



Ciências
ULisboa

Mestrado em Biologia do Organismo e Evolução

UC: Genómica e Alterações Ambientais

Como quantificar a diferenciação entre populações?

Estudos comparativos entre Q_{ST} e F_{ST}

Docente: Octávio Paulo

Discente: Ana Abril, nº 56192

2024/2025

ÍNDICE

1

F_{ST}

2

QTL

3

Q_{ST}

4

Como medir?

5

Como aplicar?

6

Relevância para a UC

F_{ST} – índice de fixação alélica

Medida do inbreeding
de subpopulações
em relação ao total

Variação de
frequências alélicas
de marcadores
neutrais

Diferenciação entre
subpopulações

Q_{ST}

Análise de QTL para estudar a divergência entre subpopulações

O que são QTL?

Características discretas

Características fenotípicas que se apresentam em categorias

Características contínuas

Características cujo fenótipo varia num continuum

Quantitative Trait Locus (QTL)

Região genómica com vários genes que influenciam a expressão de uma característica contínua

Q_{ST} – índice de diferenciação de traços quantitativos

Inbreeding de
subpopulações
em relação ao
total

Medida de variação
de frequências
alélicas para
características
quantitativas

Como medir?

$$H_S = 1 - \sum_{i=1}^h p_{i,s}^2$$

$$H_T = 1 - \sum_{i=1}^h \bar{p}_i^2$$

$$F_{ST} = \frac{H_T - \bar{H}_S}{H_T}$$

σ_{GB}^2 - variação genética
entre subpopulações

σ_{GT}^2 - variação genética
da população total

$$Q_{ST} = \frac{\sigma_{GB}^2}{\sigma_{GT}^2}$$

Como medir?

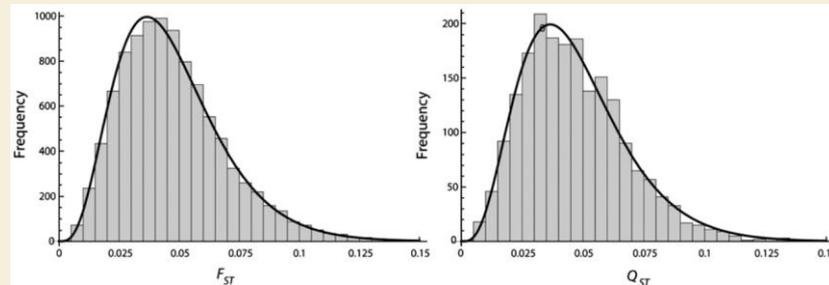
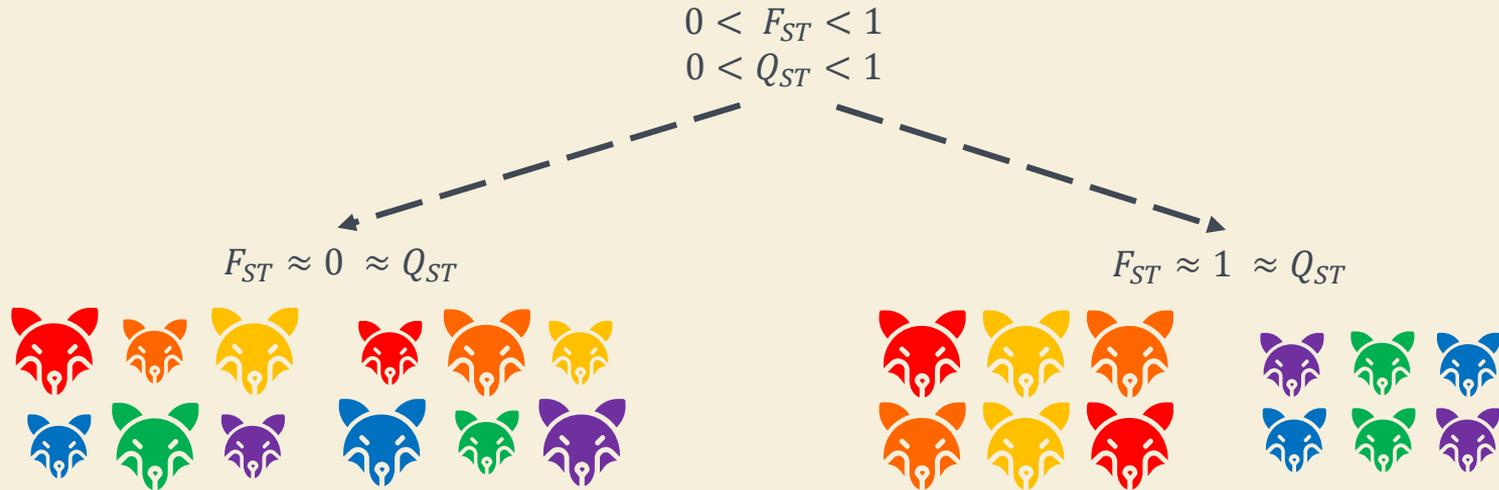
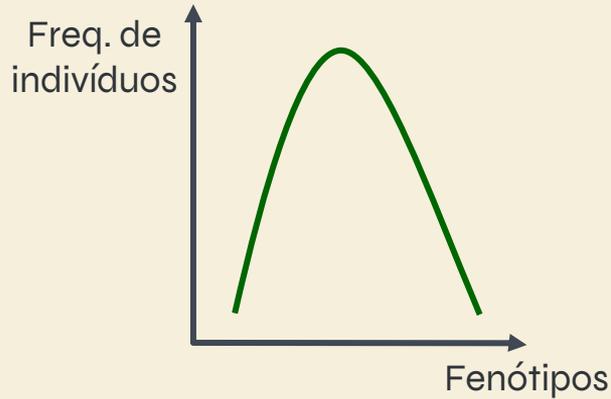


Fig. 1 - F_{ST} e Q_{ST} em análises de características neutrais.[3]

Como medir?

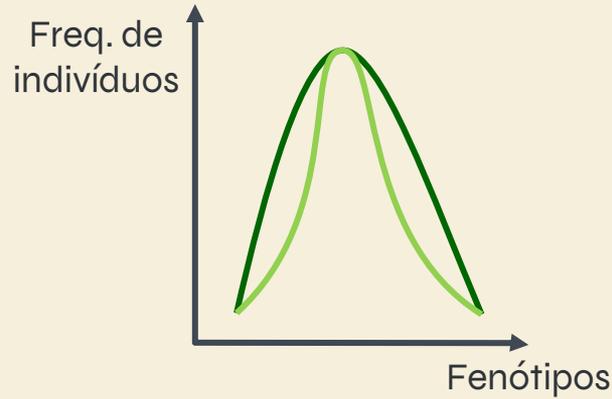
$$Q_{ST} \approx F_{ST}$$

Deriva



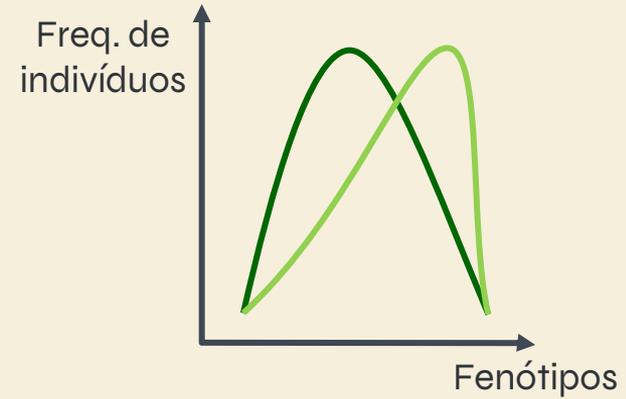
$$Q_{ST} < F_{ST}$$

Seleção estabilizadora



$$Q_{ST} > F_{ST}$$

Seleção direcional



Como aplicar?

Context	Species	Inference
Local adaptation	<i>Rana temporaria</i> ¹⁰⁹ , <i>Tyto alba</i> ¹¹⁰ , <i>Helianthus maximiliani</i> ¹¹¹ , various tree species ⁶⁷	Identification of natural selection as a cause of broad-scale clinal variation in morphological and life-history traits
Sexual selection	<i>Silene latifolia</i> ¹¹²	Identification of sex-specific selection as the cause of evolution of sexual dimorphism
Speciation	<i>Pundamilla</i> spp ¹¹³ , <i>Larus</i> spp ¹¹⁴	Adaptive divergence maintains species integrity despite high gene flow
Evolutionary stasis	<i>Antichiropus variabilis</i> ¹¹⁵ , <i>Pinus pinaster</i> ⁵⁰	Identification of selective constraints explaining phenotypic uniformity across species ranges
Human-induced evolution	<i>Thlaspi caerulescens</i> ¹¹⁶ , <i>Rana temporaria</i> ⁶⁹ , <i>Arabidopsis halleri</i> ¹¹⁷	Demonstrations of how human-induced habitat changes can either cause or impair adaptation
Artificial selection	<i>Oryza sativa</i> ¹¹⁸ , <i>Zea mays</i> ¹¹⁹	Demonstrations of how selective breeding shapes diversification and population structuring of crop species
Conservation	<i>Arabis fecunda</i> ¹²⁰ , <i>Araucaria araucana</i> ¹²¹	Demonstrations that setting conservation priorities should not be based only on neutral marker diversity, and that $Q_{ST}-F_{ST}$ comparisons can be used to identify populations that are suitable for translocation
Management	<i>Liatris scariosa</i> ¹²¹ , <i>Salmo trutta</i> ⁵¹	Identification of units or populations that are suitable for translocation or stocking
Transcriptomics	<i>Salmo salar</i> ⁸³	Identification of genes under selection using the distribution of Q_{ST} values of transcription levels
Human evolution	<i>Homo sapiens</i> ^{64,122}	Identification of adaptive phenotypic differentiation among human populations

Fig. 2 – Exemplos de aplicações de comparação $F_{ST} - Q_{ST}$.^[4]

Como aplicar?

Biologia da Conservação

P. balsamifera



↓ F_{ST}



Necessário amostrar e
conservar 2
subpopulações

↑ Q_{ST}



Necessário amostrar e
conservar no mínimo 6
subpopulações

Análise apenas com F_{ST} subestima amostra
necessária para conservação de sucesso

Conclusão

Estudos $Q_{ST} - F_{ST}$

Redefinir estratégias
de conservação

Identificar seleção sexual

Identificar diferentes respostas
evolutivas de (sub)populações
expostas ao mesmo estímulo

Alterações
antropogénicas

Referências

1. Aulas de Biologia Evolutiva e Genética Aplicada de LBio – FCUL em 2023/2024.
2. Whitlock, M. C. (2008). Evolutionary inference from QST . *Molecular Ecology*, 17(8), 1885–1896.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03712.x>
3. Whitlock, M. C., & Guillaume, F. (2009). Testing for spatially divergent selection: comparing QST to FST . *Genetics*, 183(3), 1055–1063. <https://doi.org/10.1534/genetics.108.099812>
4. Leinonen, T., McCairns, R. J. S., O'Hara, R. B., & Merilä, J. (2013). QST – FST comparisons: evolutionary and ecological insights from genomic heterogeneity. *Nature Reviews Genetics*, 14(3), 179–190.
<https://doi.org/10.1038/nrg3395>
5. Chung, M. Y., Merilä, J., Kim, Y., Mao, K., López-Pujol, J., & Chung, M. G. (2023). A review on QST – FST comparisons of seed plants: Insights for conservation. *Ecology and Evolution*, 13(3).
<https://doi.org/10.1002/ece3.9926>