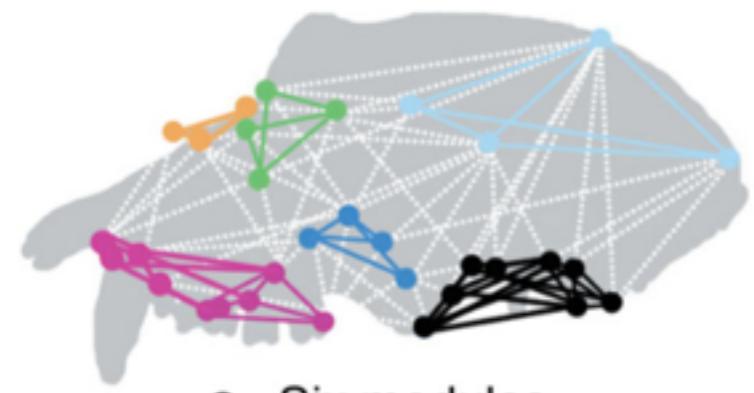
Modelos diferentes propostos para mamíferos



A No modularity

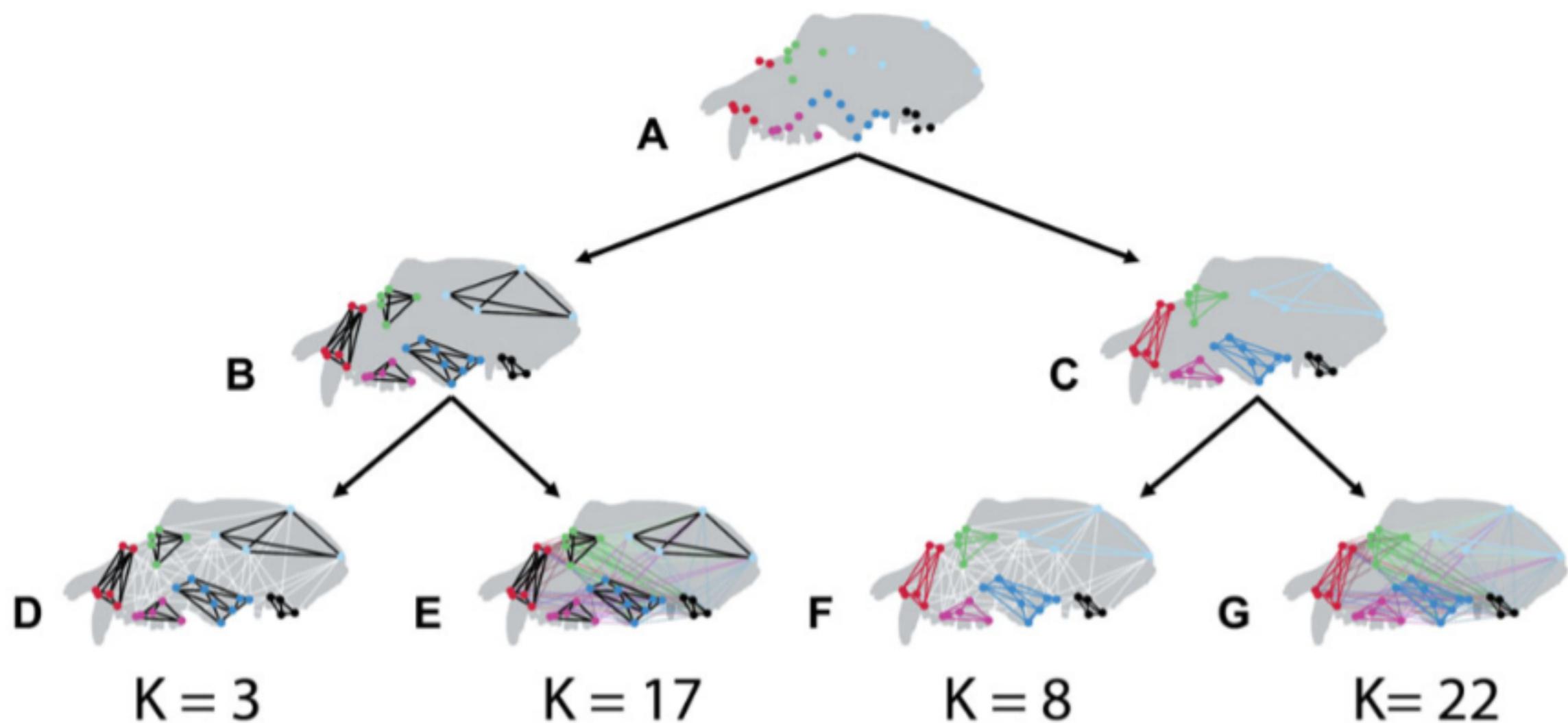


B Two modules



C Six modules

Modelos que variam na estrutura e grau complexidade



observando parametros

Model ID	Base model structure	# Modules	Model description	# Parameters
1	No modules	0	One ρ for all correlations	2
2	Neurocranial/Facial model	2	One within module ρ for both modules, one between-module ρ	3
3	Neurocranial/Facial model	2	Two within-module ρ s and one between-module ρ	4
4	Cheverud model	6	One within-module ρ and one between-module ρ	3
5	Cheverud model	6	Separate within-module ρ s and one between-module ρ	8
6	Cheverud model	6	One within-module ρ and separate between-module ρ s	17
7	Cheverud model	6	Separate within-module ρ s and separate between-module ρ s	22

comprendendo resultados

Model ID	K	LogL	AIC _c	ΔAIC _c	Model LogL	Model posterior probability
1	2	2078.86	-4153.72	916.21	1.11E-199	1.11E-199
2	3	2134.49	-4262.97	806.96	5.89E-176	5.89E-176
3	4	2147.54	-4287.06	782.88	1.00E-170	1.00E-170
4	3	2219.34	-4432.67	637.26	4.17E-139	4.17E-139
5	8	2380.83	-4745.58	324.35	3.69E-71	3.69E-71
6	17	2395.76	-4757.18	312.75	1.22E-68	1.22E-68
7	22	2557.25	-5069.93	0.00	1.00	1.000
8	3	2153.94	-4301.87	768.06	1.65E-167	1.65E-167
9	8	2226.56	-4437.03	632.90	3.69E-138	3.69E-138
10	17	2257.63	-4480.93	589.01	1.26E-128	1.26E-128
11	22	2330.25	-4615.93	454.00	2.60E-99	2.60E-99
12	3	2172.35	-4338.69	731.24	1.63E-159	1.63E-159
13	10	2246.04	-4471.95	597.98	1.41E-130	1.41E-130