

TECTÔNICA



Orógenos de Colisão - conceitos e exemplos

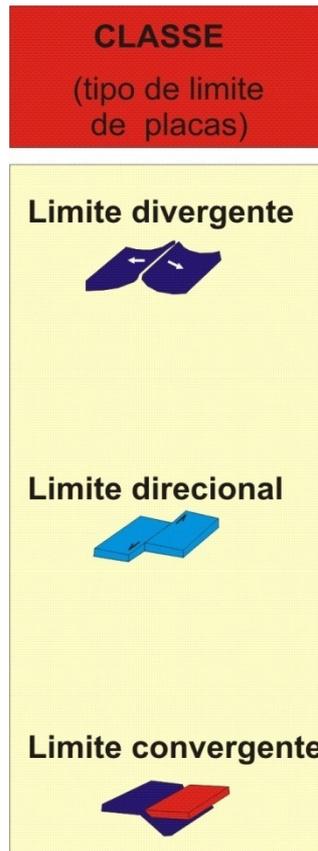
LIMITES DE PLACAS E OROGÊNESE

O conceito de **CICLO TECTÔNICO** envolve quebra de massas continentais (rifteamento), abertura de oceano e estabelecimento de margens continentais passivas, deriva continental e processos de convergência, que tendem a culminar na aglutinação de nova massa continental [Clowes *et al*/ Episodes 22 (1999) 3-20].

ORÓGENOS (ou cinturões orogênicos) resultam de processos de convergência entre duas placas litosféricas (Sengör, 1990) – subdução-colisão-transpressão – ; ou de processos de flutuação negativa da litosfera no interior remoto do continente – intraplacas (Raimondo *et al*, 2014).

Uma assembléia desordenada (diferentes cinemáticas) e diacrônica de placas convergentes, que resulta em uma coleção, complexamente reunida, de diversos blocos, ou fragmentos de crosta, configura uma **COLAGEM OROGÊNICA** [Helwig/Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 19 (1974) 359-376].

Um **SISTEMA OROGÊNICO** pode ser definido como uma assembléia de orógenos -entre diferentes placas e terrenos- que culminou na aglutinação de proto-continentes antecessores ao super-continente.



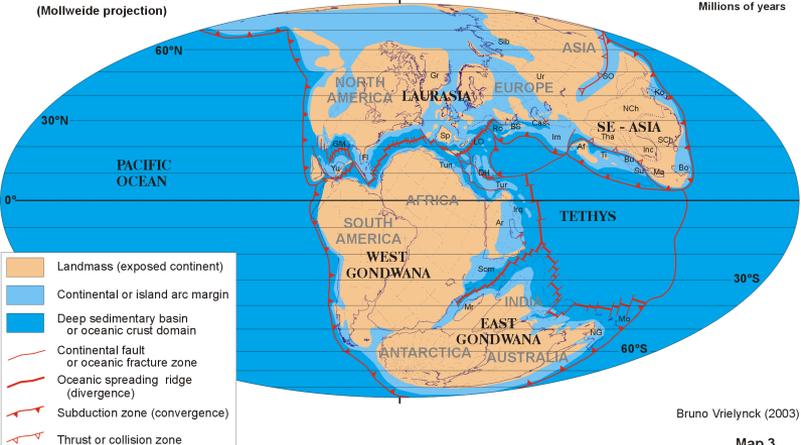
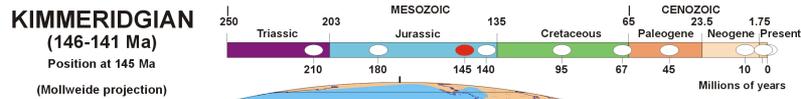
Sengör (1990)

Sengör, A.M.C., 1990. Plate tectonics and orogenic research after 25 years: A Tethyan perspective. *Earth Science Review*, **27** : 1-201.

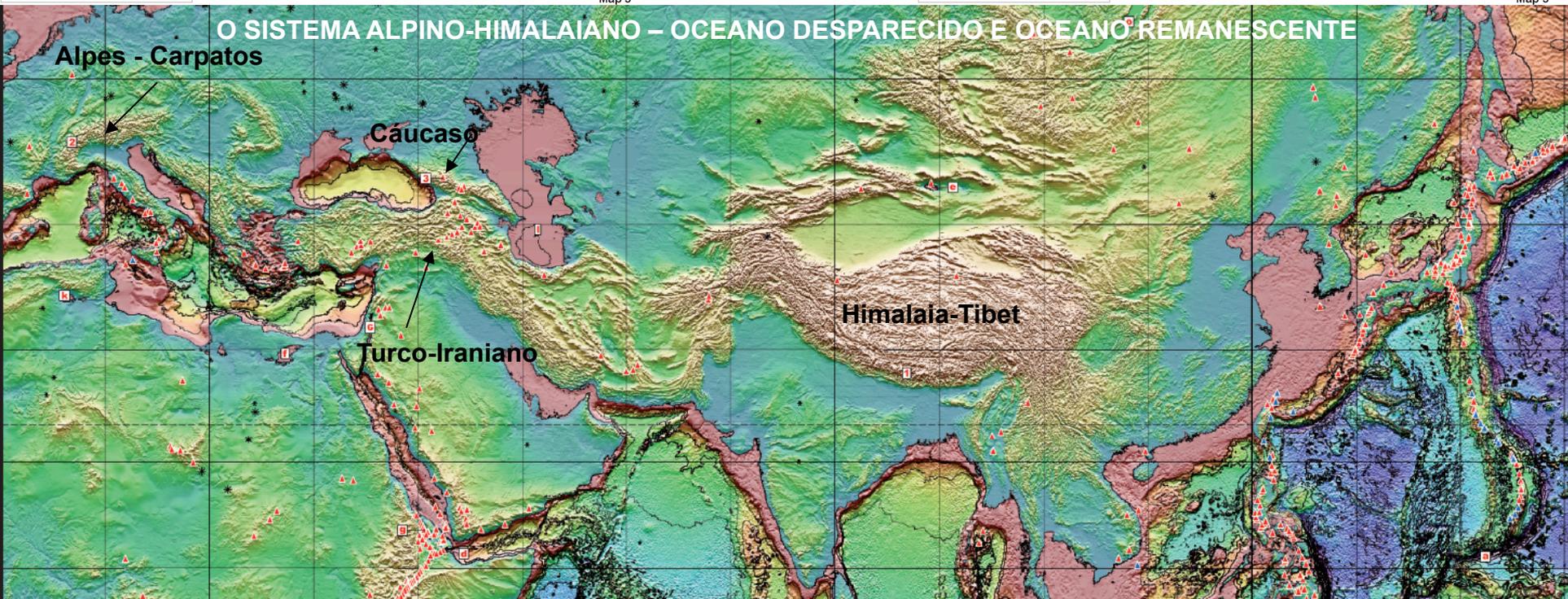
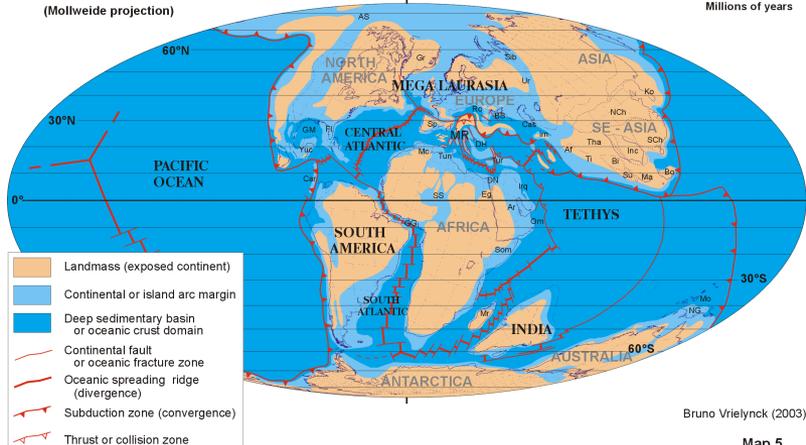
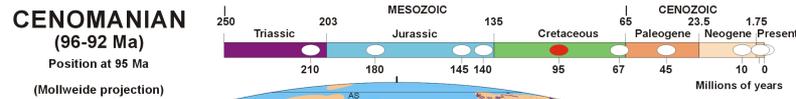
Raimondo, T., Hand, M., Collins, W.J., 2014. Compressional intracontinental orogens: Ancient and modern perspectives. *Earth Science Reviews*, 130: 128-153.

Orógenos de Colisão

NOÇÃO DE GRANDEZA DOS SEGMENTOS OCEÂNICOS DO TETHYS – Berço do Sistema Orogênico Alpino-Himalaiano



Fragmentação do supercontinente Pangea



Orógenos de Subducção e Colisão

Os orógenos de subducção foram abordados pela natureza do arco magmático.

OS ORÓGENOS DE SUBDUCÇÃO E COLISÃO, QUE SE DESENVOLVEM NOS LIMITES CONVERGENTES DE PLACAS CONTINENTAIS (APÓS CONSUMO DE PLACA OCEÂNICA), DISTINGUEM-SE ENTRE SI, PELOS DIFERENTES TIPOS DE *NAPPES*, COM IMPLICAÇÕES NO TAMANHO DO OCEANO DESAPARECIDO NA COLISÃO.

Com base na natureza, proveniência e geometria da placa tectônica superior pode-se distinguir dois grupos principais de orógenos de colisão :

1- CADEIAS DE MONTANHAS NAS QUAIS UMA DAS PLACAS CONTINENTAIS COLIDENTES CAVALGA A OUTRA PLACA CONTINENTAL POR DISTÂNCIAS SUPERIORES A 100 KM EM UM NÍVEL RASO DE CROSTA (<15 KM)

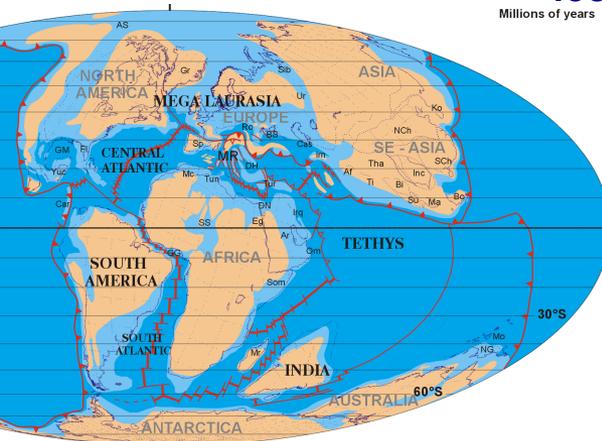
2- CADEIAS DE MONTANHAS NAS QUAIS NÃO HÁ CAVALGAMENTO, EM NÍVES RASOS DE CROSTA CONTINENTAL, DE UMA PLACA CONTINENTAL SOBRE OUTRA.

Orógenos de Colisão

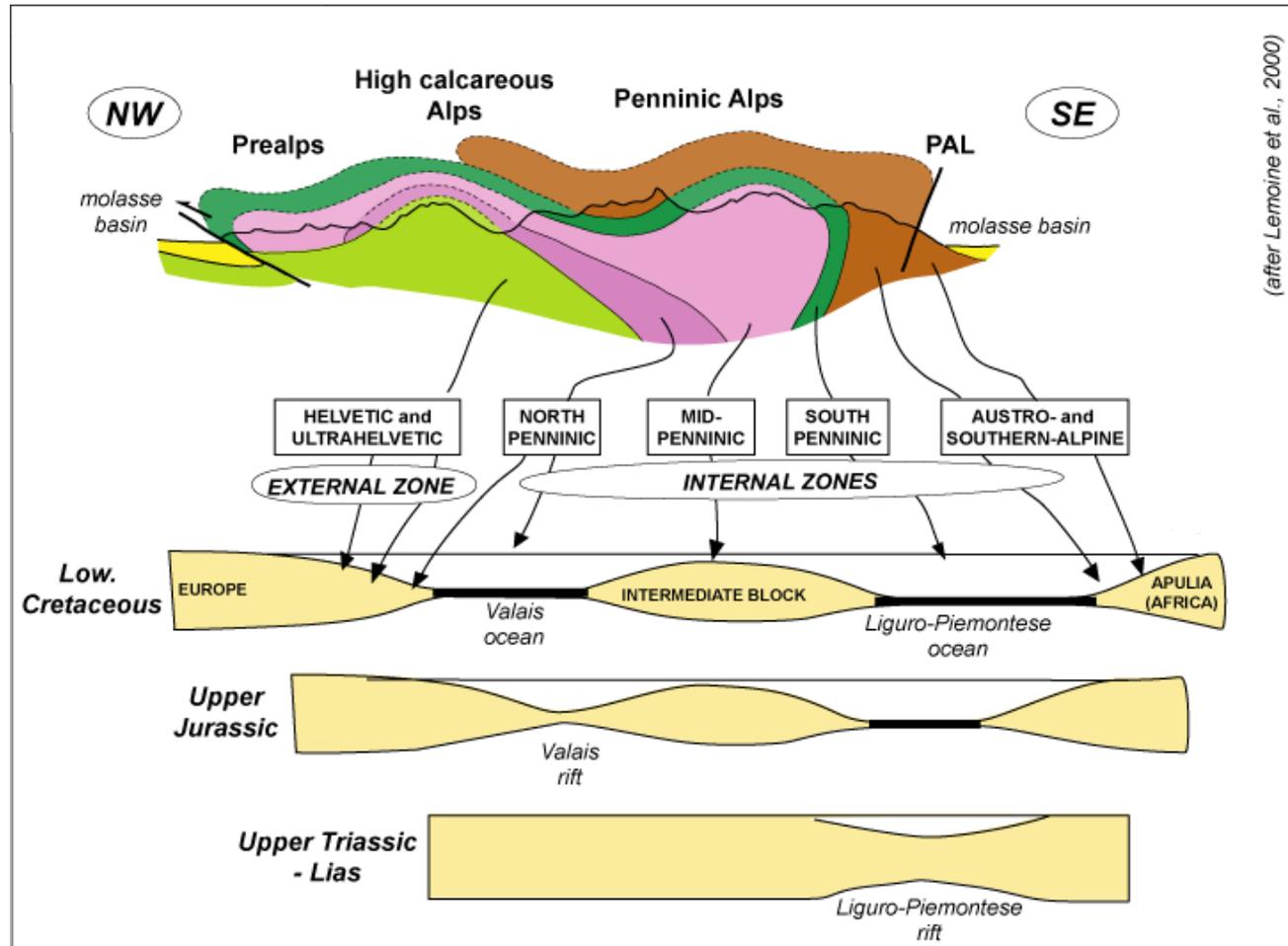
1- cadeias de montanhas nas quais uma das placas continentais colidentes cavalga a outra placa continental por distâncias superiores a 100 km em um nível estrutural raso (<15 km)

-ORÓGENO DE COLISÃO TIPO-ALPINO -

fechamento de um pequeno segmento oceânico



Millions of years



(after Lemoine et al., 2000)

GEOMETRIA DO ORÓGENO ALPINO placa superior - Africa

Nappe interna Austro-Alpina

domínio oceânico Liguro-Piemontês (sutura ofiolítica 1)

Nappes Sul-Penínicas

microcontinente subductado

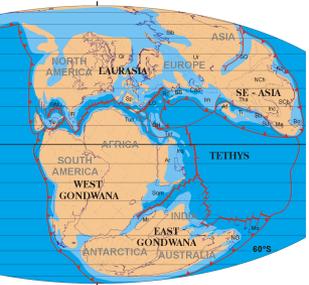
Nappes Penínicas Intermediárias

domínio oceânico Valais (sutura ofiolítica 2)

Nappes Norte-Penínicas

placa inferior - Europa

Nappes Helvéticas/UltraHelvéticas



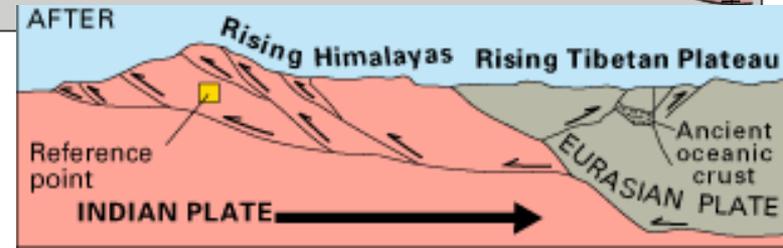
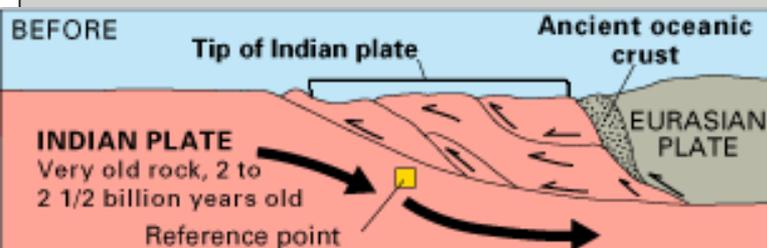
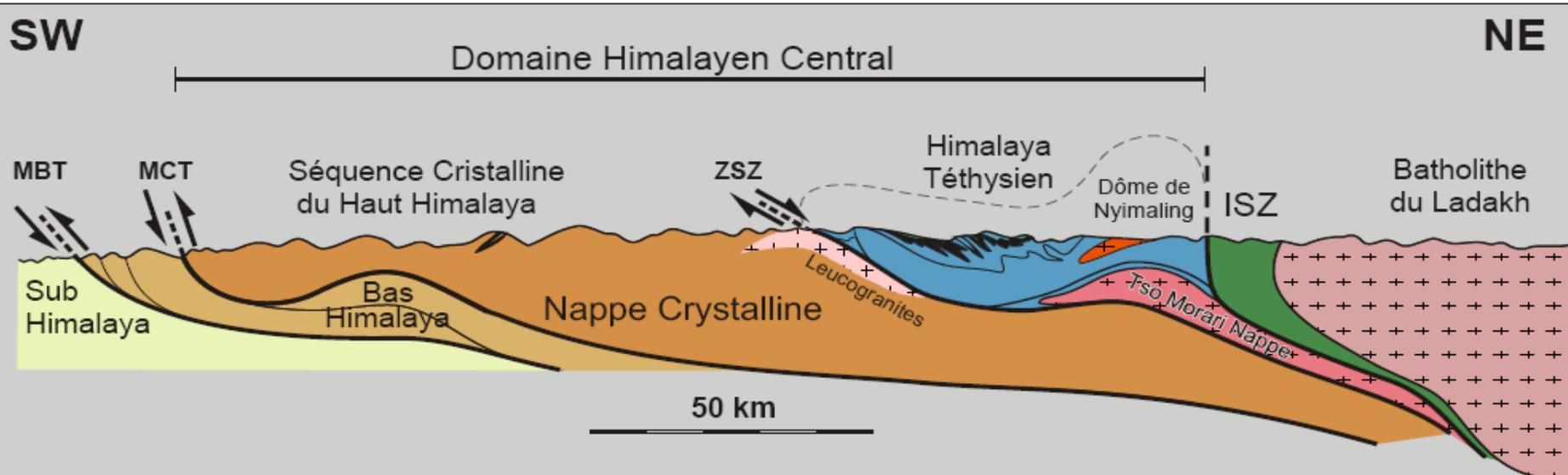
Orógenos de Colisão

ORÓGENO DE COLISÃO TIPO HIMALAIANO

fechamento de um grande domínio oceânico

2- cadeias de montanhas caracterizadas por grandes nappes profundas rompidas na margem continental passiva. Os alóctonos rasos são *nappes* ofiolíticas (transição continente-oceano) com fatias de prismas acrescionários. Placa superior – margem ativa – não cavalga, em níveis rasos, a crosta superior da margem passiva.

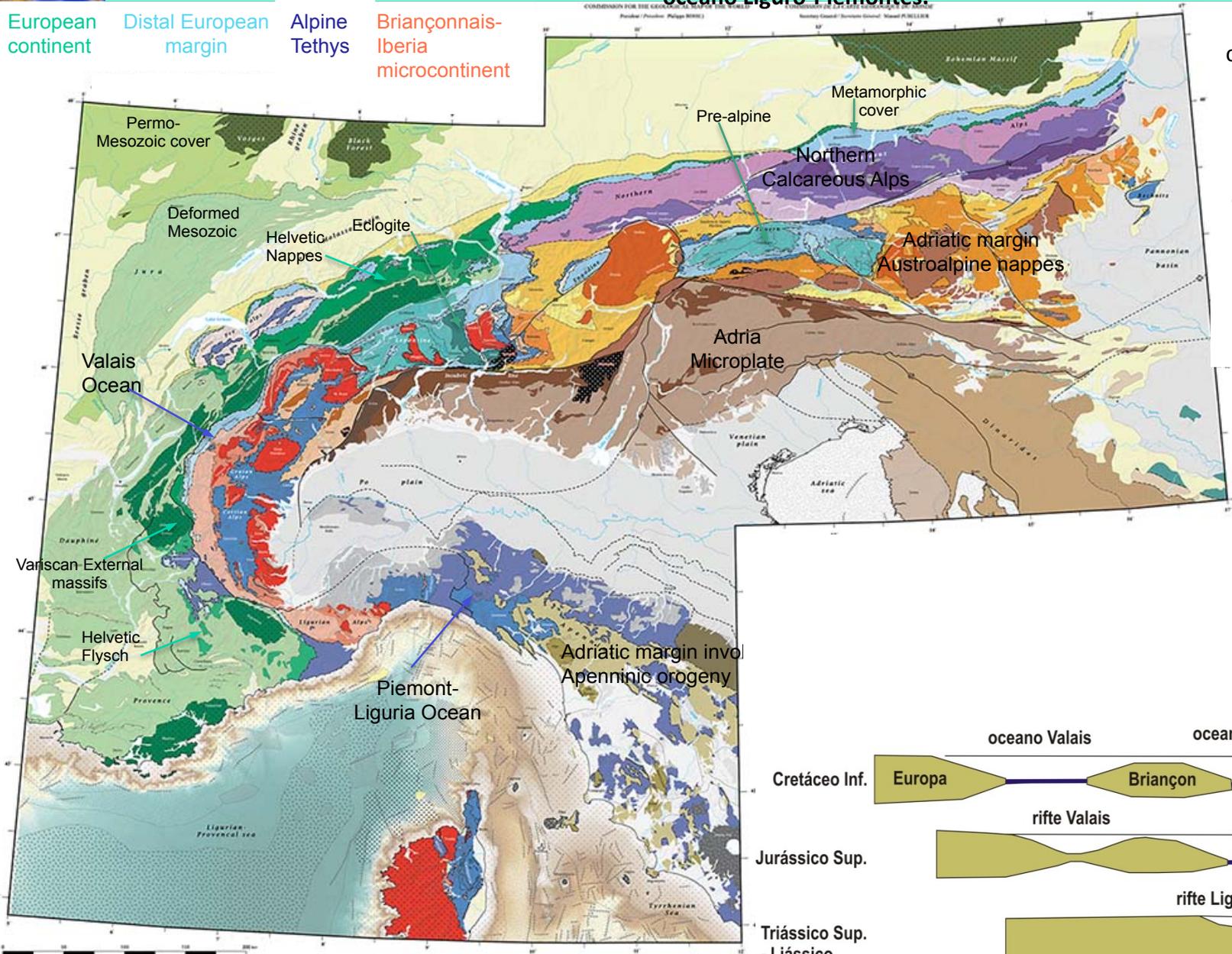
Contraposição entre espesso pacote de rochas sedimentares/metassedimentares fanerozóicas da margem continental passiva da Índia (longa vida do oceano), através de extensa falha normal, sobre as rochas metamórficas de fácies anfibolito superior/granulito no alto Himalaia



ORÓGENO DE COLISÃO ALPINO

A geometria do Orógeno de Colisão Alpino é a de um traçado em arco da zona de sutura entre as placas tectônicas convergentes (Europa a oeste e Apulia a leste). Cavalgamento raso (15 km) da crosta superior da margem de Apulia sobre a Europa, fechando o oceano Ligo-Piemontês.

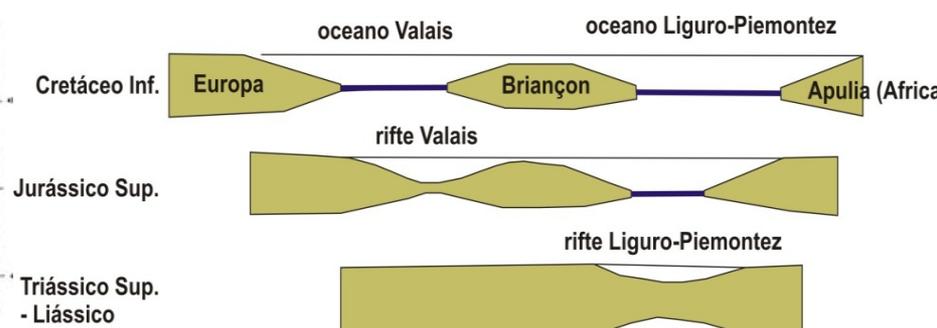
European continent
Distal European margin
Alpine Tethys
Briançonnais-Iberia microcontinent



placa superior cavalga, em níveis de crosta rasa, a placa inferior

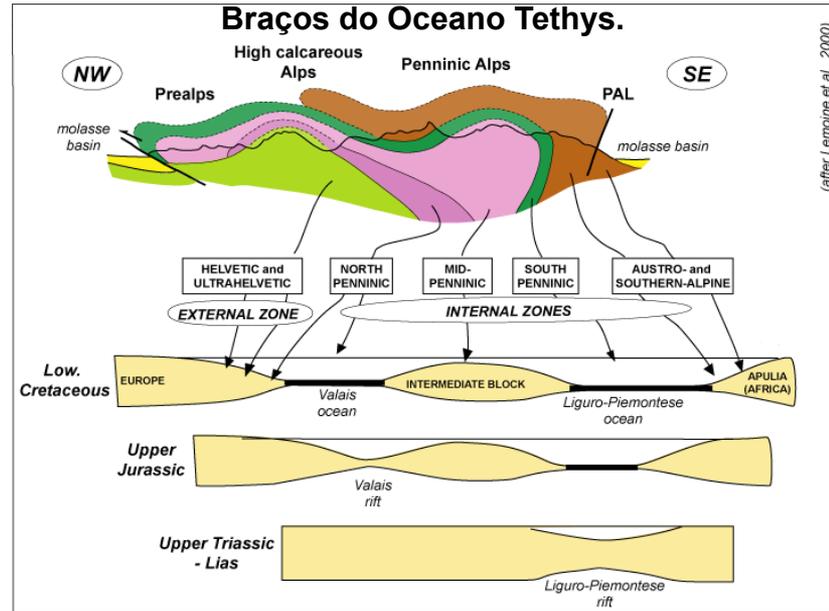
nappes de fundo oceânico com ofiolitos e *mélanges* caracterizam as zonas de suturas.

não há o desenvolvimento de arco magmático



Orógeno de Colisão Alpino

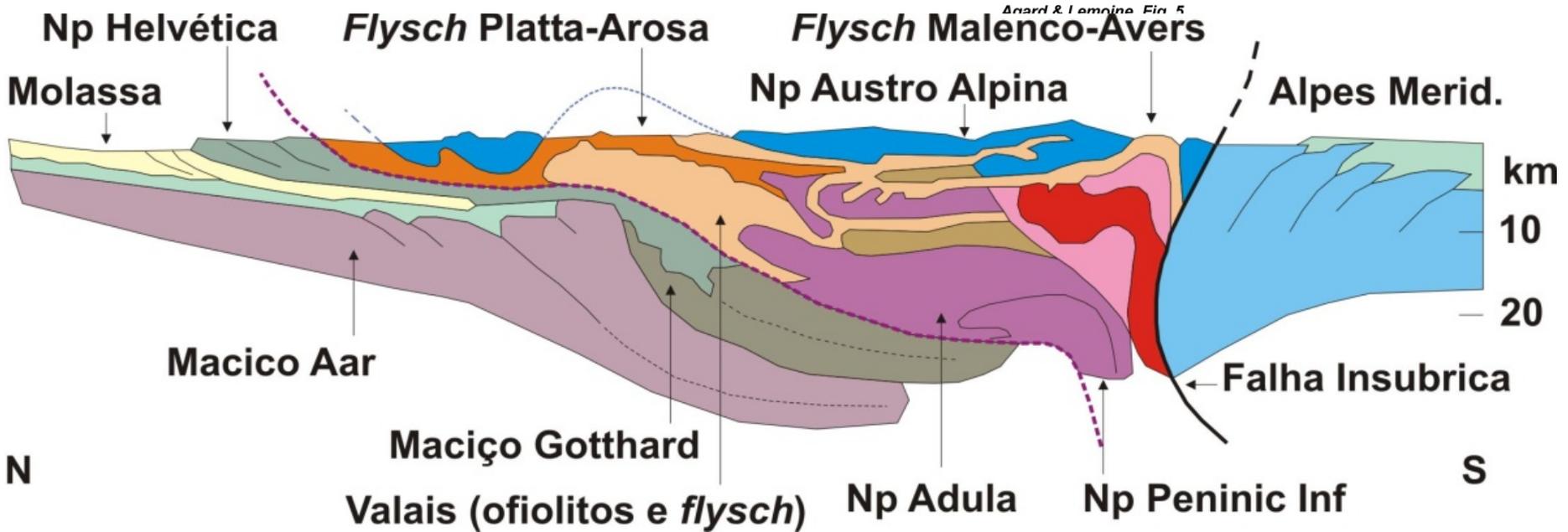
Esquema evolutivo da colisão alpina



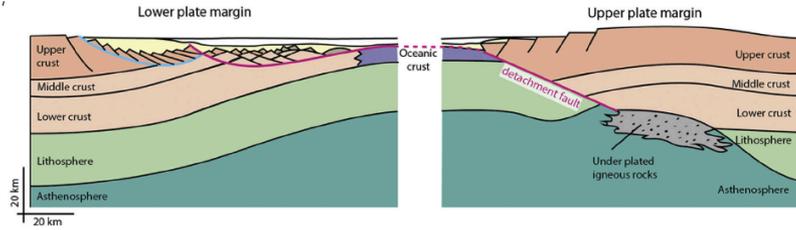
Placa africana (Apulía): Nappes austro-alpinas (embasamento e coberturas); alpes meridionais

Terreno Penínico: Nappes ofiolíticas, mélangé e flysch, embasamento continental; tonalito-granodiorito Bergell

Placa europeia: maciços graníticos do embasamento continental, coberturas molássicas e Nappes Helvéticas.



Orógeno de Colisão Alpino

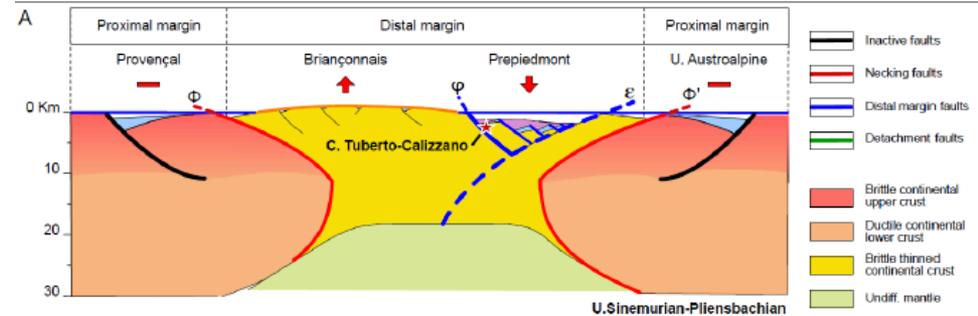
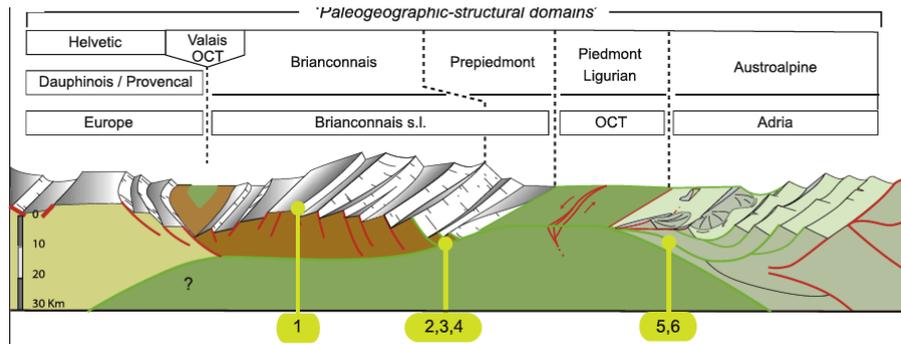


Modelo clássico de rifte assimétrico e margens continentais passivas conjugadas de crosta superior e de crosta inferior

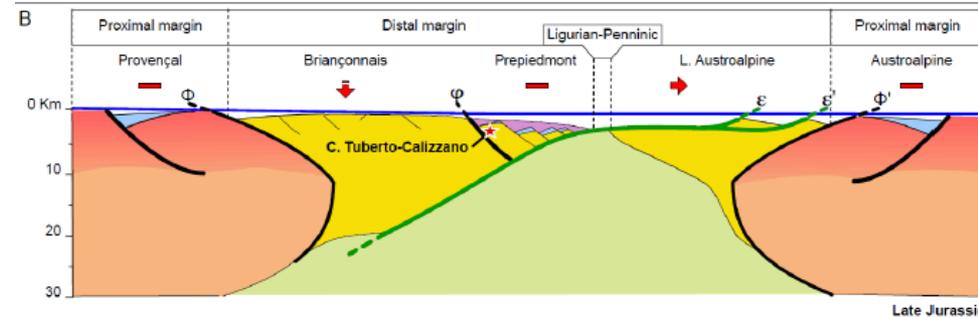
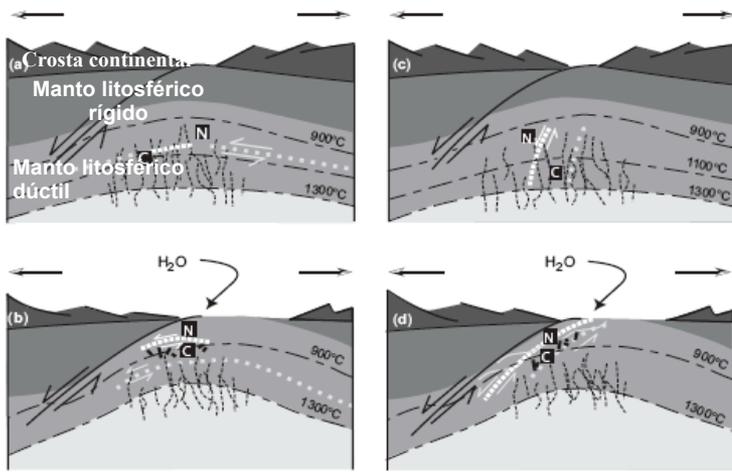
Lister et al / *Geology* 14 (1986)

Esquema evolutivo da colisão alpina - paleogeografia

Margens conjugadas de rifte estirado e pobre em rochas magmáticas



A. Decarlis et al / *Marine and Petroleum Geology* 68 (2015) 54–72



Exumação assimétrica do manto subcontinental e do assoalho oceânico ao longo de um sistema de falhas normais em padrão lístrico.

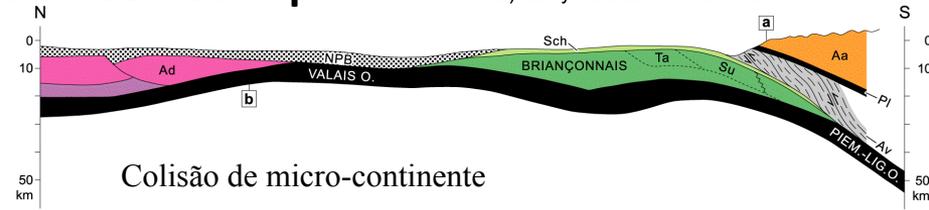
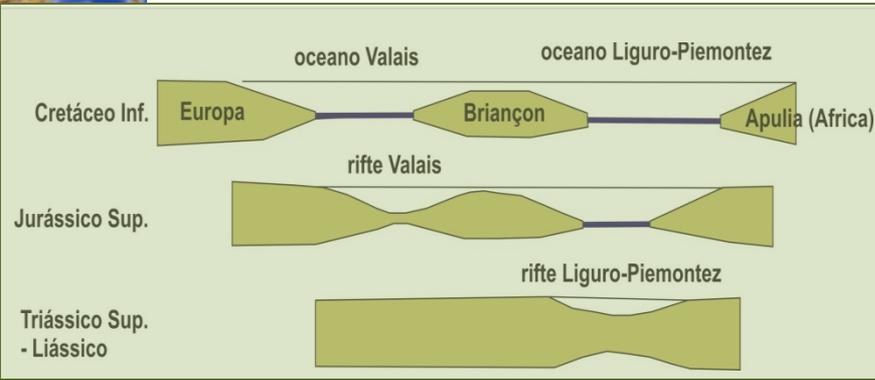
Decarlis et al/ *Tectonics* (2017)



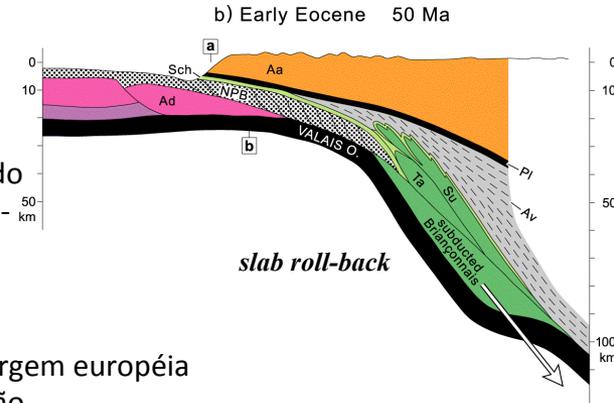
Orógeno de Colisão Alpino

Evolução geodinâmica da colisão Alpina

Schmid et al./Tectonics 15 (1996) 1036-1064

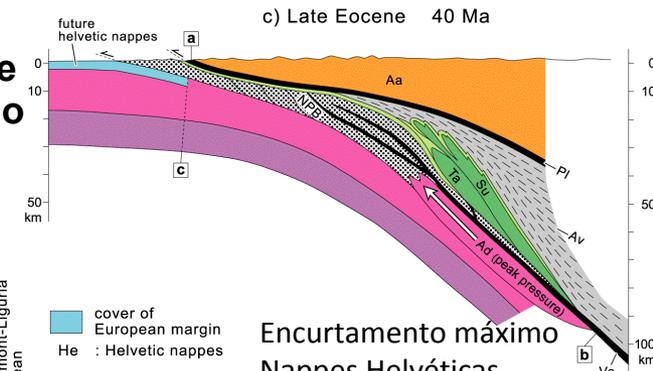


Espessamento do prisma acrescionário
Extrusão das nappes oriundas do terreno *Briançon* subductado
Metamorfismo de alta pressão-baixa temperatura

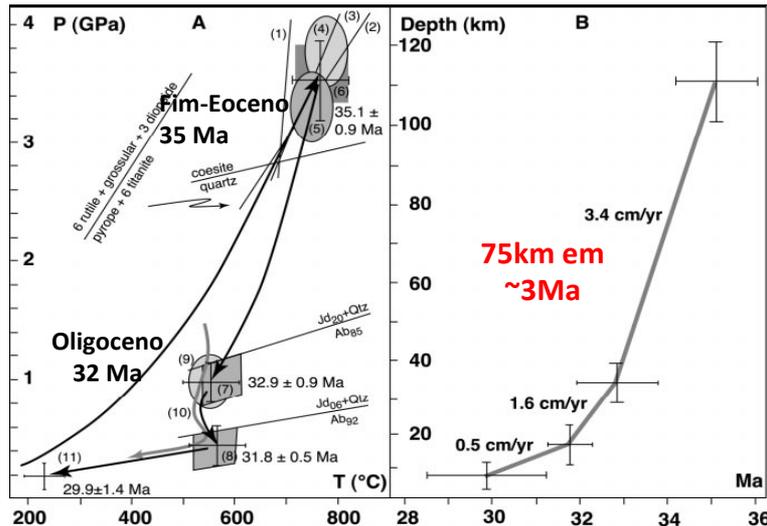


Subducção e extrusão da margem europeia
Metamorfismo de alta pressão

30 m.y. de processo de colisão com subducção ativa



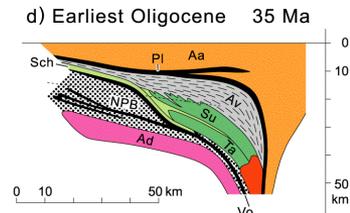
Triássico: Rift continental (fragmentação de Pangea)
Jurássico: Rift oceânico e deriva de fragmentos continentais (braço do Tethys), subsidência das margens passivas
Cretáceo Inferior: Abertura do Atlântico Norte
Cretáceo Superior: Subducção e convergência entre as margens passivas
Paleoceno: Início da colisão
Oligoceno: Rompimento da litosfera da Europa em subducção



N of Insubric line:

- upper crust of Apulian margin
- Pi: Platta-Arosa ophiolites
- Av: Avers Bündnerschiefer
- Briançonnais upper crust
- Su: Suretta nappes
- Ta: Tambo nappes
- Sch: Schams nappes
- Valais oceanic crust and subcontinental mantle
- Vo: Valais ophiolites
- North Penninic Bündnerschiefer (NPB)

- cover of European margin
- He: Helvetic nappes
- upper crust of European margin
- Ad: Adula nappes
- Gr: Gruf nappes
- S: Simano nappes
- Lu: Lucomagno nappes
- Go: Gotthard massif
- Aar: external massif
- lower crust of European margin
- Bergell intrusion

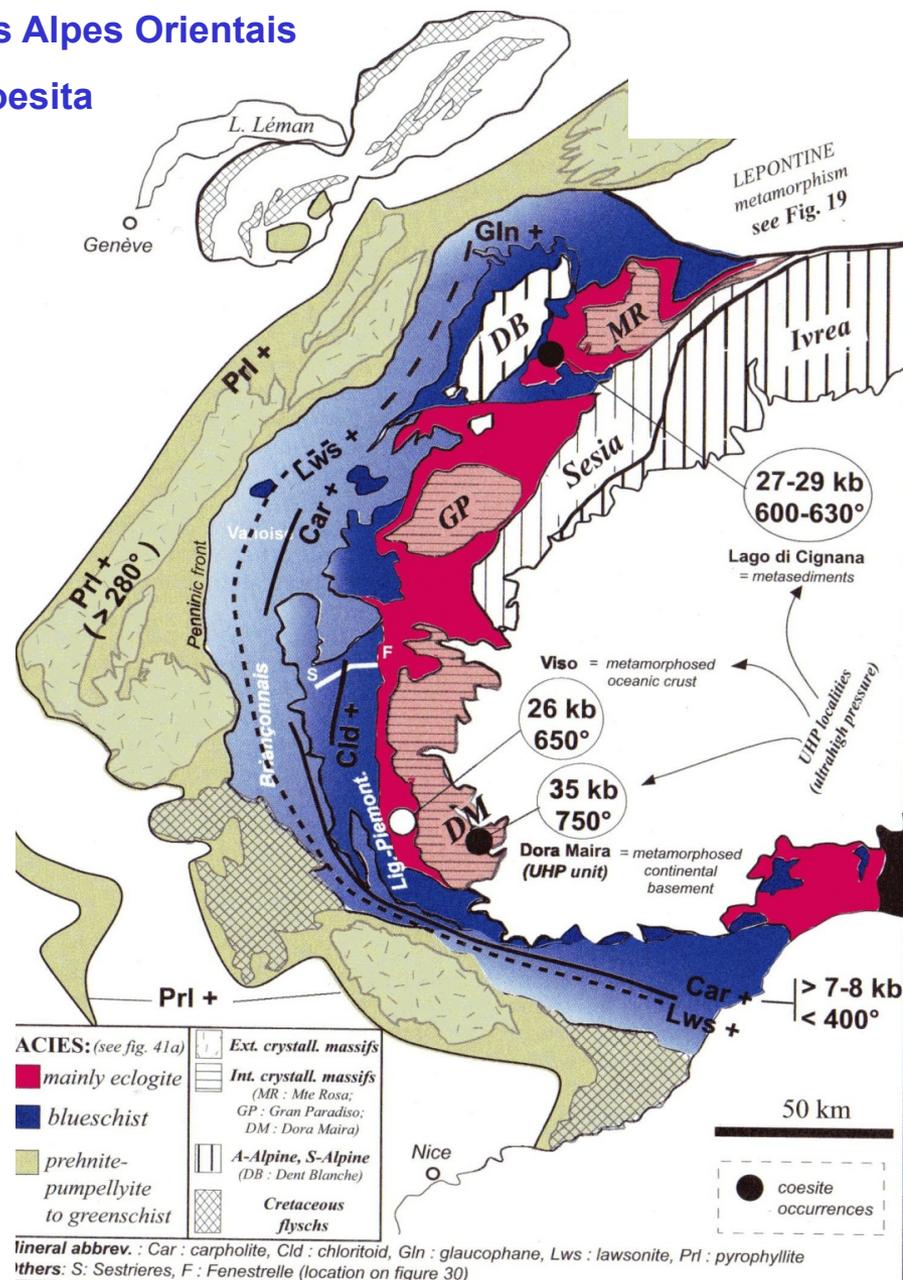
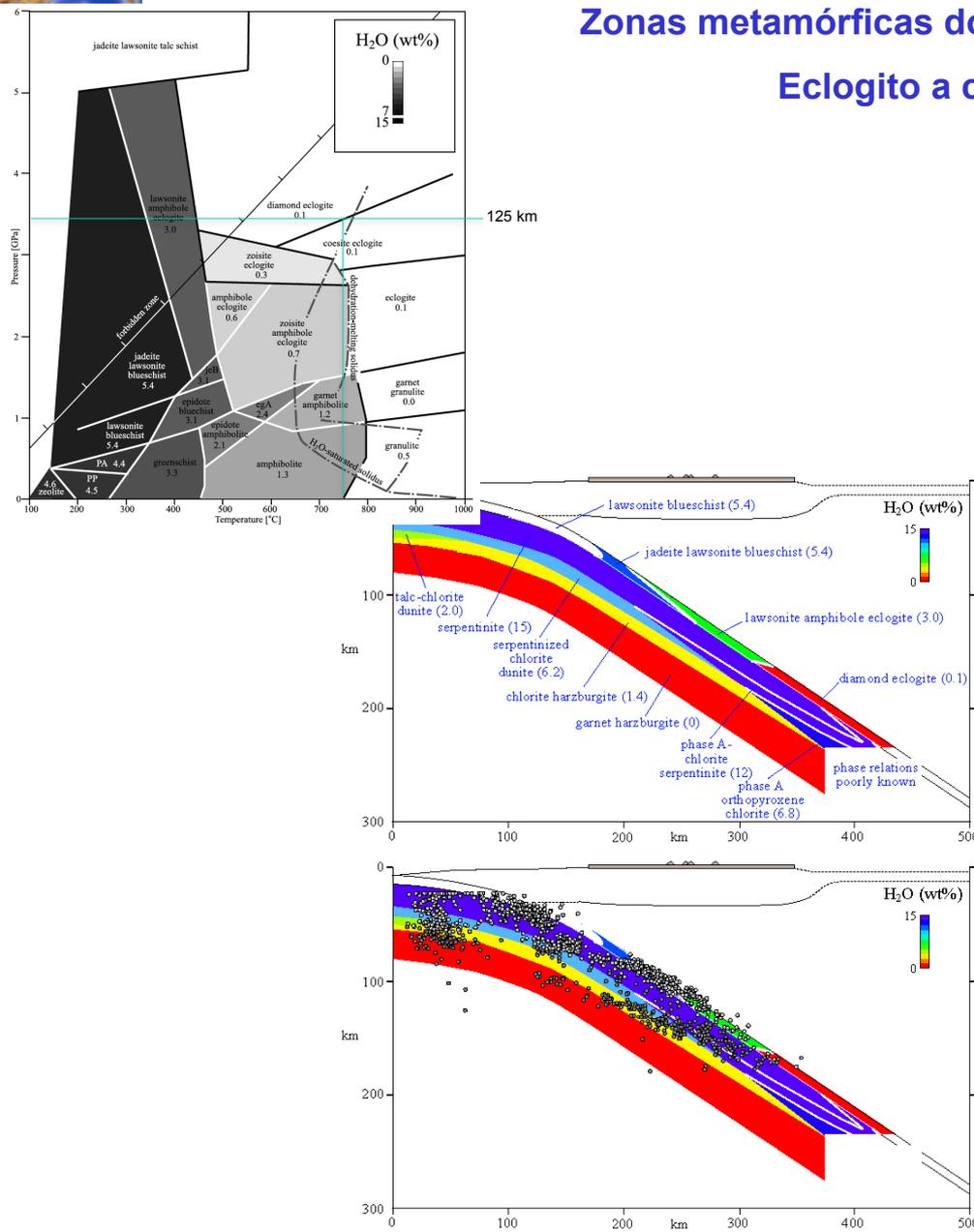


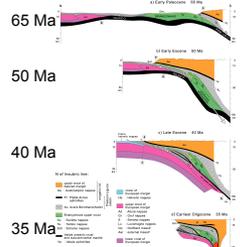
Orógeno de Colisão Alpino

EVENTO METAMÓRFICO ALPINO DE ALTA PRESSÃO E BAIXA TEMPERATURA

Zonas metamórficas dos Alpes Orientais

Eclogito a coesita





Orógeno de Colisão Alpino

Evolução da colisão Alpina

Horizontalização das nappes em 3 my →

Espessamento da crosta superior da margem europeia com flutuação positiva e horizontalização das nappes.

Gradiente metamórfico barroviiano.

Desacoplamento entre a crosta inferior e a crosta superior

Rompimento do *slab* da litosfera europeia (campo em extensão, dentro do *slab*, gerado pelas forças opostas de flutuação: 1- litosfera profunda densa em subdcção (flutuação negativa) e 2- litosfera continental menos densa e espessa (flutuação positiva).

Injeção da astenosfera, fusão do manto litosférico da placa superior, intrusões granito-tonalíticas ascendem a placa europeia por movimentação de zona de cisalhamento (Linha Insúbrica).

Redobramento da pilha de nappes.

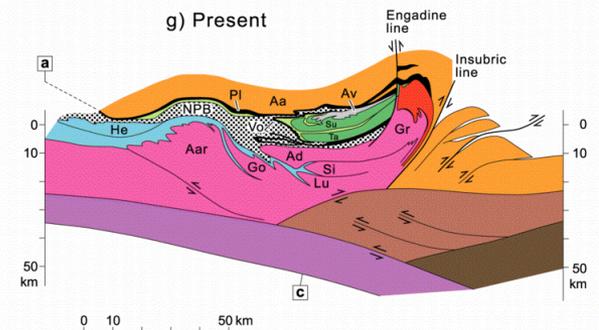
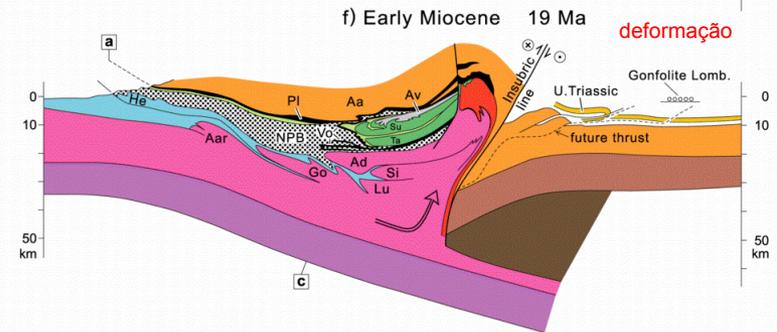
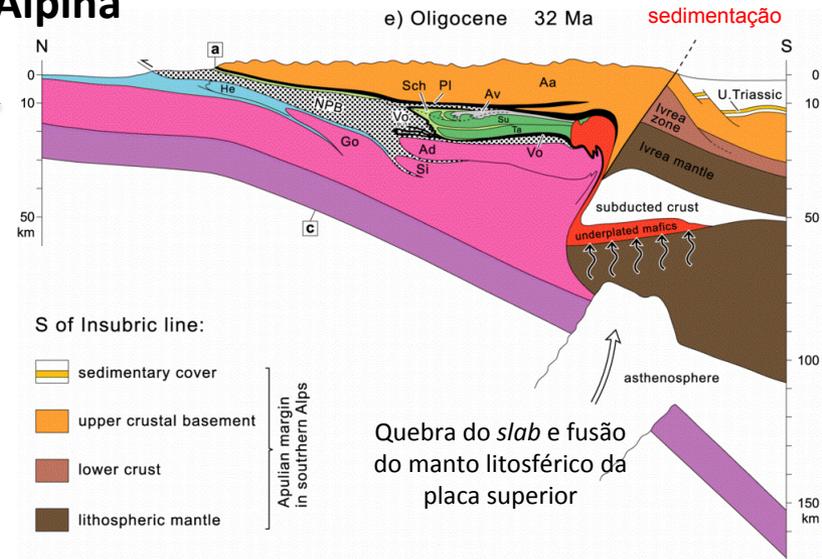
Encurtamento pós-colisão com soerguimento e retro-cavalgamentos ao longo da Linha Insúbrica (crosta relativamente quente da Europa e barreira da litosfera fria de Apulia)

Deformação epidérmica (*fold-and-thrust*) da crosta superior de Apulia, com transporte no sentido inverso da propagação das nappes Helvéticas, não metamórficas.

Identação e espessamento da crosta inferior Adriática (de Apulia), na interface entre a crosta inferior europeia em subducção e a pilha adelgada de nappes da crosta superior (nappes sub-pennincas). Descolamento entre crosta superior e inferior de Apulia e continuidade da subducção da crosta inferior de Europa.

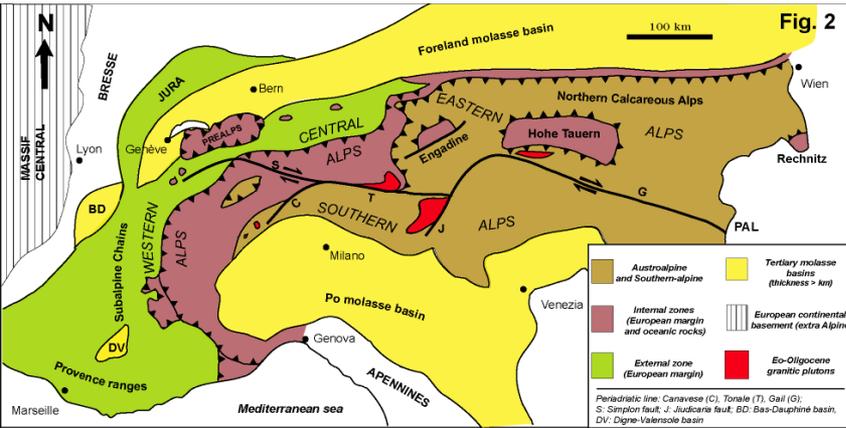
Avanço para os domínios externos do espessamento da crosta superior

Deformação do Maciço externo de Aar e cavalgamento das molassas.



Orógeno de Colisão Alpino

Esquema tectônico para a evolução do metamorfismo alpino na Janela Estrutural de Tauern



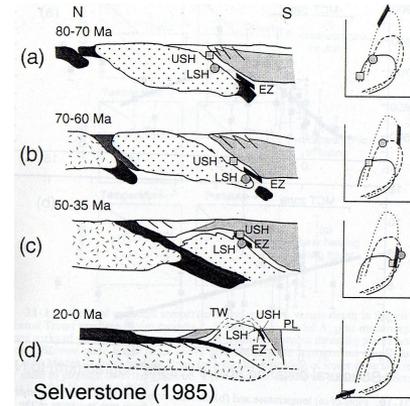
Agard & Lemoine, Fig. 2

Nem todas as rochas contíguas compartilharam a mesma trajetória metamórfica e de exumação

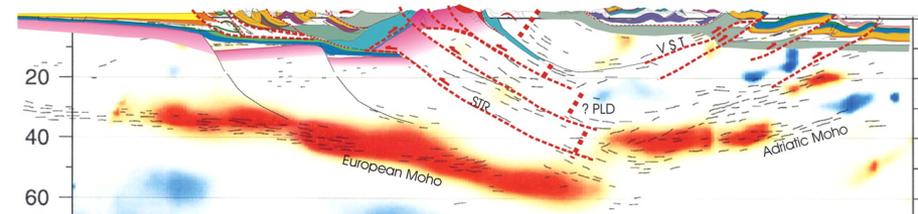
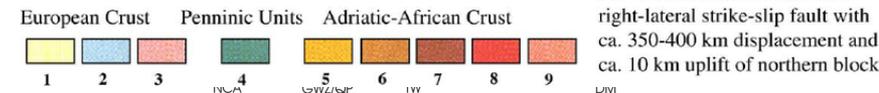
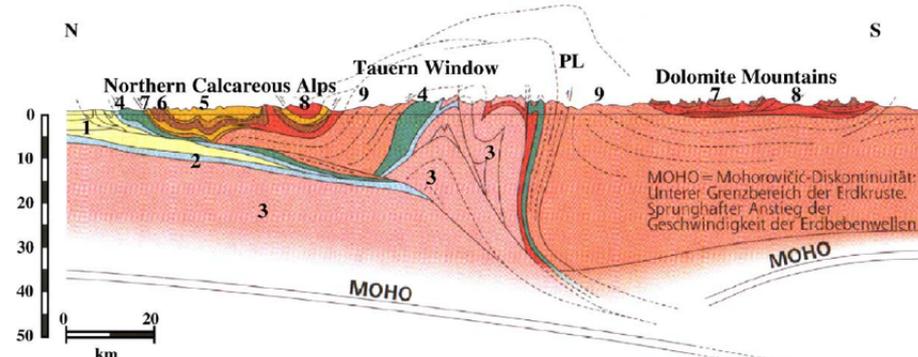
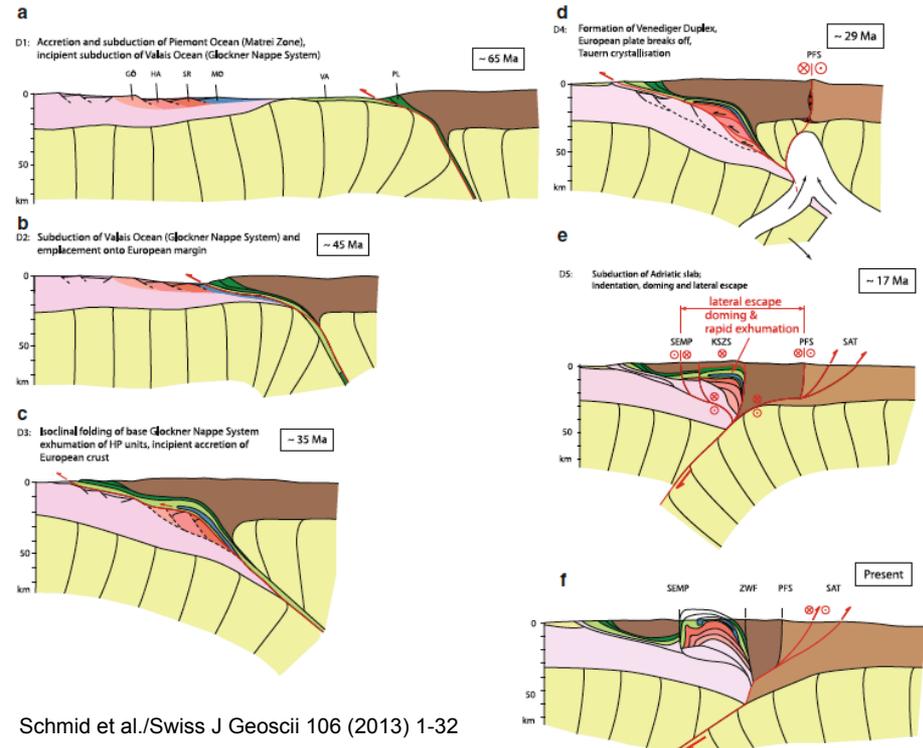
EZ zona eclogítica. LSH e USH zonas inferior e superior de séries penínicas da Janela Estrutural de Tauern

ESTILO DA DEFORMAÇÃO

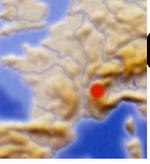
Pilha anticlinal de um sistema de cavalcamento profundo e frio



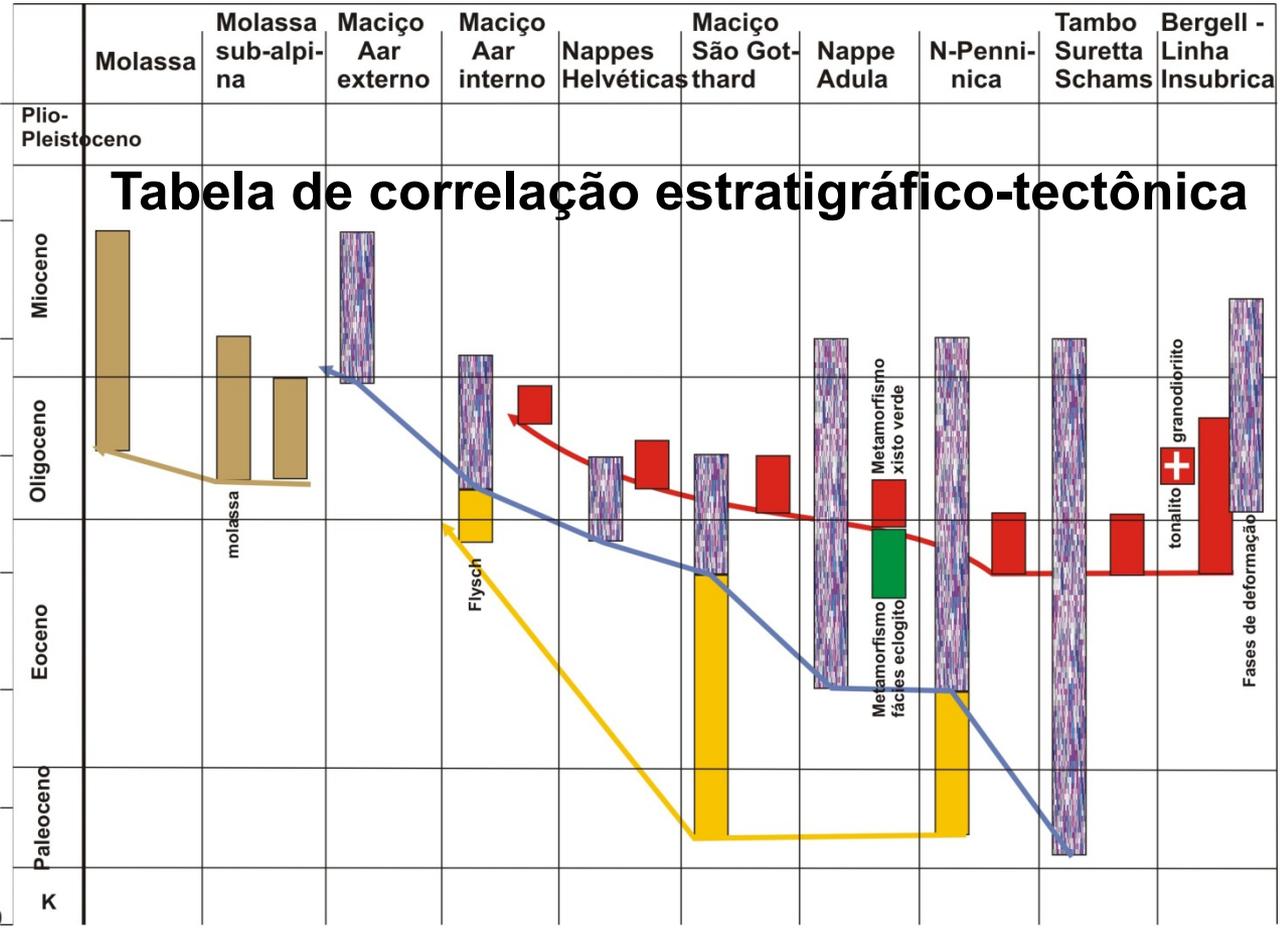
Selverstone (1985)



Orógeno de Colisão Alpino - Noção de migração orogênica



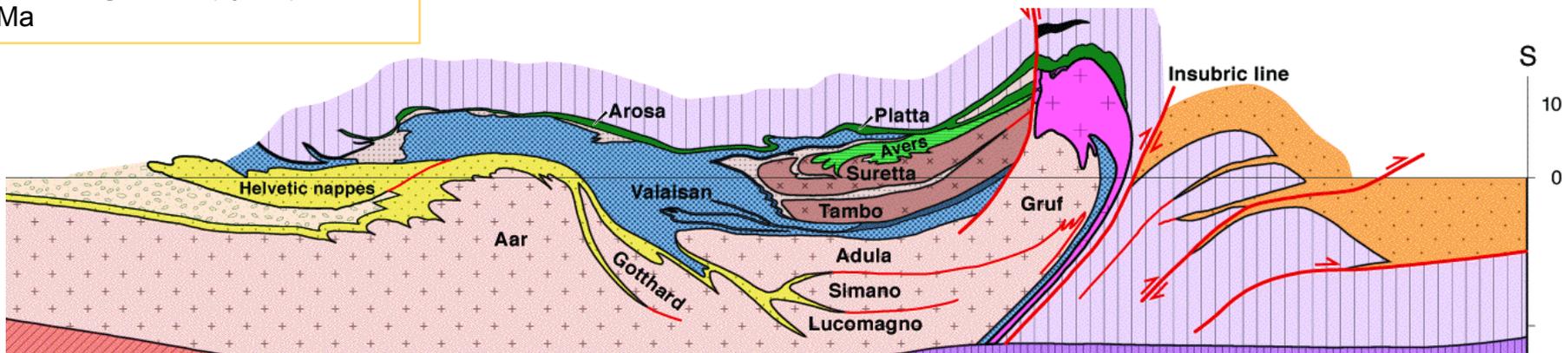
O soerguimento e a progressão da cadeia de montanhas estão evidenciados pela sucessão dos depósitos marinhos sin-orogênicos (flysch) acompanhados pelas metamorfismo e deformação. Sucessão das bacias molássicas pós-metamórficas de foreland



22 m.y. De migração das bacias molássicas, pós metamórficas – 32 a 10 Ma

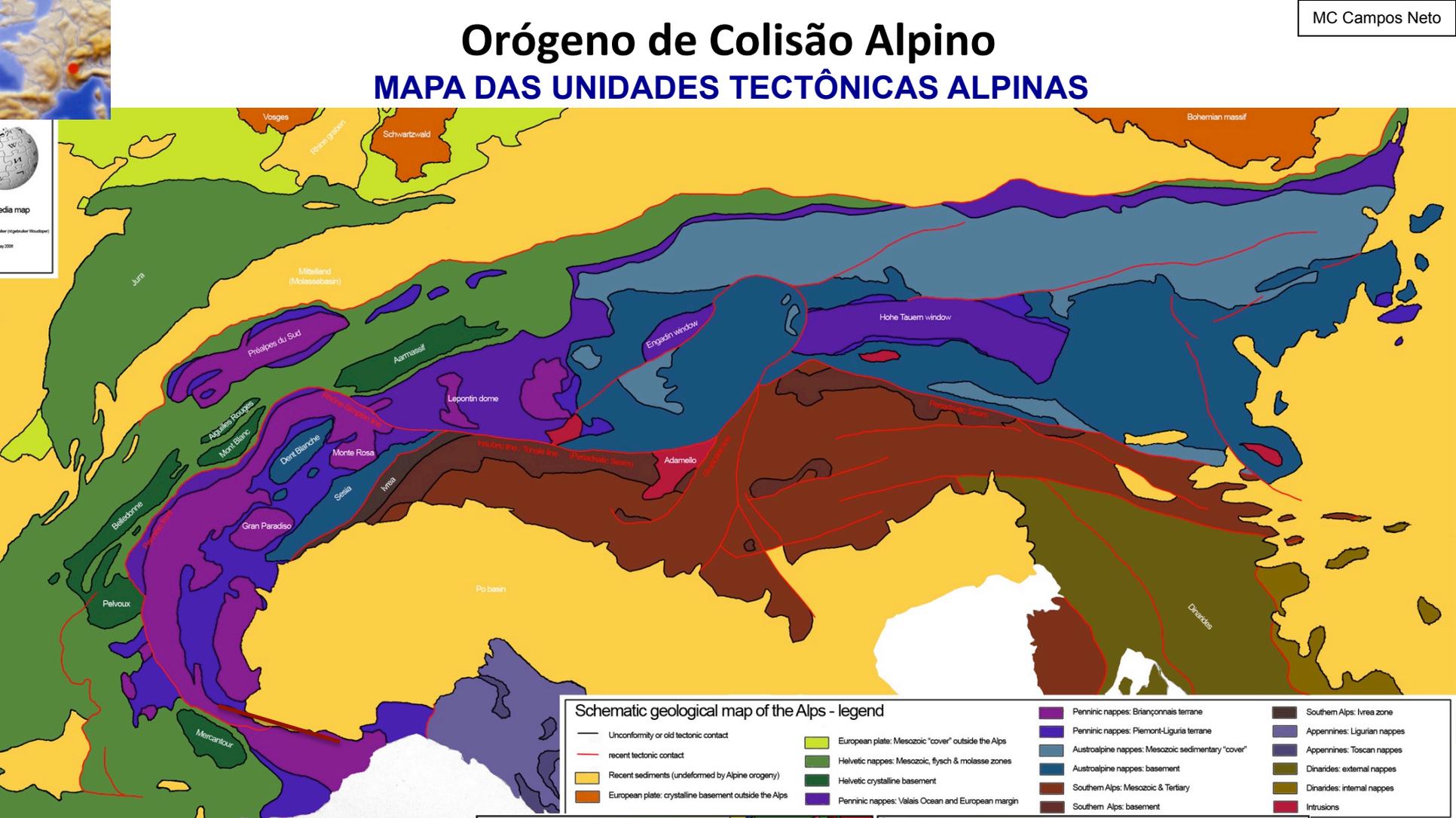
16 m.y. de migração do metamorfismo xisto verde, de gradiente barroviano, após a horizontalização isostática das nappes – de 40 a 24 Ma

33 m.y. de migração das bacias de depósitos orogênicos (flysch) – de 65 a 33 Ma



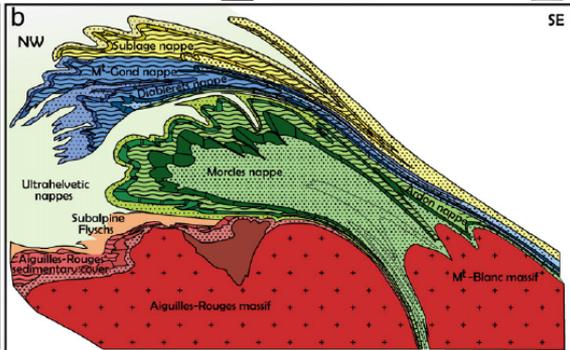
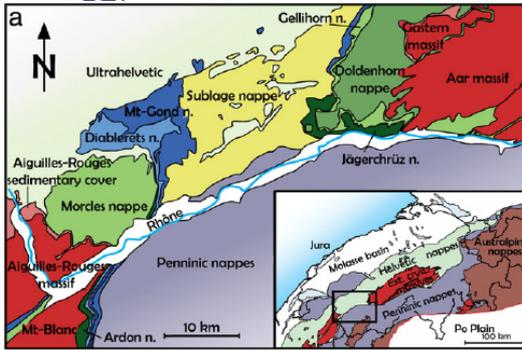
Orógeno de Colisão Alpino

MAPA DAS UNIDADES TECTÔNICAS ALPINAS



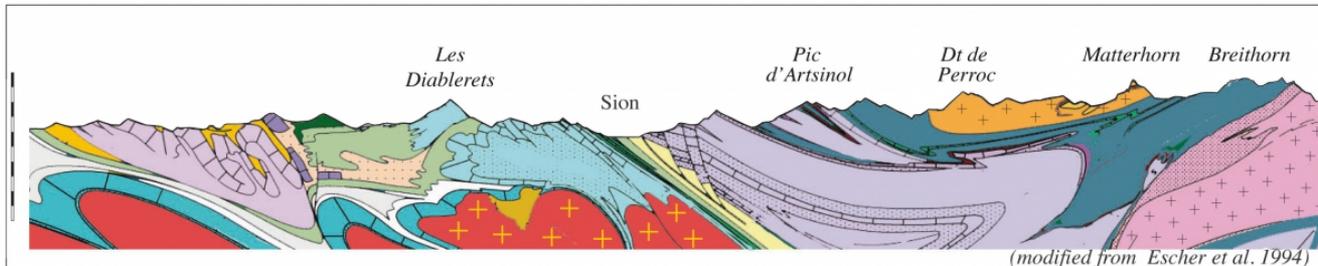
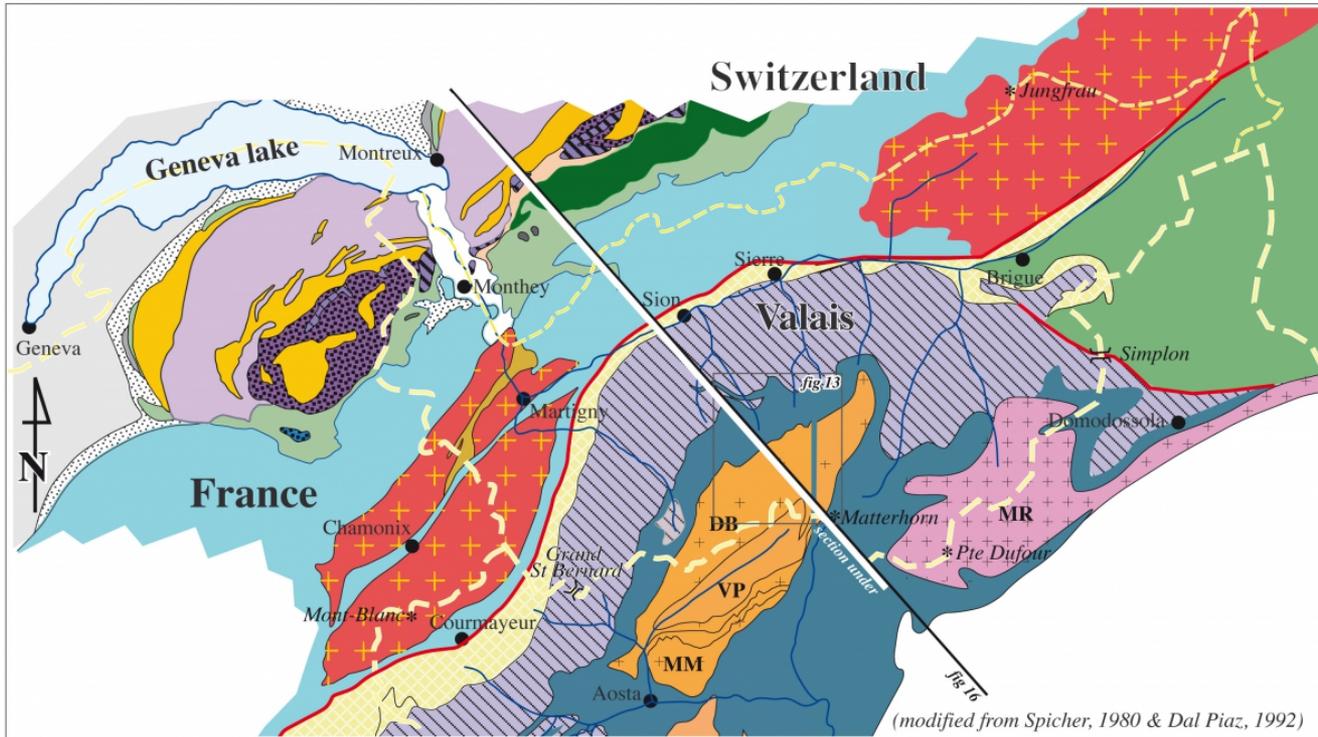
ESTILO TECTÔNICO ALPINO

Pilhas de nappes anticlinais de baixa temperatura



Orógeno de Colisão Alpino

ESTILO TECTÔNICO – PADRÃO GEOMÉTRICO DA DEFORMAÇÃO ALPINA

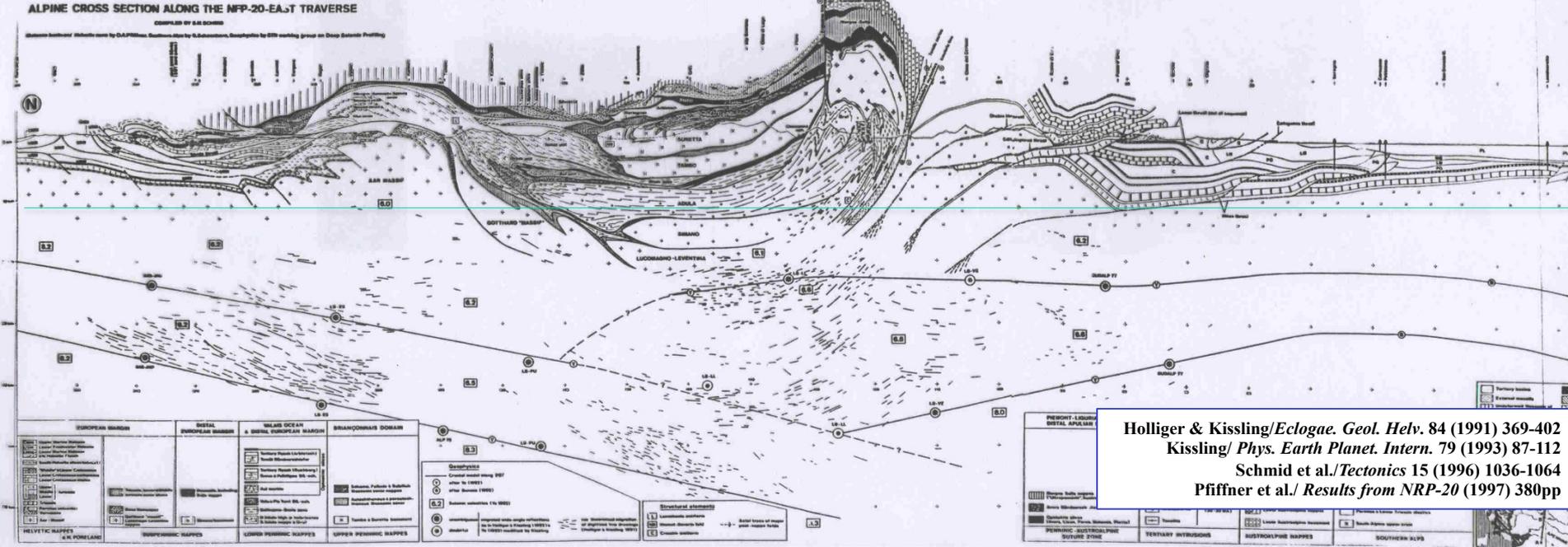




Orógeno de Colisão Alpino

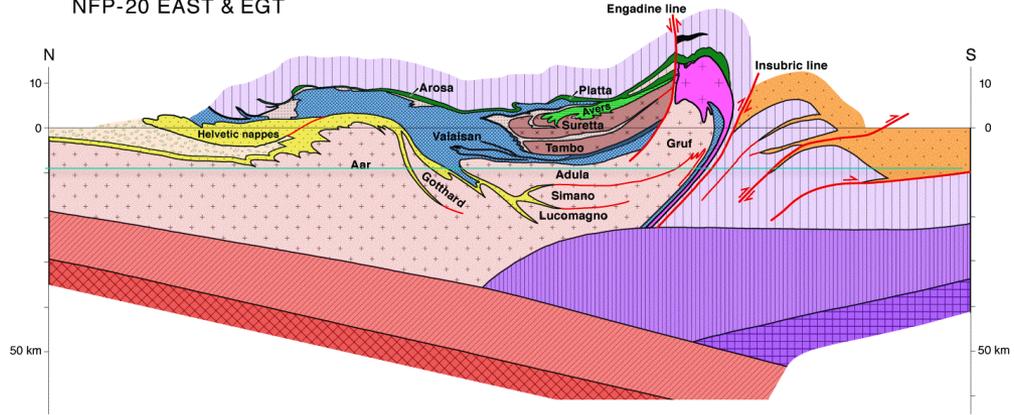
SEÇÃO CRUSTAL E SÍNTESE GEOMÉTRICA DO ORÓGENO

Transecta geofísico-geológica [Swiss National Research Project 20 (NRP-20)]



Holliger & Kissling/*Ecol. Geol. Helv.* 84 (1991) 369-402
 Kissling/*Phys. Earth Planet. Intern.* 79 (1993) 87-112
 Schmid et al./*Tectonics* 15 (1996) 1036-1064
 Pfiffner et al./*Results from NRP-20* (1997) 380pp

NFP-20 EAST & EGT



- | | | |
|--|--|---|
| Molasse basin | ophiolitic suture (Arosa-Platta) | cover of S. Alps |
| Mesozoic cover (European margin) | Avers Bündnerschiefer | upper crust (Apulian margin): |
| upper crustal basement (European margin) | cover | Austroalpine nappes + basement of S. Alps |
| lower crust (European margin) | upper crustal basement | lower crust (Apulian margin) |
| mantle (European margin) | N-Penninic Bündnerschiefer ophiolitic suture | mantle (Apulian margin) |
| | Briançonnais | |
| | Valaisan | |
| | Bergell intrusion | |



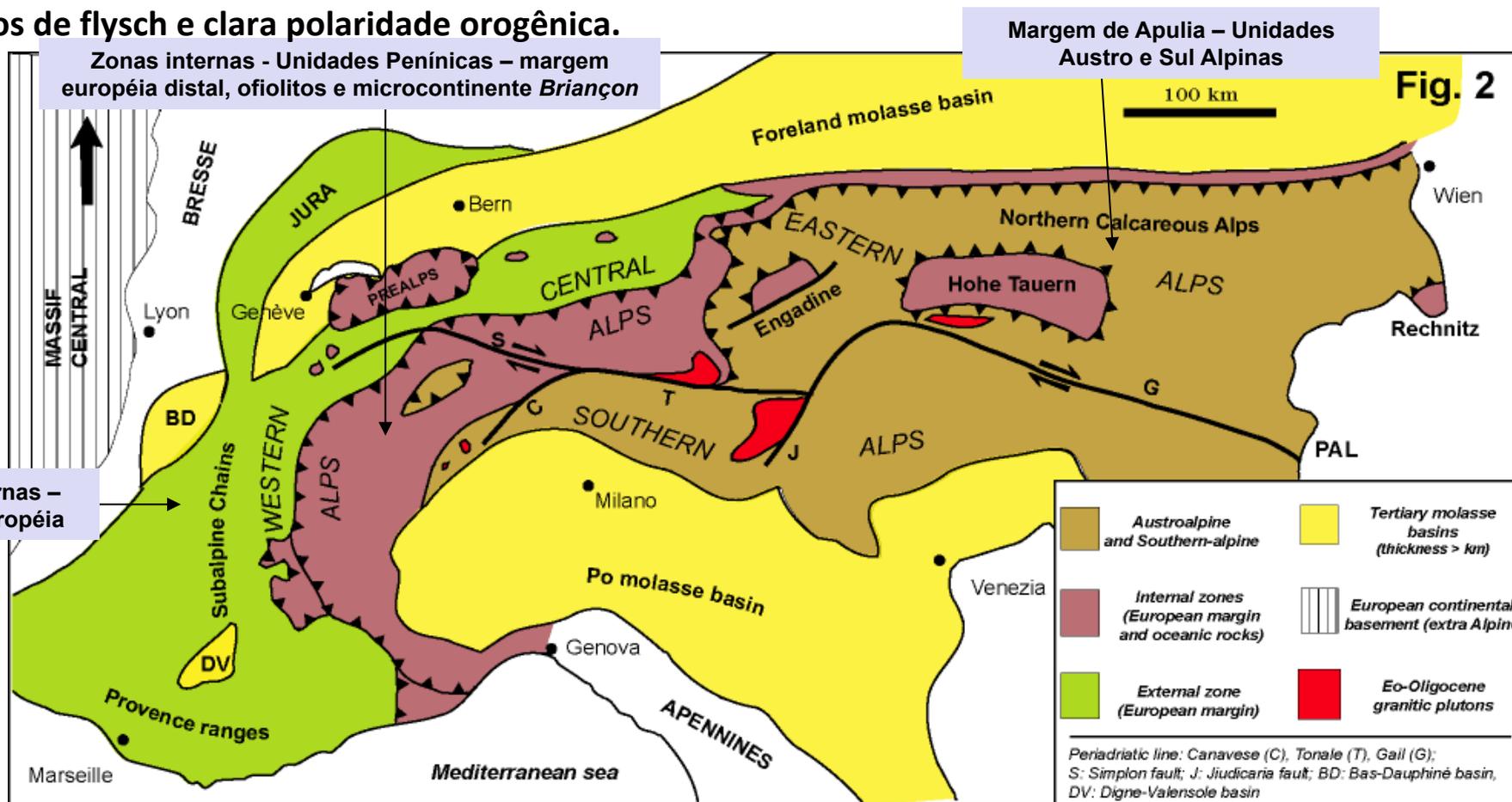
Orógeno de Colisão Alpino

A geometria do Orógeno de Colisão Alpino é a de um traçado sinuoso e curvo da zona de sutura entre as placas tectônicas convergentes (Europa a oeste e Apulia a leste).

Cavalcamento raso da crosta superior da margem de Apulia – placa superior, sobre a Europa – placa inferior, vetor E-W de cerca de 500 km de aloctonia.

Nappes de fundo oceânico com ofiolitos e *mélanges* caracterizam as zonas de suturas.

Depósitos de flysch e clara polaridade orogênica.



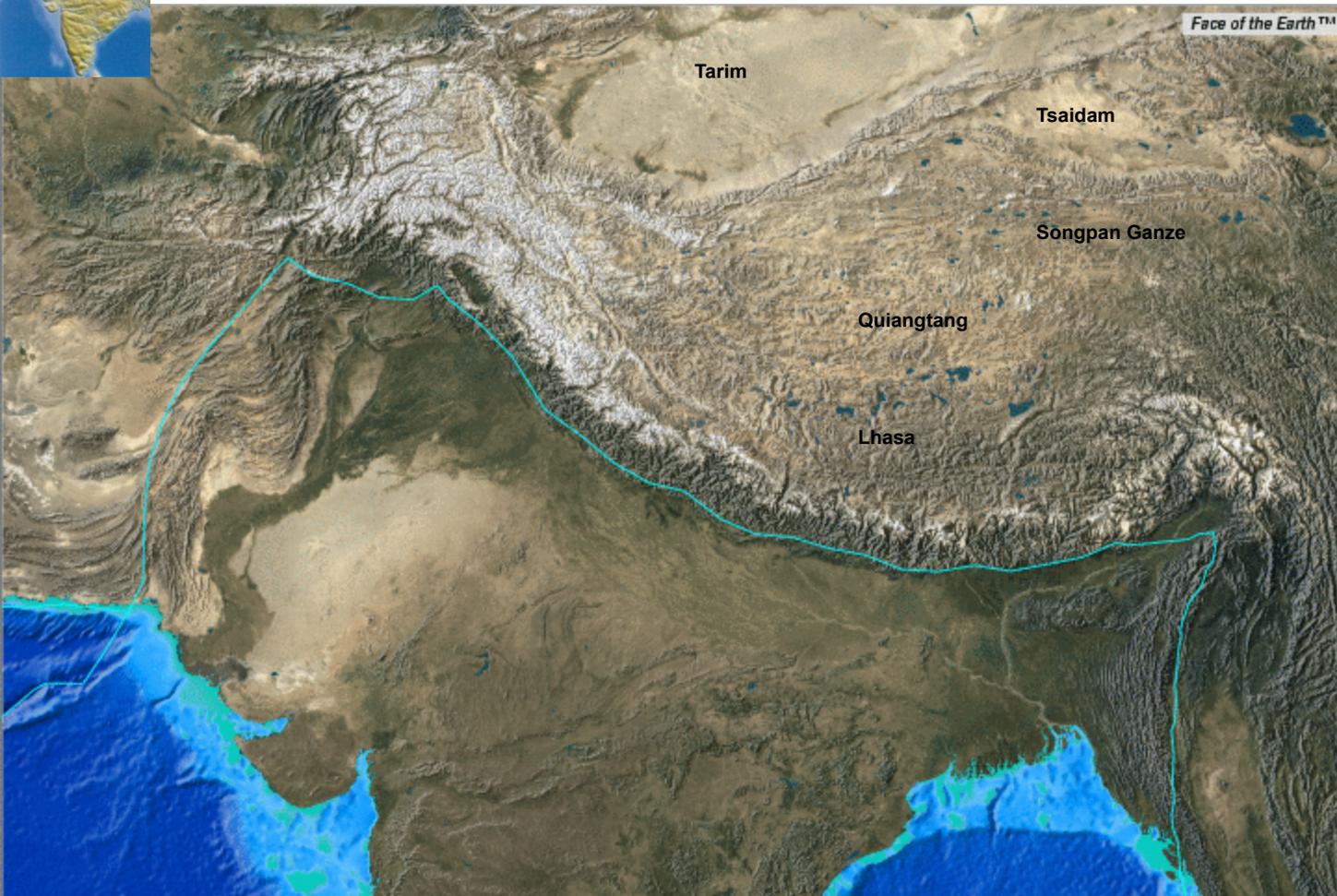
Orógeno de Colisão Alpino



Características gerais

- Nappes ofiolíticas
- Metamorfismo xisto azul a lawsonita - eclogito com coesita
- Migração dos depósitos orogênicos (*flysch*) e pós orogênicos (molassas)
 - Sem desenvolvimento de arco vulcânico.
 - Deformação por nappes e por nappes anticlinais
- Vergência em direção as margens passivas e retrocavalgamento pós-colisão
- Magmatismo pós-colisão esparso e localizado (Bergel, Novate e Adamello)

Orógeno de Colisão Himalaiano



Traçado retilíneo da zona de sutura e sem cavalgamento raso entre as placas continentais convergentes.

Ofiolitos e *mélange* ofiolítica, contínuos na sutura.

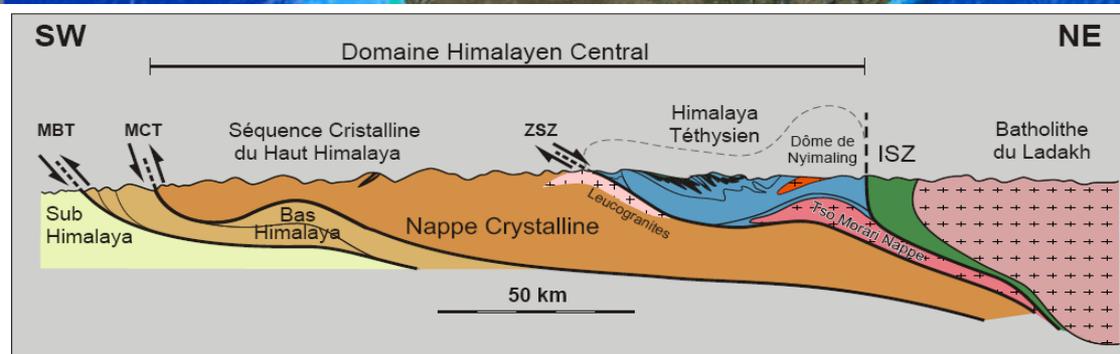
Pilha de cavalgamento de complexos metamórficos de margem passiva contra o Cráton da Índia.

Main Central Thrust (MCT) baliza o segmento Alto Himalaio – nappe de núcleo metamórfico da placa da Índia (margem passiva) com gradiente metamórfico barroviano invertido.

Zona de cisalhamento normal baliza o topo do alóctono Alto Himalaio – *South Tibetan Detachment*. Encaixa série sedimentar paleozóico-mesozóica oriunda do oceano Tethys, margem passiva.

Domos e janelas estruturais com núcleos metamórficos de alta pressão - Nappe Tso-Morari

Desenvolvimento de extenso platô na placa Asiática – Platô Tibetano



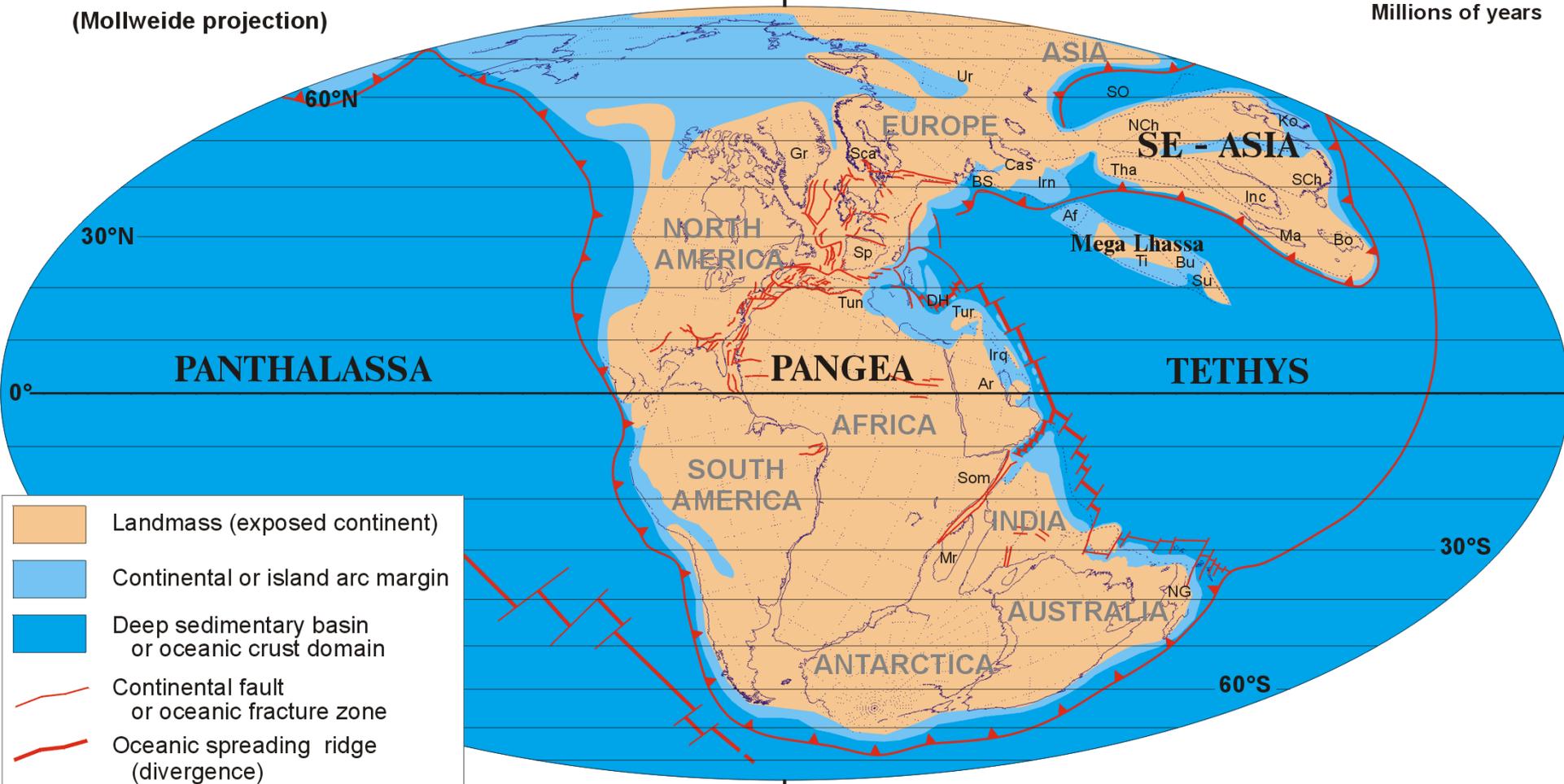
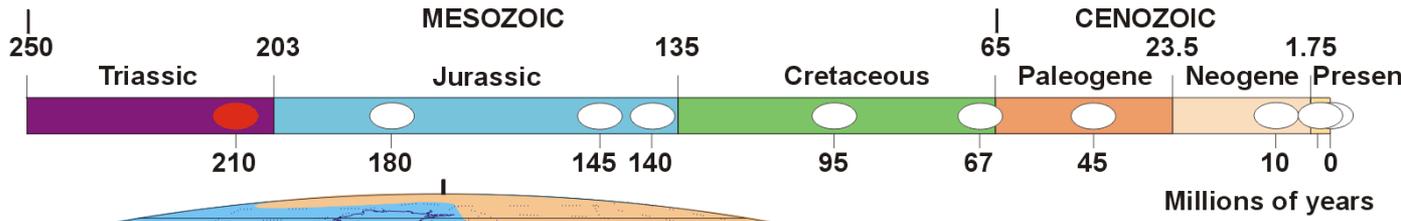
Orógeno de Colisão Himalaiano

Modelo da evolução da tectônica de placas paleozóico-mesosóicas do Sistema orogênico Himalaio-Tibetano

NORIAN (220-210 Ma)

Position at 210 Ma

(Mollweide projection)



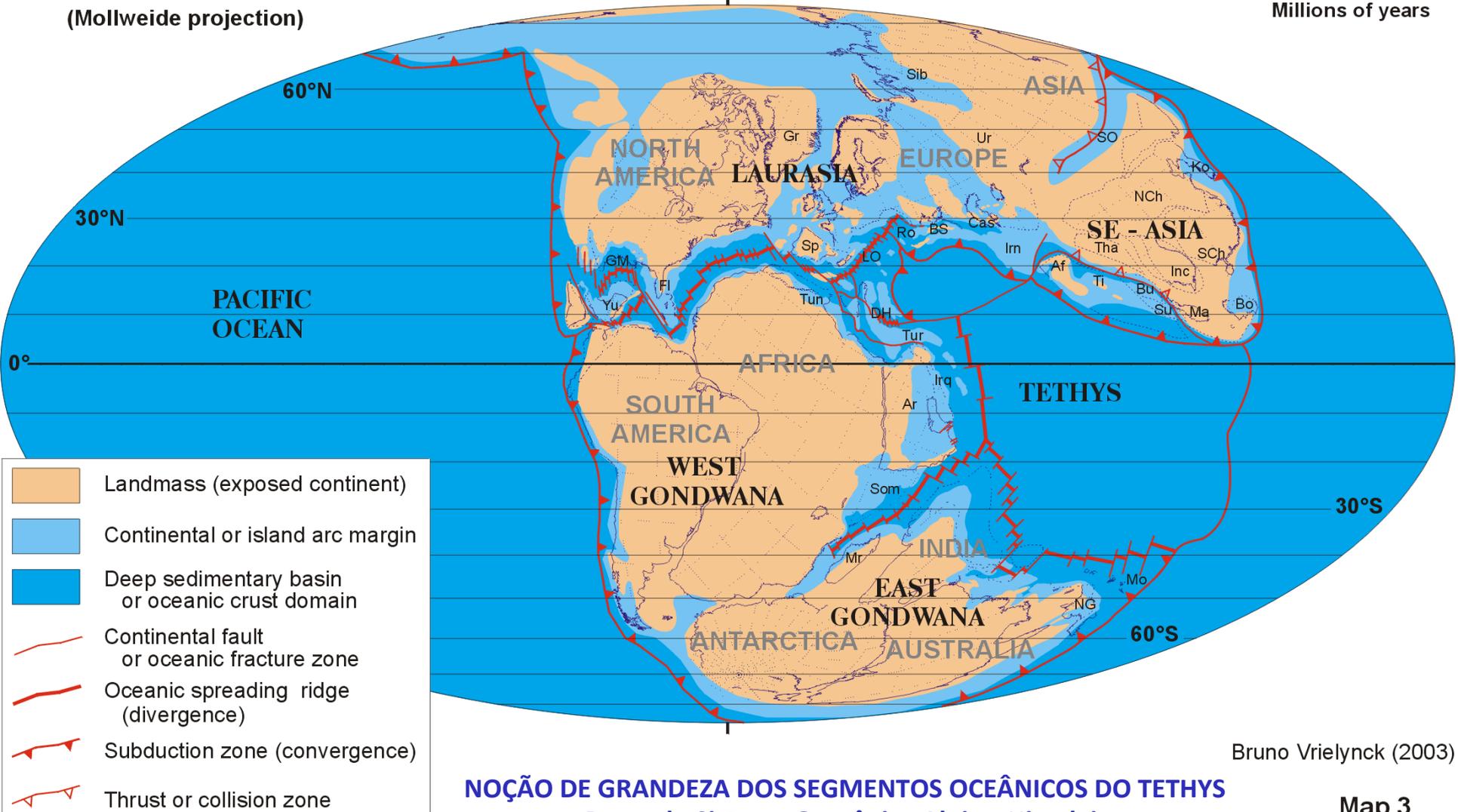
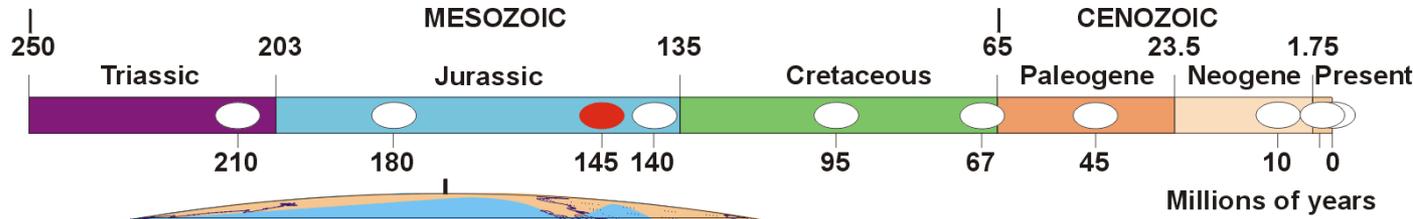
- Landmass (exposed continent)
- Continental or island arc margin
- Deep sedimentary basin or oceanic crust domain
- Continental fault or oceanic fracture zone
- Oceanic spreading ridge (divergence)
- Subduction zone (convergence)
- Thrust or collision zone

Orógenos de Colisão

KIMMERIDGIAN (146-141 Ma)

Position at 145 Ma

(Mollweide projection)



Bruno Vrielynck (2003)

**NOÇÃO DE GRANDEZA DOS SEGMENTOS OCEÂNICOS DO TETHYS
Berço do Sistema Orogênico Alpino-Himalaiano**

Map 3

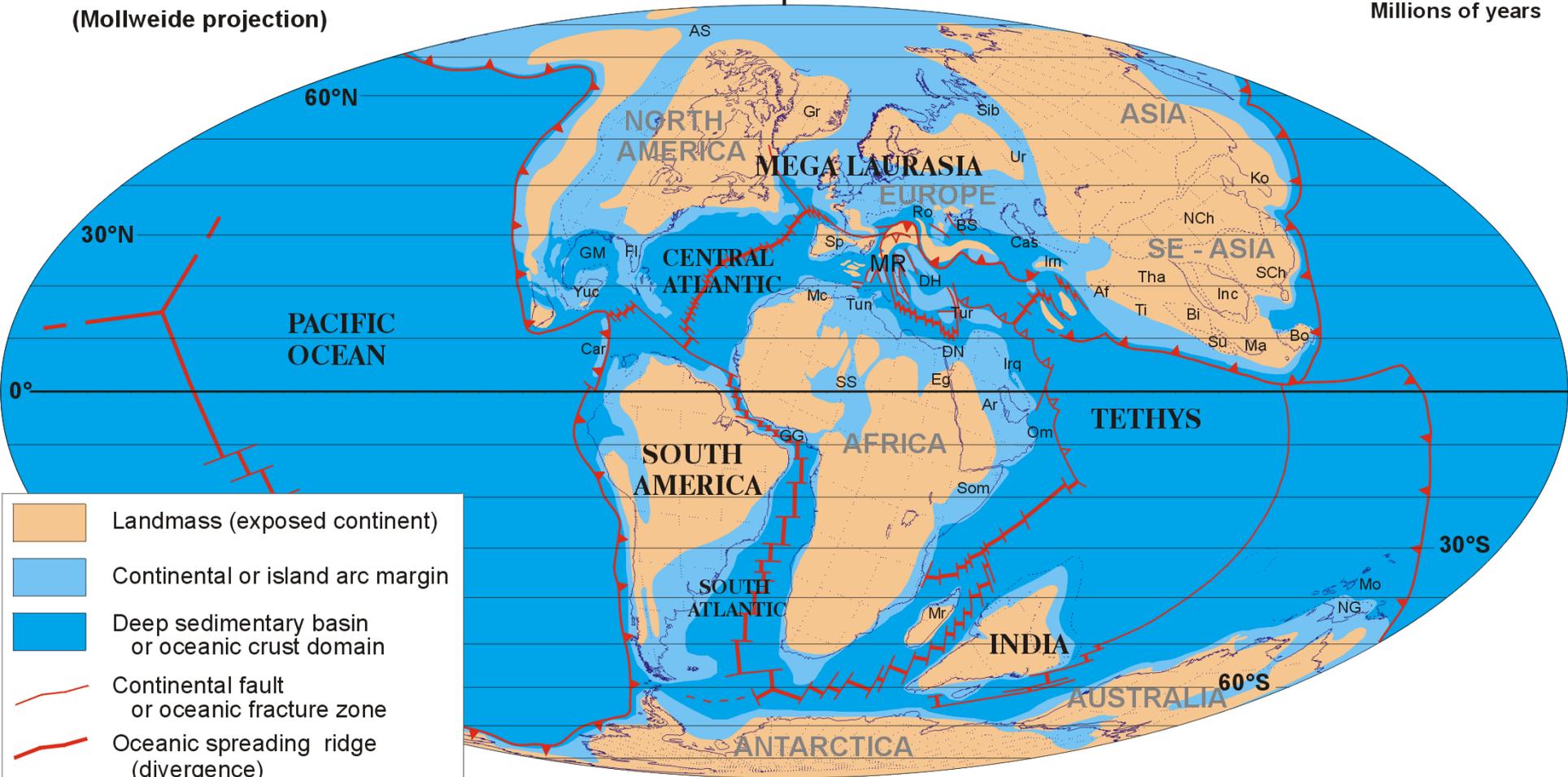
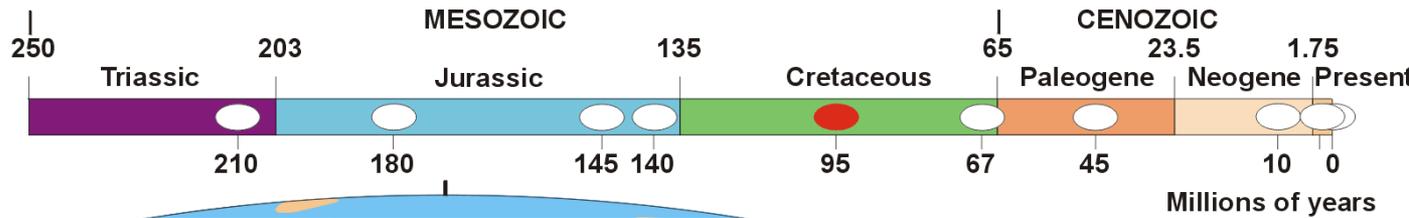
Orógeno de Colisão Himalaiano

grande oceano

CENOMANIAN (96-92 Ma)

Position at 95 Ma

(Mollweide projection)



- Landmass (exposed continent)
- Continental or island arc margin
- Deep sedimentary basin or oceanic crust domain
- Continental fault or oceanic fracture zone
- Oceanic spreading ridge (divergence)
- Subduction zone (convergence)
- Thrust or collision zone

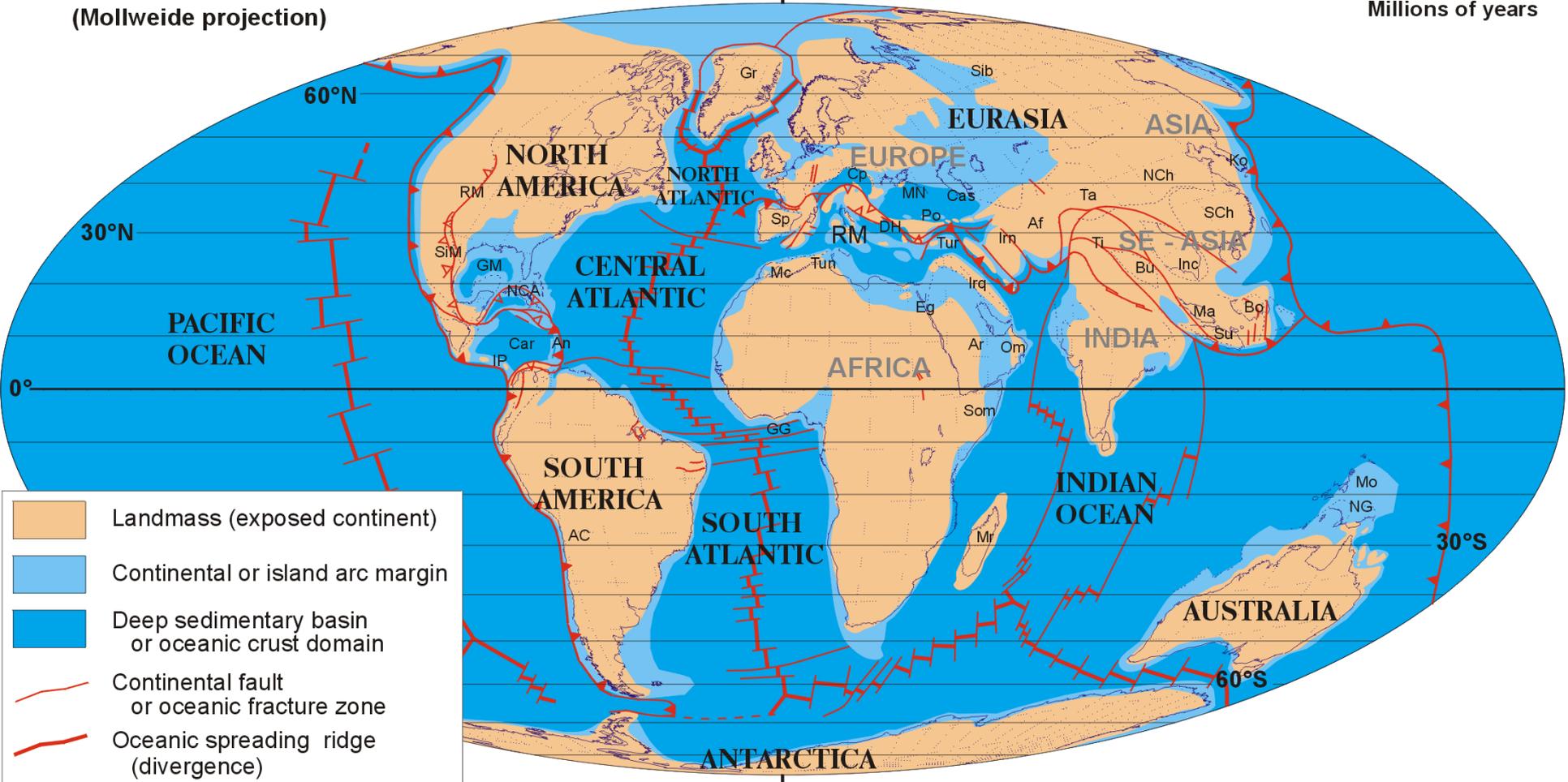
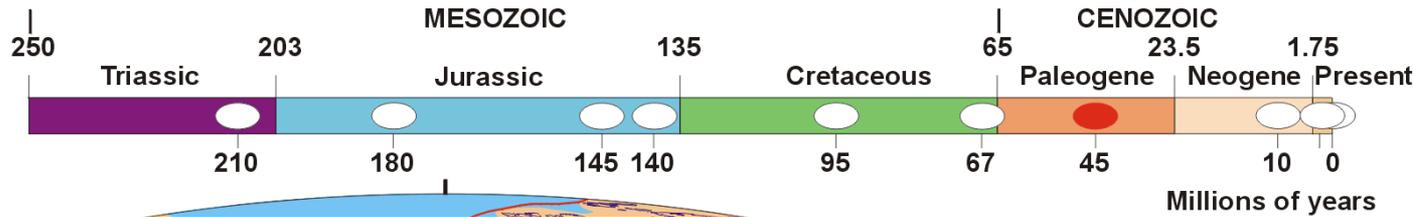
Bruno Vrielynck (2003)

Orógeno de Colisão Himalaiano

LUTETIAN (46-40 Ma)

Position at 45 Ma

(Mollweide projection)



- Landmass (exposed continent)
- Continental or island arc margin
- Deep sedimentary basin or oceanic crust domain
- Continental fault or oceanic fracture zone
- Oceanic spreading ridge (divergence)
- Subduction zone (convergence)
- Thrust or collision zone

Cerca de 150 m.y. de deriva à N-NE do continente indiano

Bruno Vrielynck (2003)

Orógeno de Colisão Himalaiano

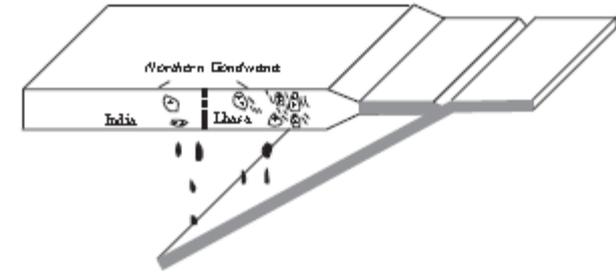
Modelo da evolução da tectônica de placas paleozóico-mesosóicas do Sistema orogênico Himalaio-Tibetano

Yin & Harrison / Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 28 (2000) 211-280

O Platô Tibetano resulta da acreção progressiva de terrenos na borda sul do craton Sibério-Mongoliano, desde o início da Era Mesozóica. O Bloco de Lhasa, na margem sul da placa superior, apresenta as características de uma margem continental ativa, tipo-Andina, com abundante magmatismo granito-granodiorito e vulcanismo cálcio-alcalino. A idade mais antiga para as plutônicas é Jurássico Inferior (188 ± 1.4 Ma - U-Pb_{Zr}) e registra 150 m.y. de evolução da margem continental ativa (orógeno de subducção).

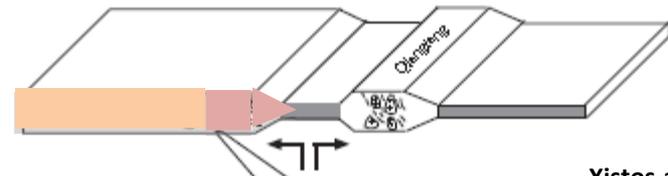
Sistema Orogênico Himalaio-Tibetano

(1) Cambrian-Early Ordovician



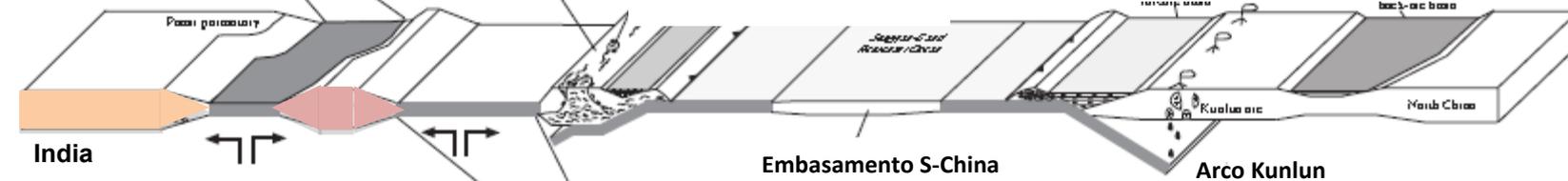
(2) Early Ordovician-Carboniferous

Qiangtang

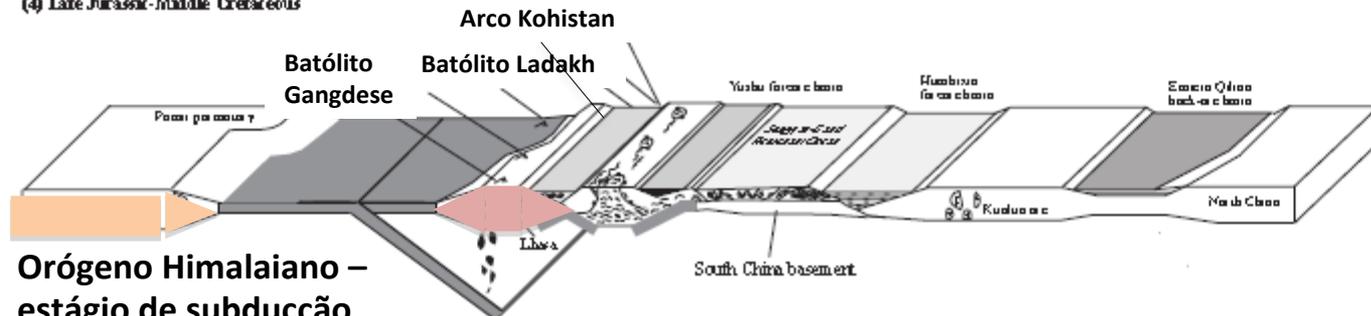


(3) Triassic

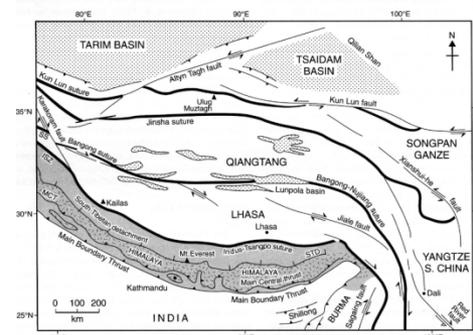
Lhasa

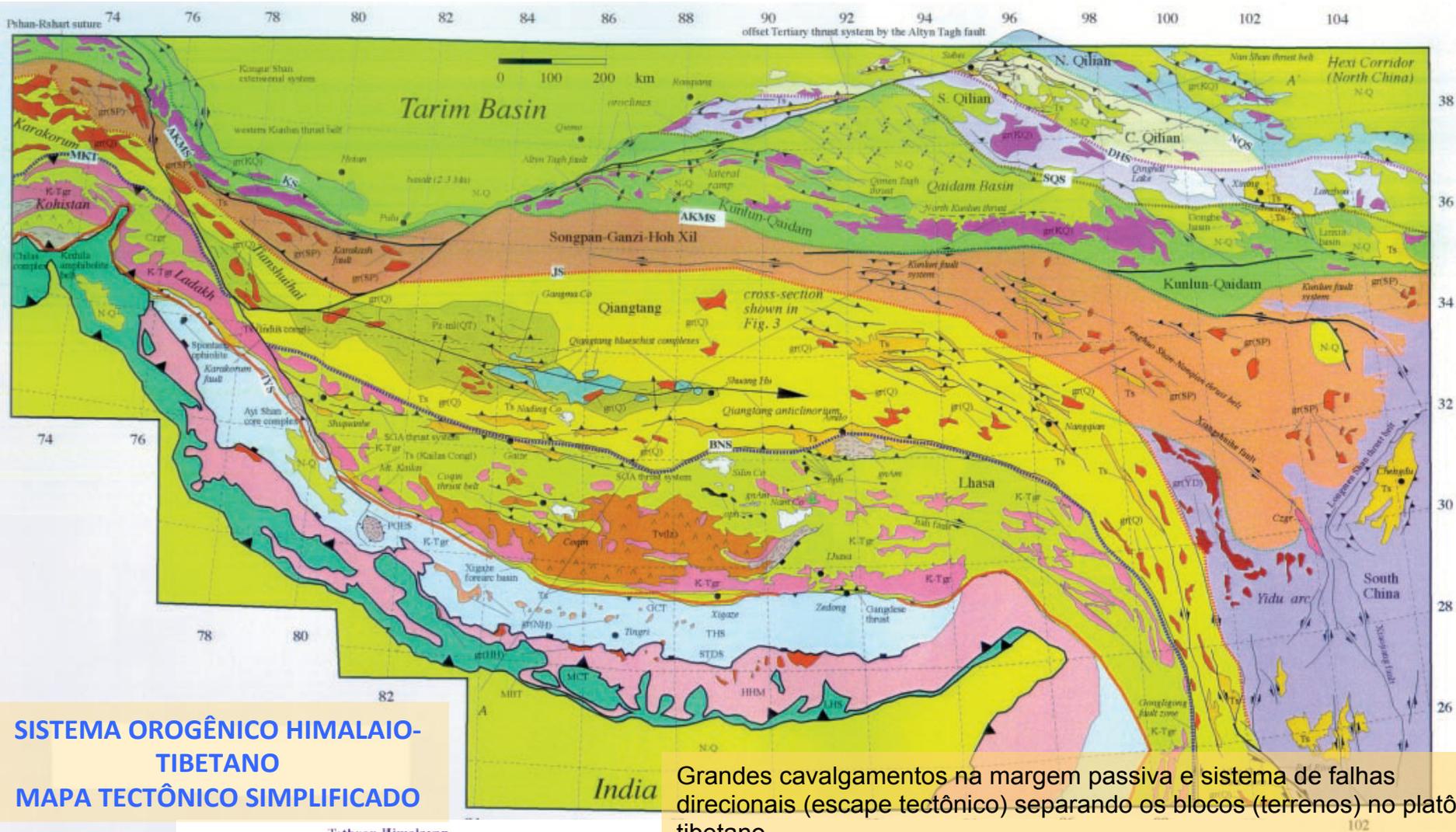


(4) Late Jurassic-Middle Cretaceous



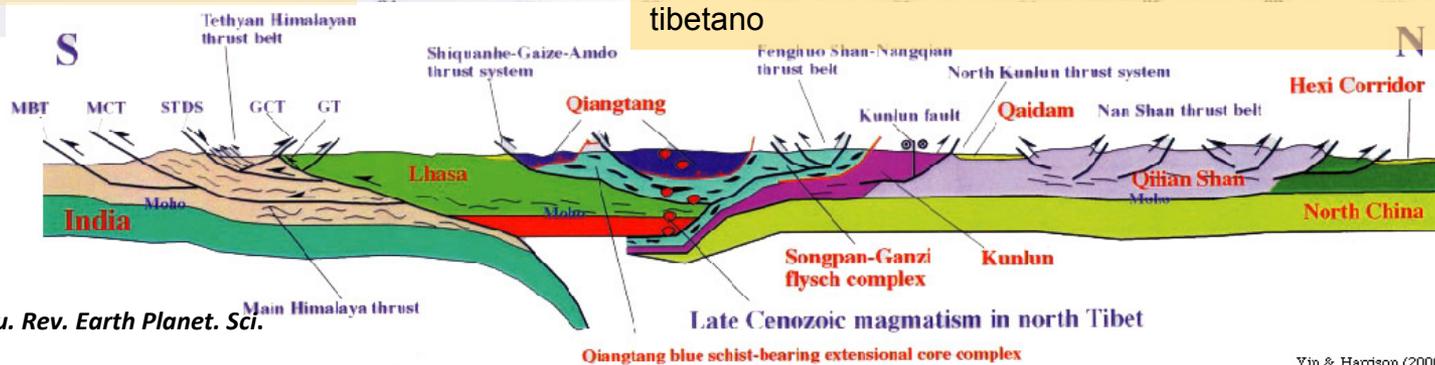
Orógeno Himalaiano – estágio de subducção





SISTEMA OROGÊNICO HIMALAIO-TIBETANO
MAPA TECTÔNICO SIMPLIFICADO

Grandes cavalgamentos na margem passiva e sistema de falhas direcionais (escape tectônico) separando os blocos (terrenos) no platô tibetano



Orógeno de Colisão Himalaiano

ENDENTAÇÃO PELA COLISÃO INDIA-ÁSIA

A **idade da colisão** baseia-se na cinemática de placas e paleomagnetismo: decréscimo da velocidade relativa entre as placas Índia e Eurásia - ca. 50 Ma.; estratigrafia: mudança da deposição marinha para continental na margem passiva - ca. 50 Ma; estrutura: prisma acrescionário e fossa cavalgaram a margem continental entre 66-55 Ma. A idade mais jovem do plutonismo de arco (batolito Gangdese) é pós-colisão – ca. 40 Ma.

Cavalgamentos na escala da crosta continental ocorreram tardiamente em relação ao início da colisão. **Metamorfismo e deformação** no *Main Central Thrust* - ~22 Ma (Mioceno Inferior), com reativação a 8 – 4 Ma (Mioceno Superior). [Parrish & Hodges / *Geol. Soc. Am. Bull.* 108; (1996) 904-911], cerca de 30 m.y. após a colisão.

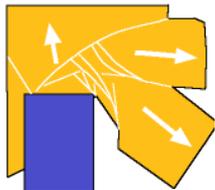
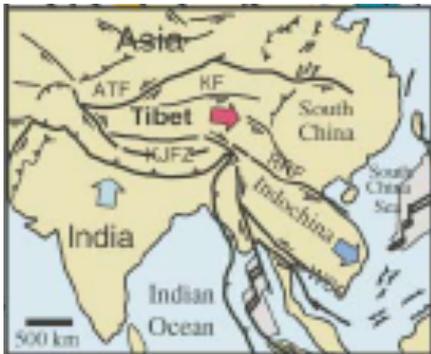
Escape tectônico generalizado do sudeste da placa Eurasiática. Movimento para norte da colisão e extrusão lateral de parte da Indochina e China, provavelmente com a abertura do Mar da China e do Mar Andaman. [Tapponier et al. / *Geology* 10 (1982) 611-616; Searle et al. / *Journal of Geological Society*, London 168 (2011) 633-672].

Colisão no Eoceno ~50 Ma

MCT-metamorfismo e deformação na margem passiva no Mioceno ~20 Ma (cerca de 30 my após o início da colisão).

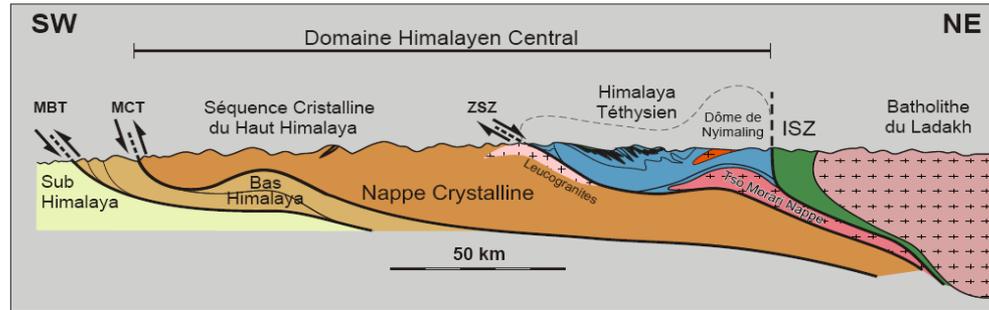
MCT-reativação metamórfica e cinemática no Mio-Plioceno ~8 a 4 Ma (após ~15 my)

Endentação Tectônica e Escape Lateral

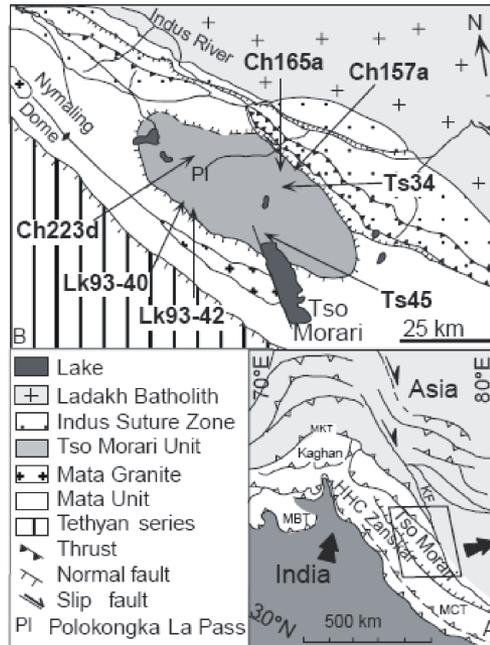


Orógeno de Colisão Himalaiano

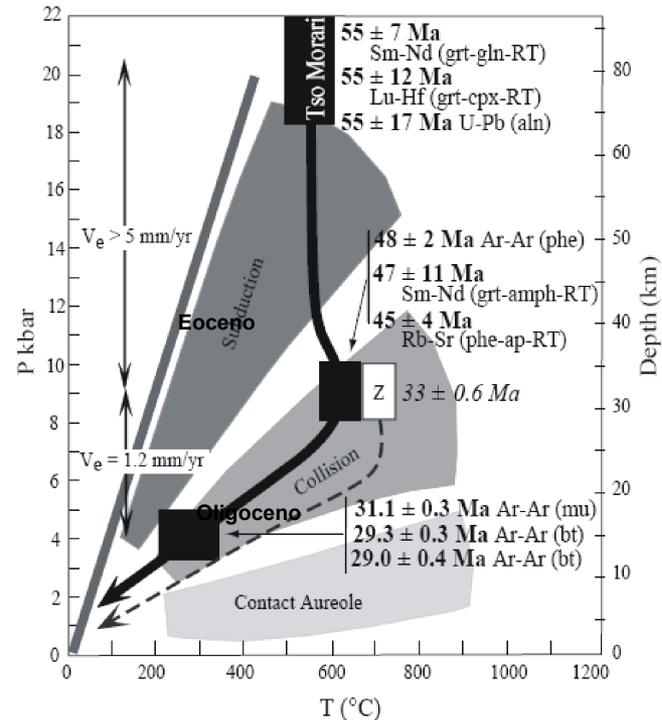
METAMORFISMO DE SUBDUÇÃO



EOCENO INFERIOR, com trajetória de exumação através do EOCENO E OLIGOCENO



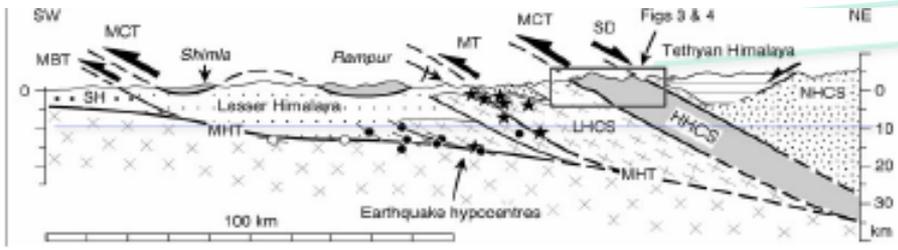
- Nappe de Tso Morari**
- MKT main Karakorum thrust
- MCT main central thrust
- HHC high himalayan crystalline slab
- MBT main boundary thrust
- KF Karakoram fault



Trajetória metamórfica e velocidades de exumação

Orógeno de Colisão Himalaiano

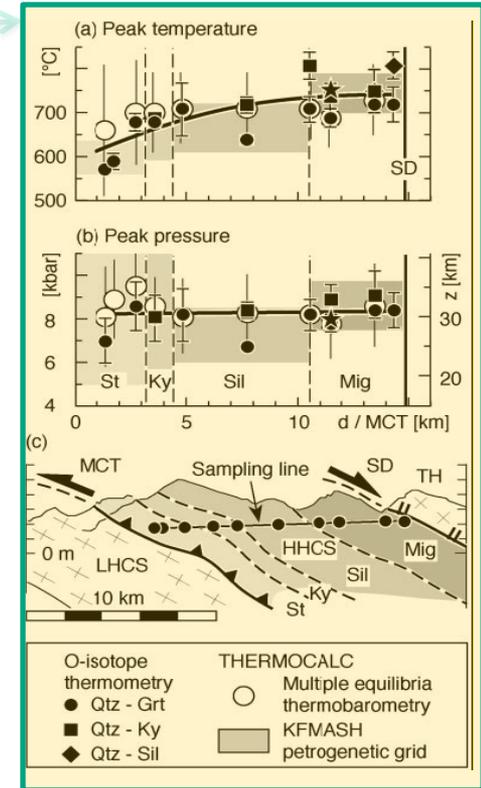
EXTRUSÃO DO NÚCLEO METAMÓRFICO DO ALTO HIMALAIA E MCT



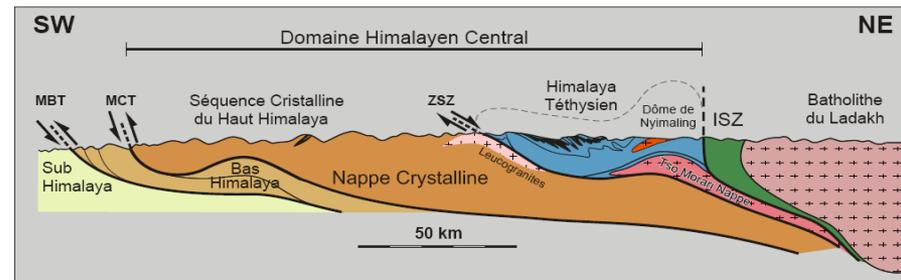
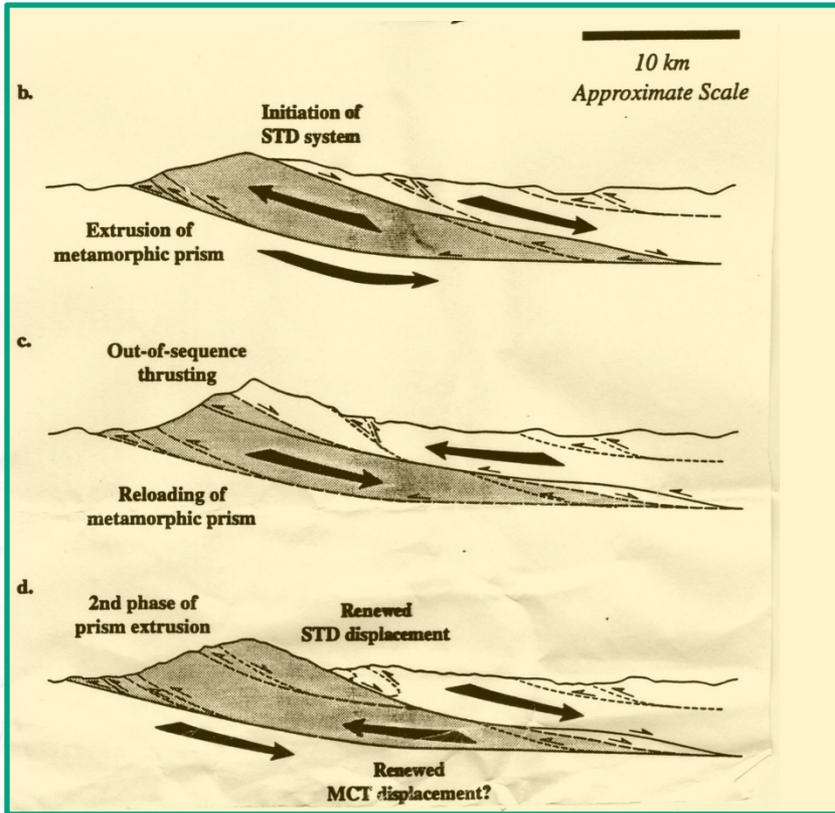
MODELO MECÂNICO DE EXTRUSÃO DO PRISMA ALTO HIMALAIANO

[Hodges, Parrish & Searle / *Tectonics* 15 (1996) 1264-1291]

MIOCENO – metamorfismo himalaiano (colisão) ~20 Ma
Gradiente metamórfico barroviano

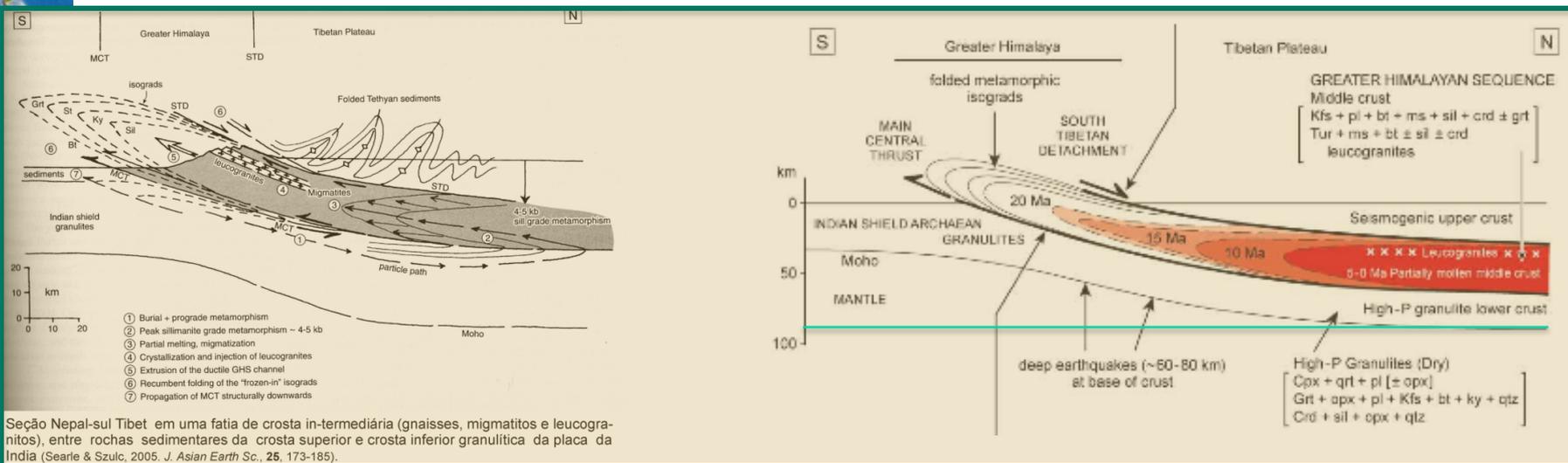


MODELO MECÂNICO
Falha normal e prisma de extrusão



Orógeno de Colisão Himalaiano

EXTRUSÃO DO NÚCLEO METAMÓRFICO DO ALTO HIMALAIA



MODELO TERMO-MECÂNICO DE EXTRUSÃO DE CROSTA MÉDIO-INFERIOR DE BAIXA VISCOSIDADE ($T \geq 700^\circ\text{C}$) – CHANNEL FLOW.

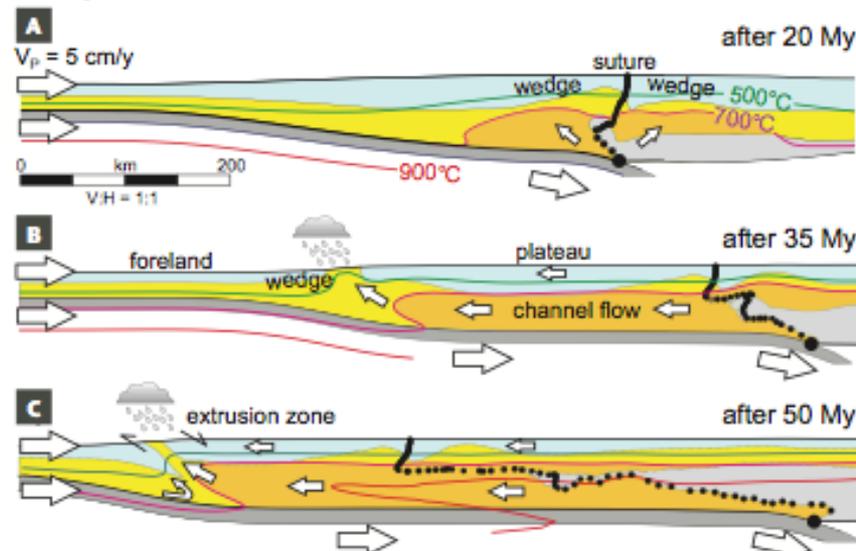
MODELO TERMO-MECÂNICO

Fluxo horizontal da crosta

“amolecida” pela fusão parcial com diminuição da viscosidade. Direção do fluxo em resposta ao gradiente de pressão na frente da cadeia de montanhas.

Fluxo de canal dirigido pelo gradiente de pressão gerado pela taxa de denudação na frente da cadeia de montanhas.

Duração do processo por 50 m.y., padrão metamórfico invertido com gradiente de pressão constante, intensificação, por fluxo de calor, das zonas de cisalhamento tardi-colisão.



Orógeno de Colisão Himalaiano

Fonte de calor – litosfera do Plateau Tibetano

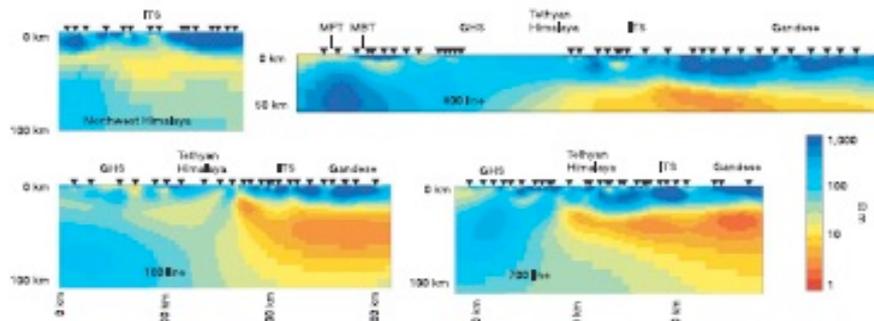
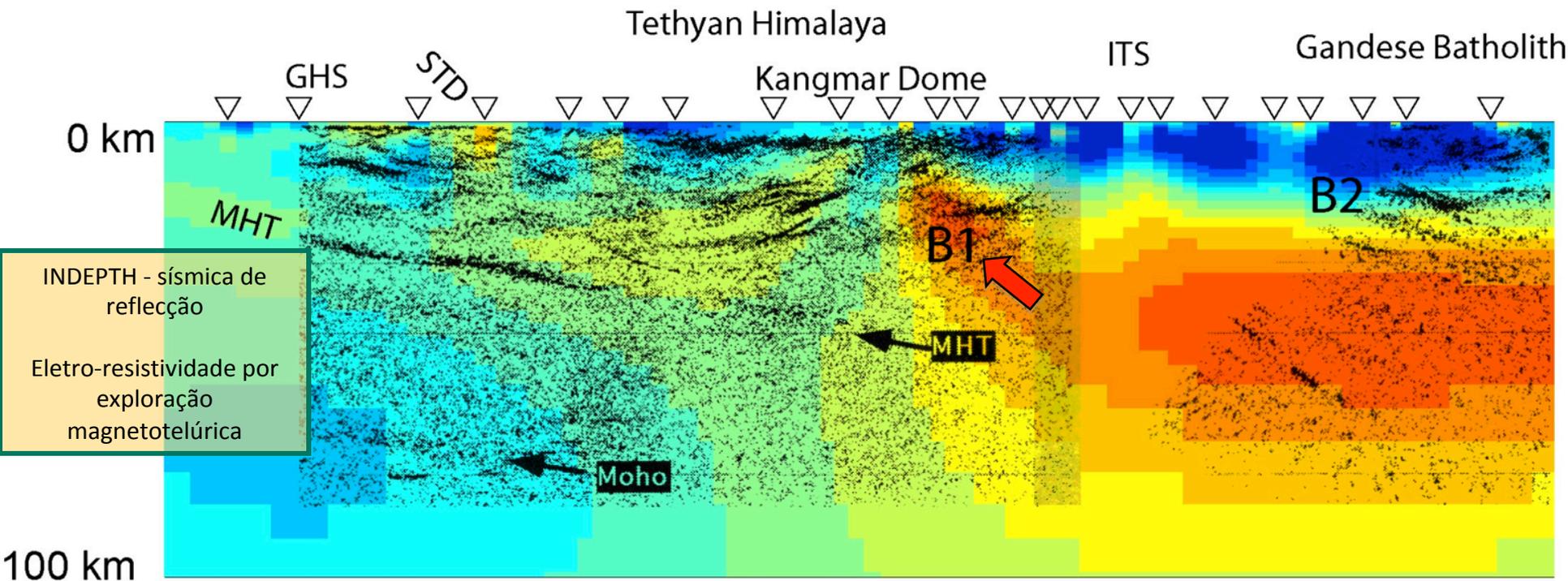
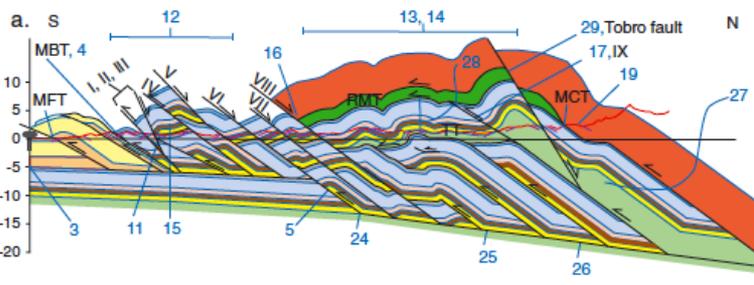
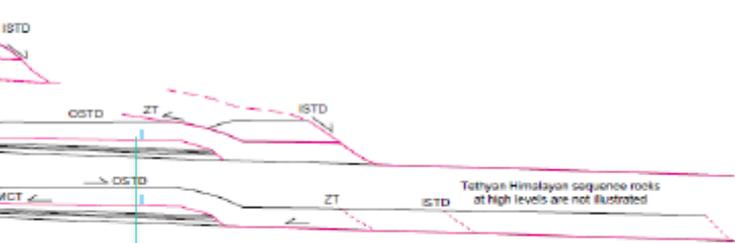
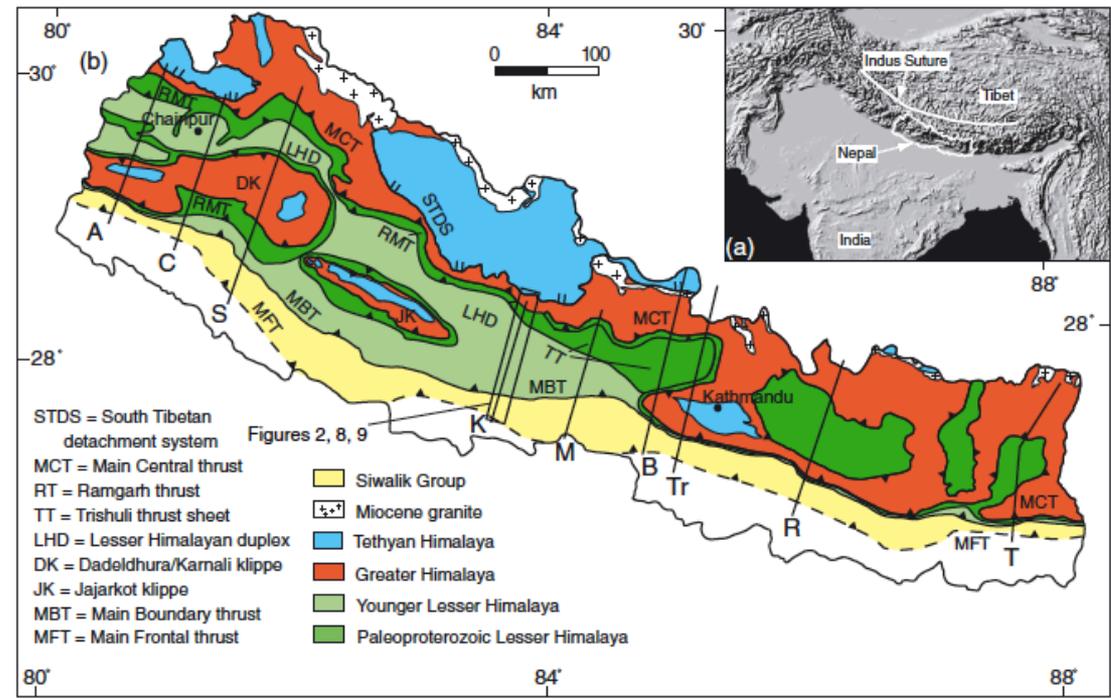
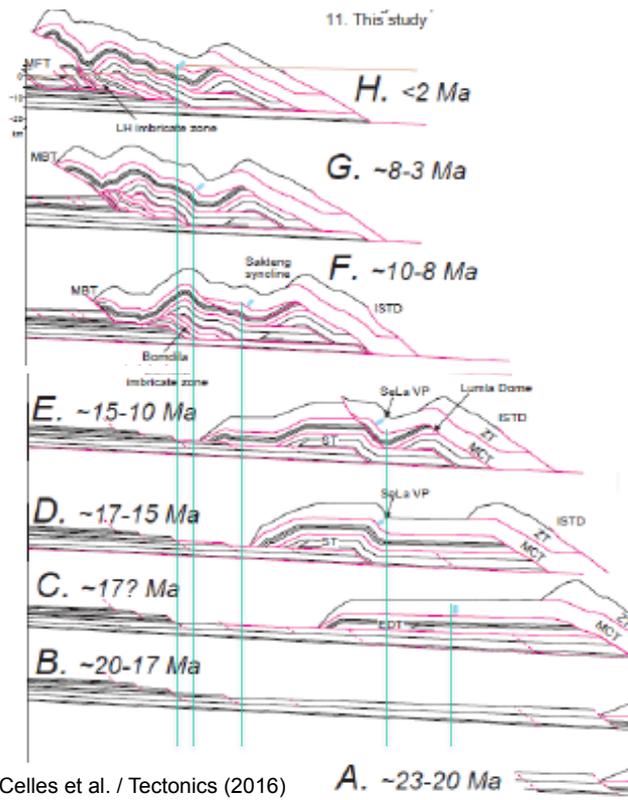


Imagem geofísica da crosta e manto superior sob o Himalaia e Plateau Tibetano. O contorno de cores representam dados de eletro-resistividade de exploração magnetotelúrica. Domínios em vermelho, de baixa resistividade, indicam fase fluída – fusão parcial. Seta = direção do fluxo. Nelson et al. / Science 274 (1996) 1684-1688



Orógeno de Colisão Himalaiano

DEFORMAÇÃO POR *DUPLEX* NO BAIXO HIMALAIA E SOERGUMENTO



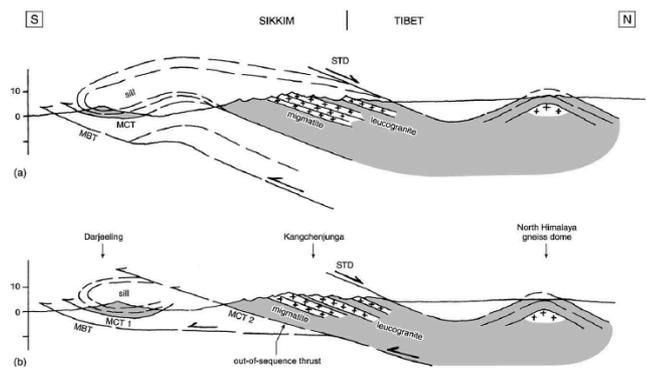
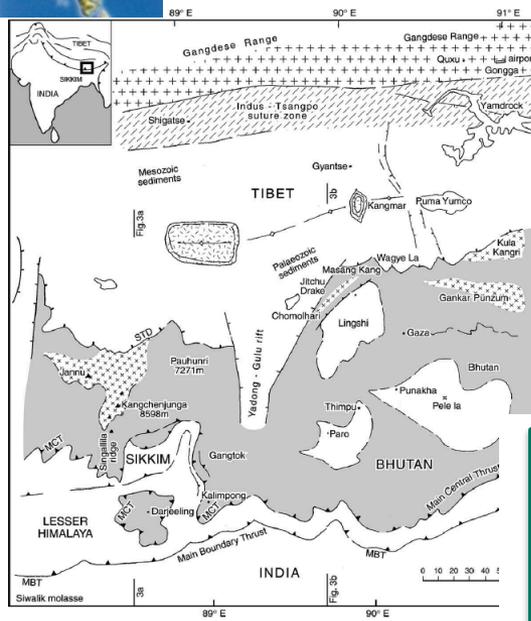
Robinson and Martin/Am.Geophysical U. (2014)

DeCelles et al. / Tectonics (2016)

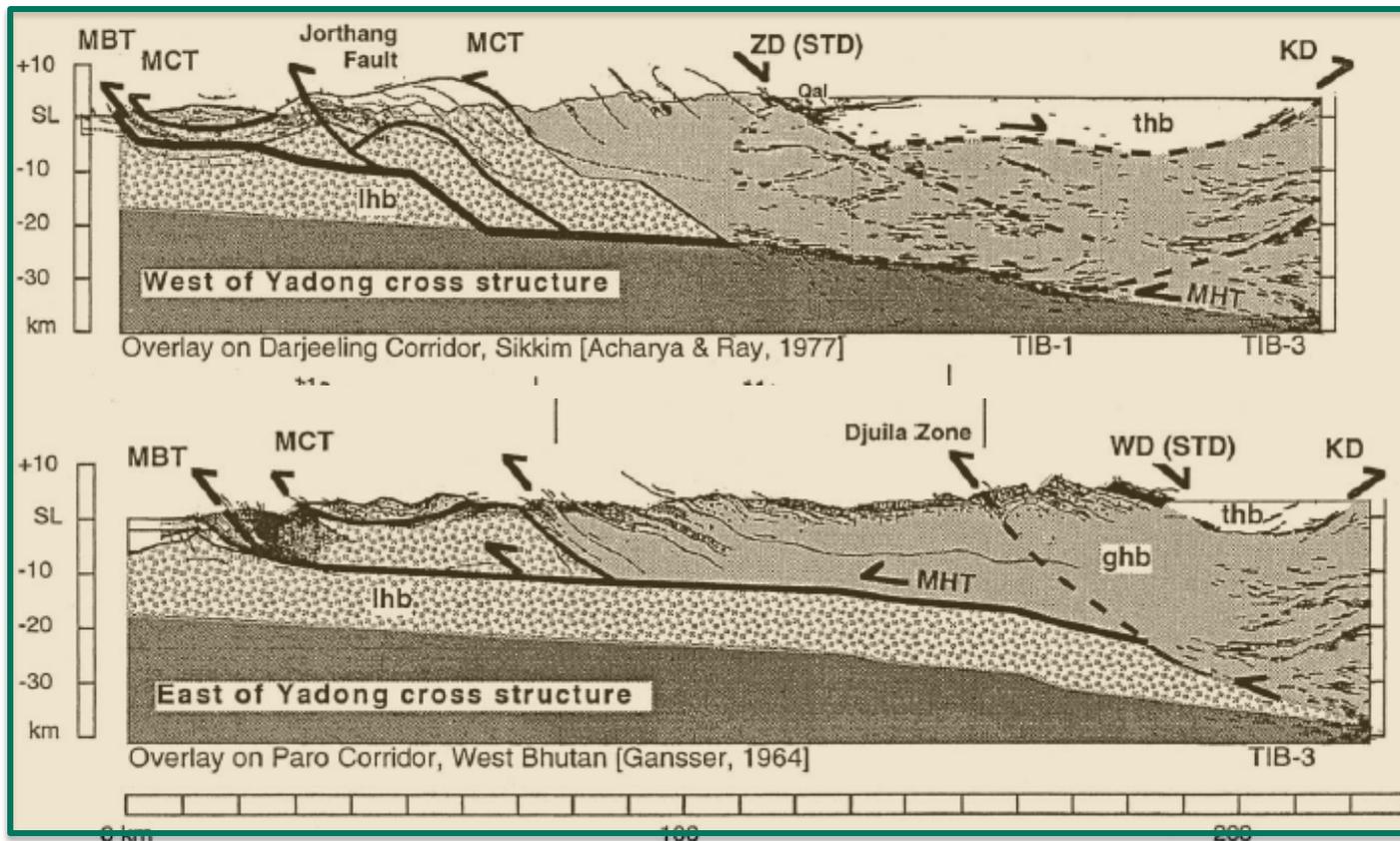
Pilhas antiformais e soerguimento pela propagação do sistema duplex

Orógeno de Colisão Himalaiano

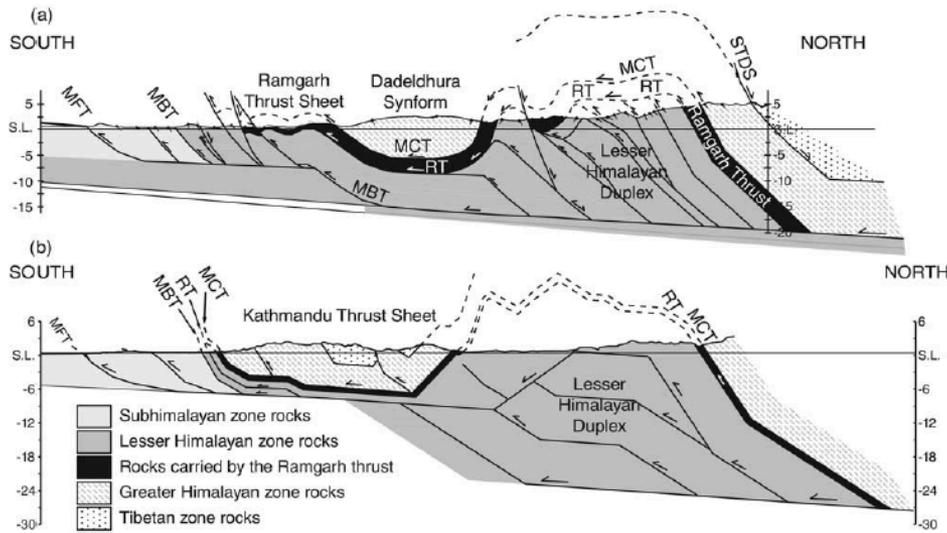
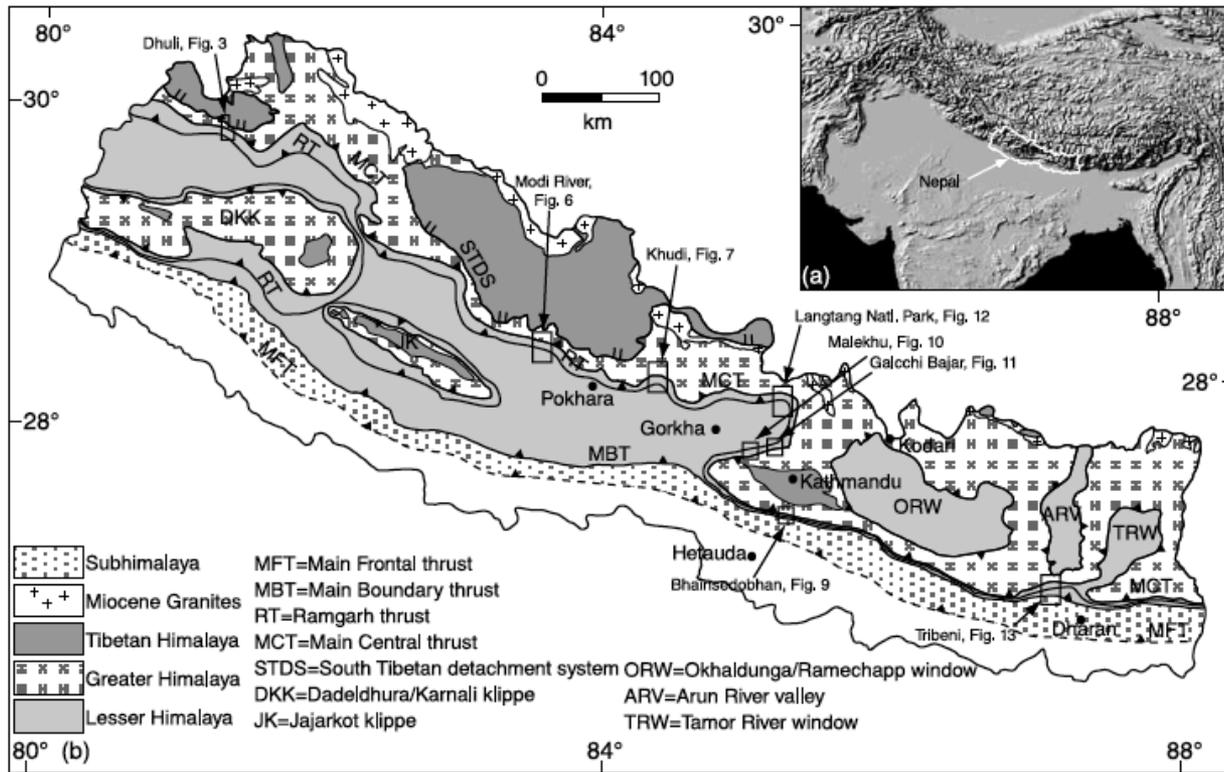
EXTRUSÃO DO NÚCLEO METAMÓRFICO DO ALTO HIMALAIA E MCT



M.P. Searle, A.G. Szulc / Journal of Asian Earth Sciences 25 (2005) 173-185



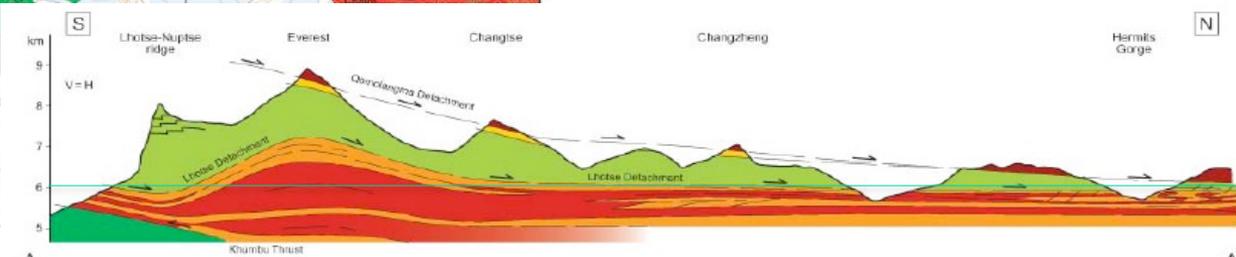
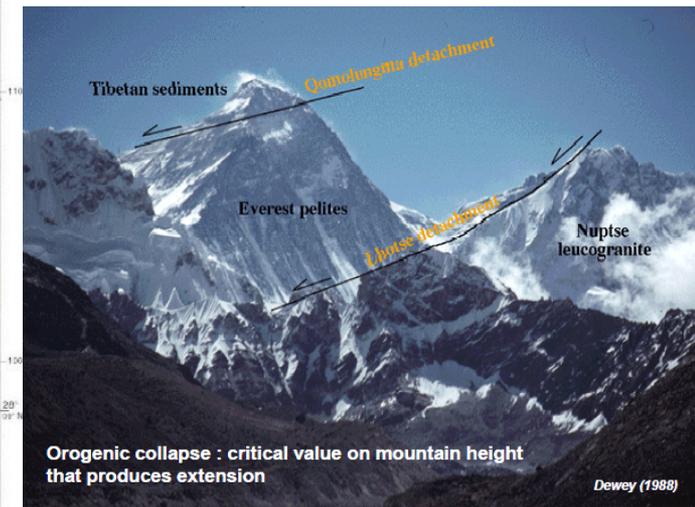
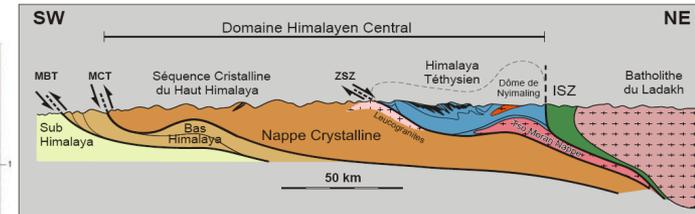
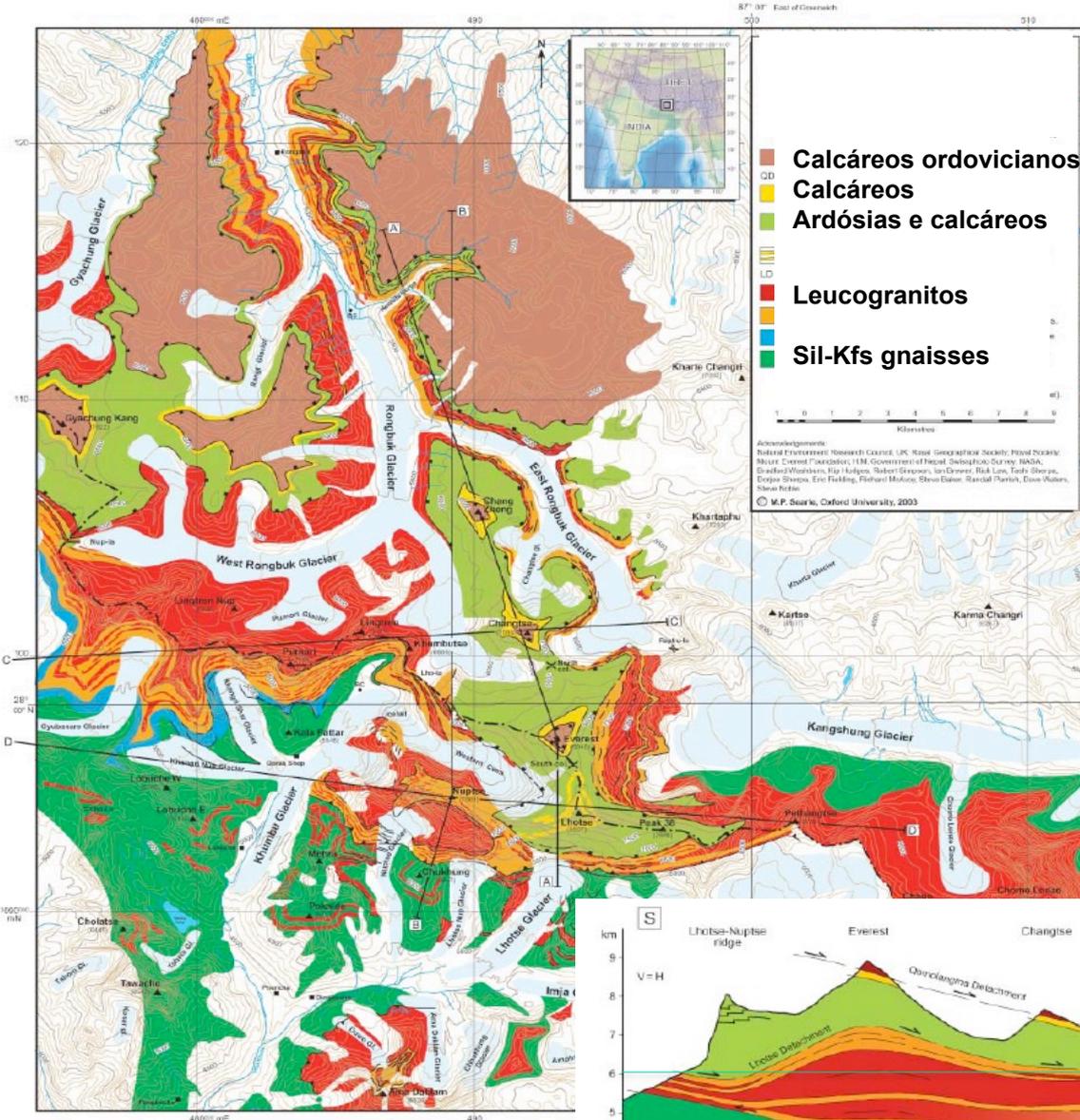
Orógeno de Colisão Himalaiano



Orógeno de Colisão Himalaiano

Alto Himalaia – Mapa Geológico da região do Everest, Nepal e sul do Tibet (Searle *et al.*, 2003)

DETACHEMENT SUL TIBETANO



Orógeno de Colisão Himalaiano

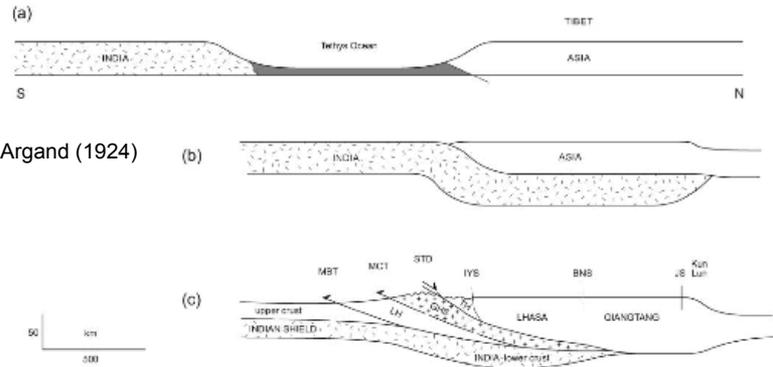
PLATÔ TIBETANO



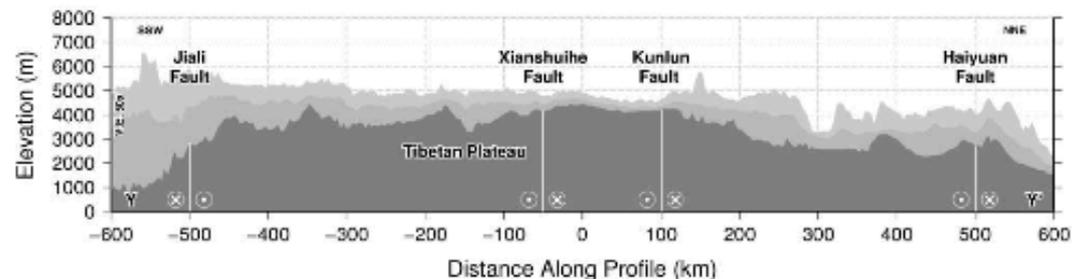
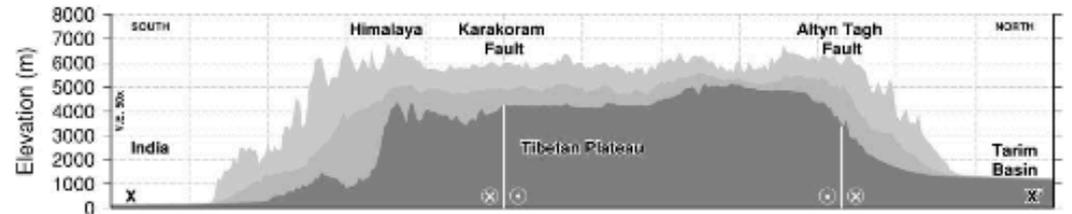
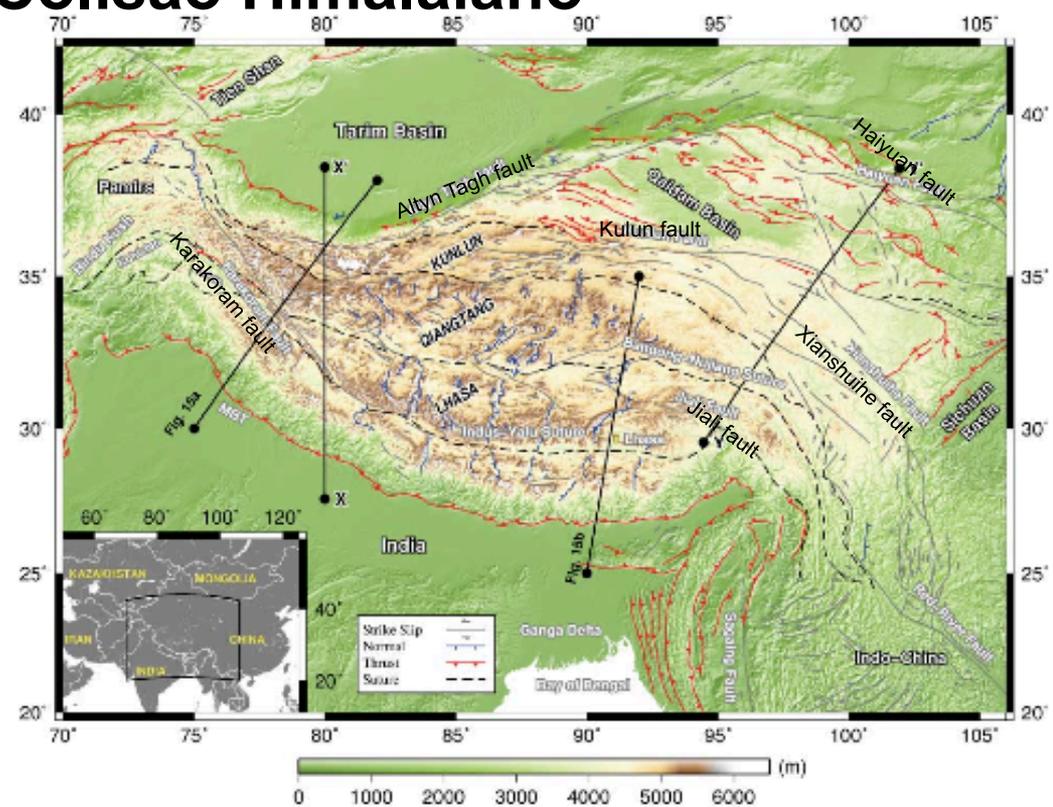
Orógeno de Colisão Himalaiano

Platô Tibetano

Extenso domínio orogênico topograficamente elevado e com crosta continental anomalamente espessada.



Atualização do modelo de Argand [Searle et al., J. Geol. Soc. London 168 (2011) 633-672]



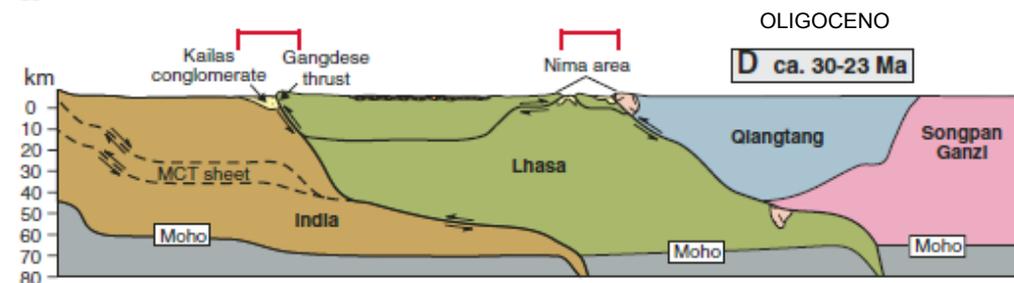
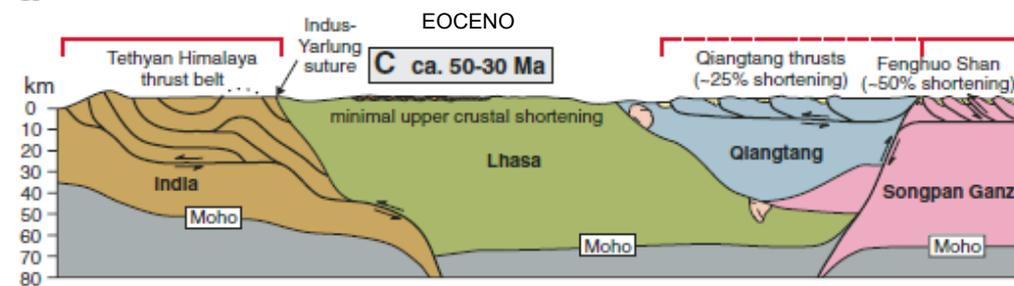
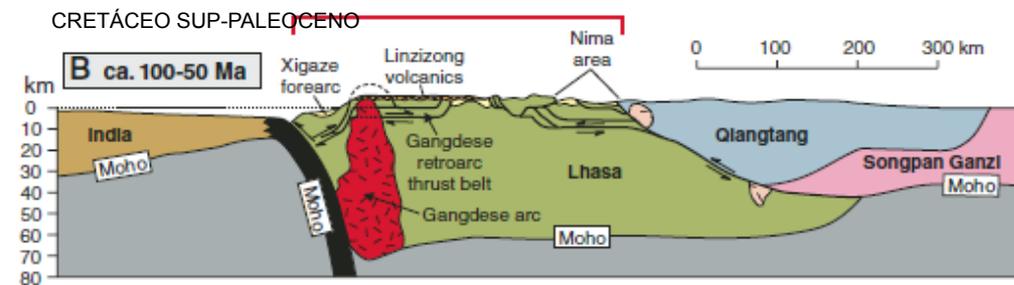
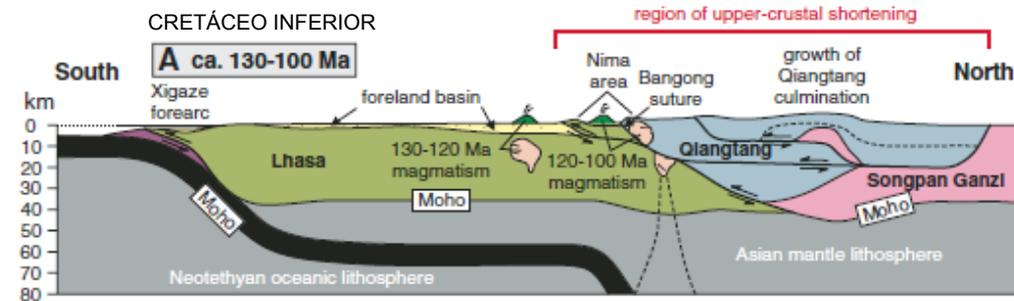
-Underthrust para norte da crosta inferior da Índia constrói o Plateau Tibetano.

-Crosta superior da placa da Índia foi “raspada para fora”, formando o Himalaia.

Orógeno de Colisão Himalaiano

PLATÔ TIBETANO

Extenso domínio orogênico topograficamente elevado e com crosta continental anormalmente espessada.



Atualização do modelo de Argand (1924) – Extrusão da crosta superior da Índia, descolada da crosta inferior.

Encurtamento crustal balanceado por 500km de *underthrust* para norte da crosta inferior da Índia – sul do Platô Tibetano

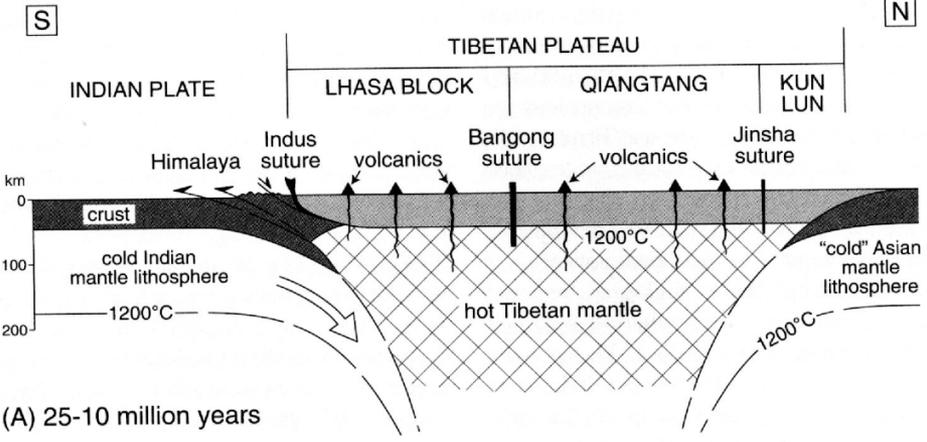
Seções esquemáticas para a evolução tectônica Cretáceo-Terciária do orógeno Himalaio-Tibetano

Kapp et al./*Geological Society of American Bull* 119 (2007) 917-933.

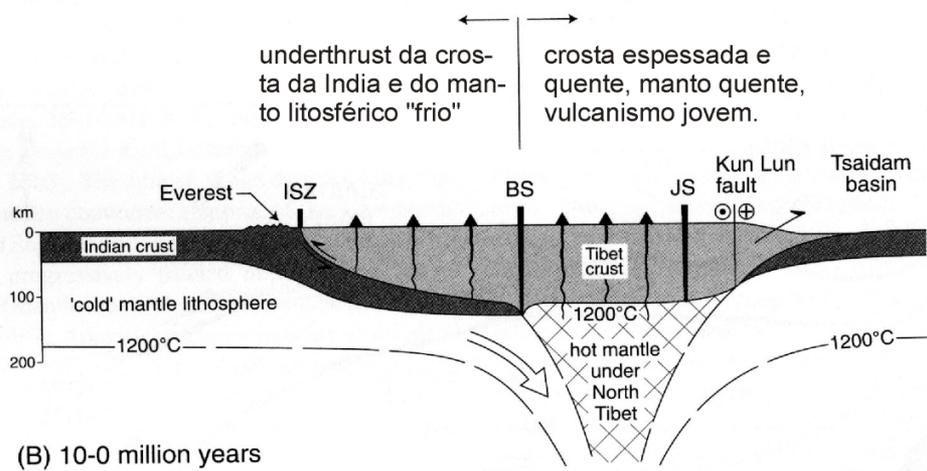
Orógeno de Colisão Himalaiano

Plateau Tibetano

Informações da geologia de superfície

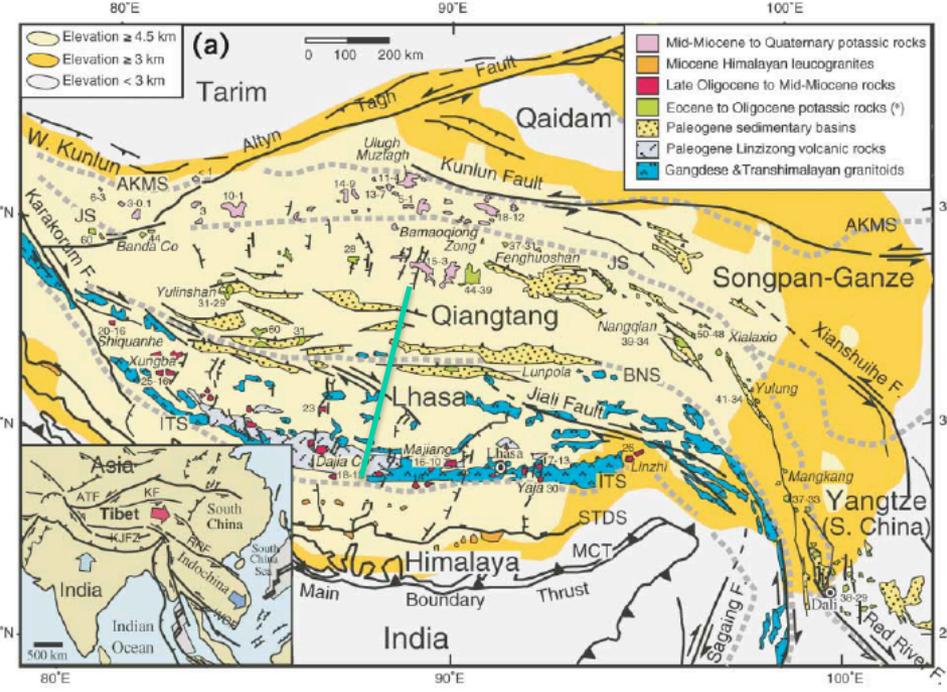


(A) 25-10 million years



(B) 10-0 million years

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO PLATEAU TIBETANO



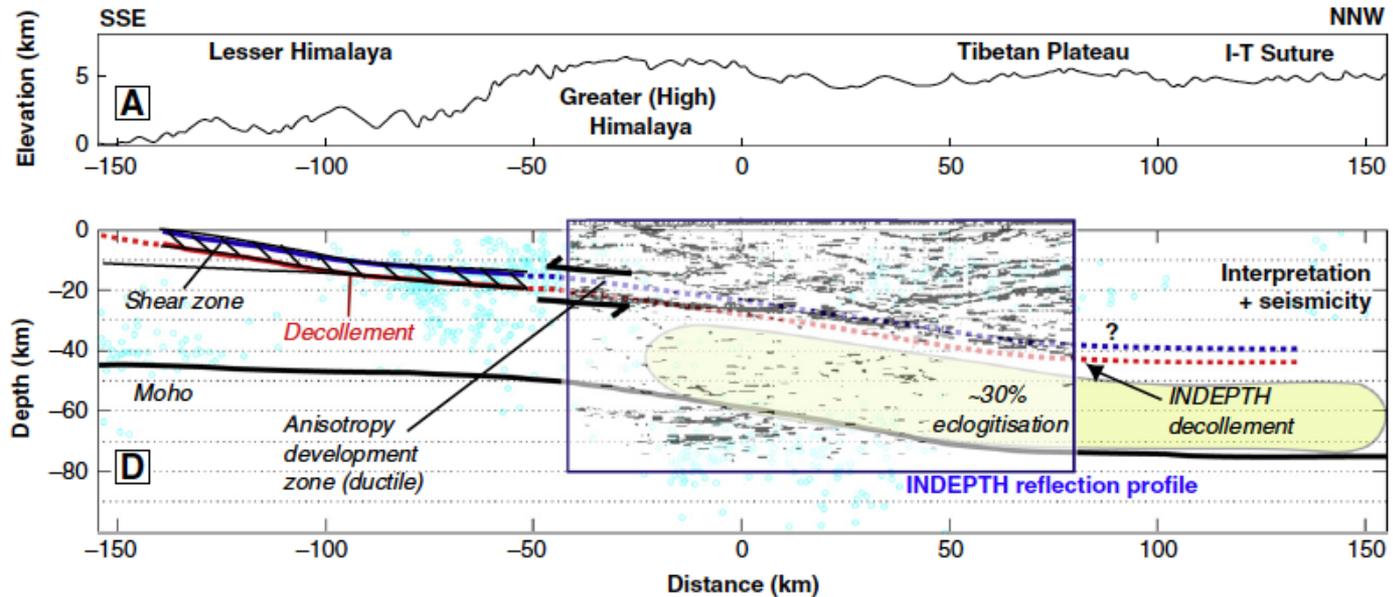
Distribuição do magmatismo pré, sin e pós-colisão, das bacias de foreland e das estruturas e pequenos riftes do impacto colisional (impactogen)

Seções destacando o contexto geodinâmico do Plateau Tibetano, com base na idade e distribuição do vulcanismo shoshonítico e ultrapotássico. O manto astenosférico alçado é necessário para a origem deste vulcanismo. A subducção da crosta e litosfera frias da Índia, nos últimos 10 milhões de anos, restringe, à norte, a fonte do vulcanismo.

Cerca de 450 km de underthrust da crosta inferior da Índia em 10 m.y.

Orógeno de Colisão Himalaiano

Plateau Tibetano

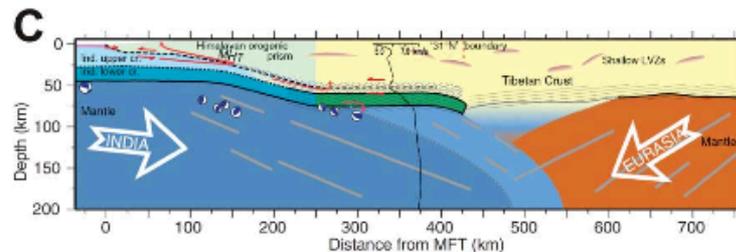


Seismic receiver function analysis e interpretação com a seção sísmica de reflexão INDEPTH

Círculos azuis = hipocentro sísmico na crosta (superior e inferior) no Himalaia e dois estratos sismogênicos sob o Tibet (crosta superior e manto superior envolvendo a crosta inferior eclogítica [Schulte-Pelkum et al/Nature 435 (2005) 1222-1225]

Crosta inferior eclogítica da placa da Índia – em verde

Fábrica linear no manto superior – traços cinza



Orógeno de Colisão Himalaiano

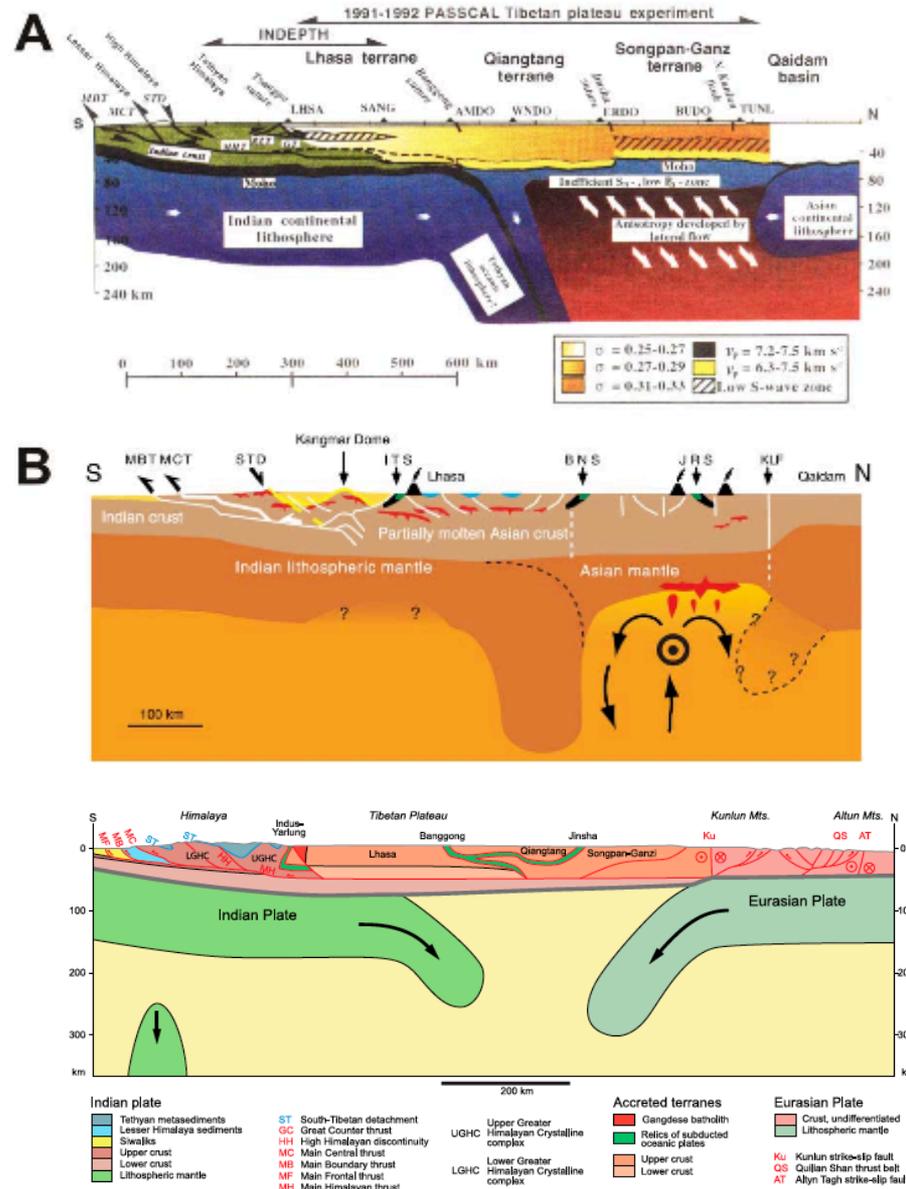
Plateau Tibetano

Seções interpretativas através do Plateau Tibetano baseadas em experimentos de sísmica profunda.

A altitude média do Alto Himalaia e Platô Tibetano está suportada por uma não uniformidade na estrutura da crosta e litosfera.

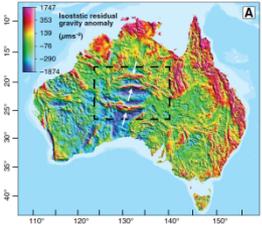
Crosta continental e manto superior espessos em oposição a uma crosta e manto mais delgados a norte.

Manto mais frio no sul do Tibet e mais quente na porção central, por remoção da raiz litosférica por delaminação



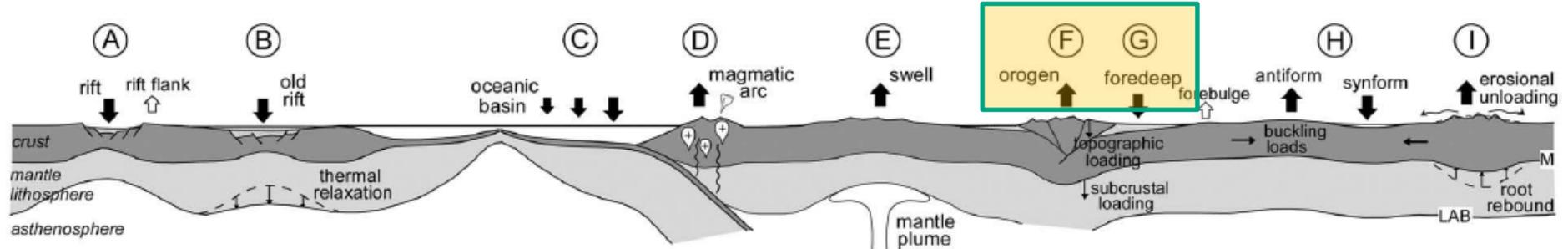
Seções interpretativas de experimentos sísmicos profundos através do Platô Tibetano. Destaque para manto astenosférico alçado na delaminação da litosfera, com anisotropia desenvolvida por fluxo lateral. Extensão da crosta inferior eclogítica da Índia. Fabrica linear do manto superior da Índia e Eurásia. Searle et al. / J. Geological Society, London 168 (2011) 633-672

ORÓGENO INTRACONTINENTAL



Encurvamentos litosféricos, topografia e regimes deformacionais fora dos limites de placas tectônicas

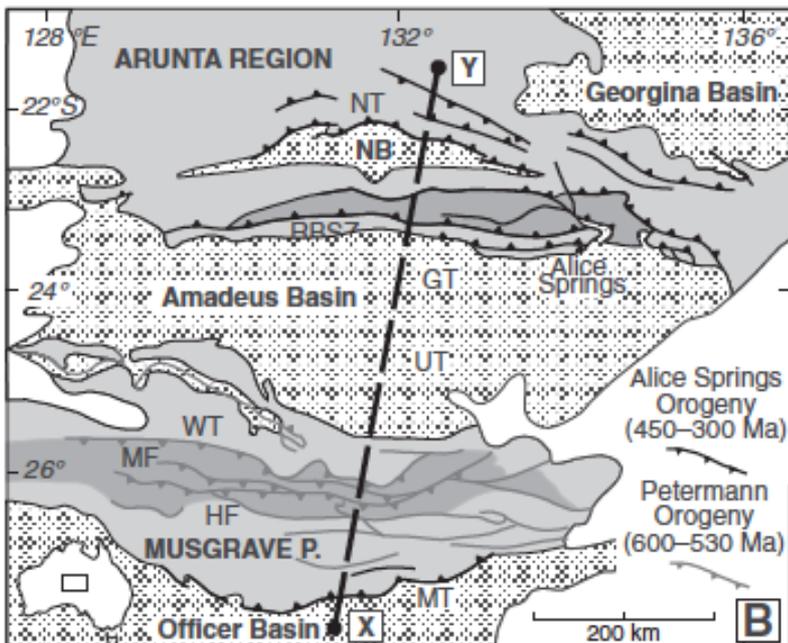
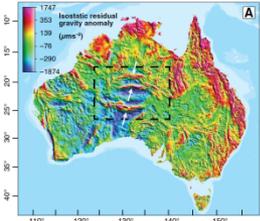
Movimentos verticais da litosfera – subsidência e soerguimento na escala de placas tectônicas



- (A) Crustal thinning by stretching
- (B) Thermal cooling of a thinned lithosphere
- (C) Cooling (thickening) of the oceanic lithosphere as it moves away from a ridge
- (D) Crustal thickening by magmatic addition
- (E) Impingement of a mantle upwelling or thermal plume to the base of the lithosphere
- (F) Crustal thickening by orogenic shortening
- (G) Flexure by topographic or subcrustal loading
- (H) Crustal/lithospheric folding
- (I) Erosionally-driven isostatic rebound

ORÓGENO INTRACONTINENTAL

Deformações intraplacas, no interior remoto dos continentes

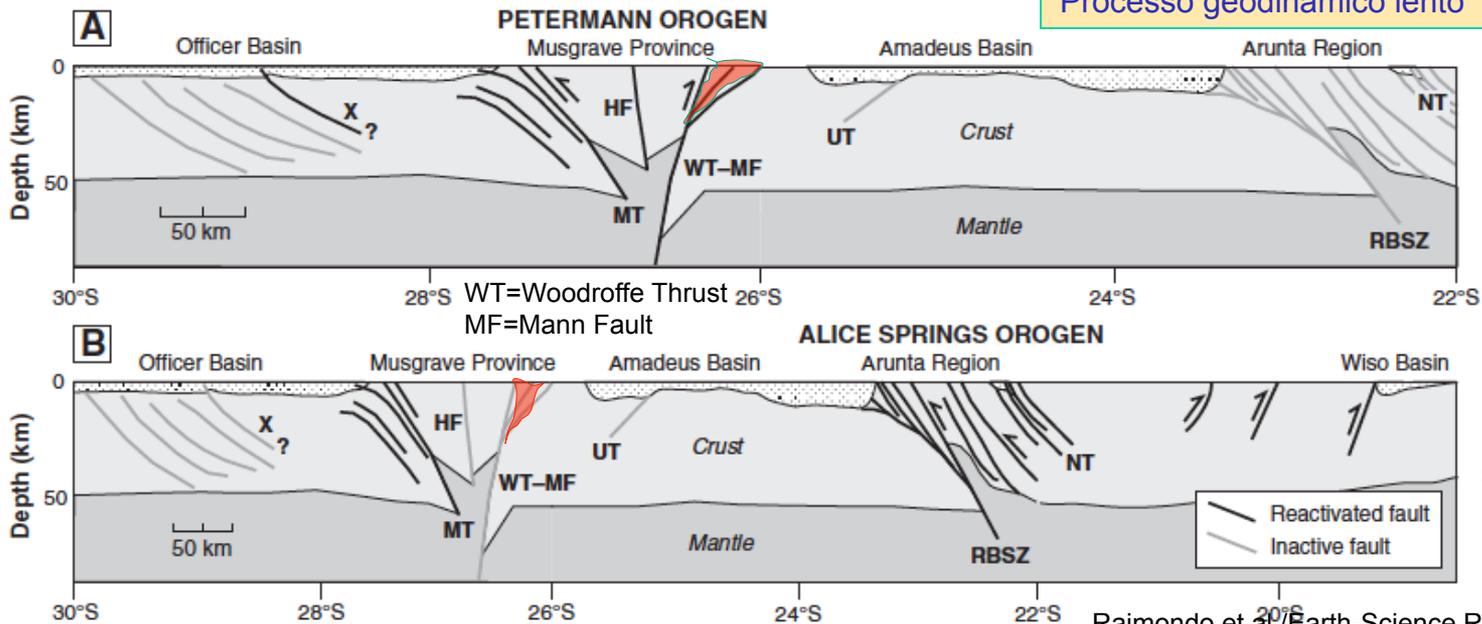
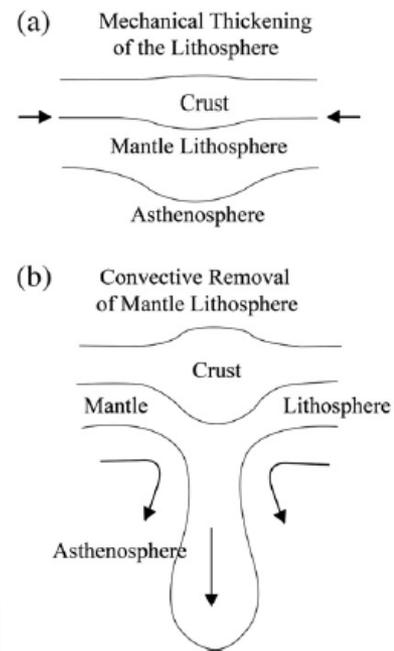


Remoção de porções do manto litosférico por “gotejamento” (*lithospheric dripping*)

Remoção por flutuação térmica negativa da litosfera fria, ou pela instabilidade gravitacional de *Rayleigh-Taylor* devido a variação de densidade entre a astenosfera e o manto litosférico.

Gorczyk et al/Tectonophysics 514-517 (2012) 146-155

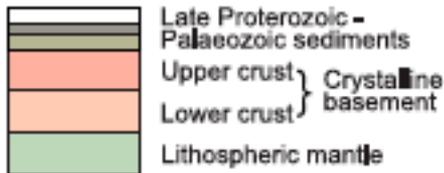
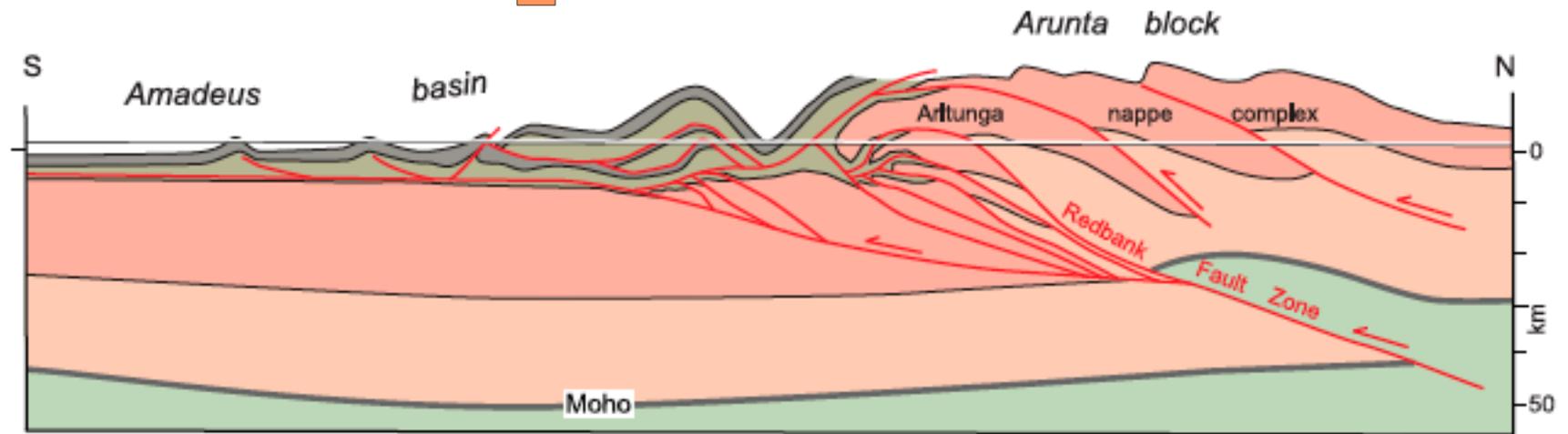
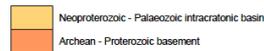
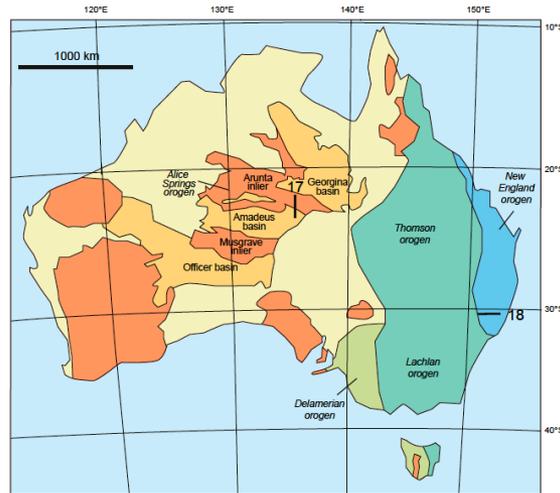
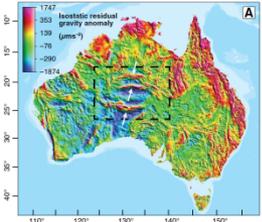
Processo geodinâmico lento



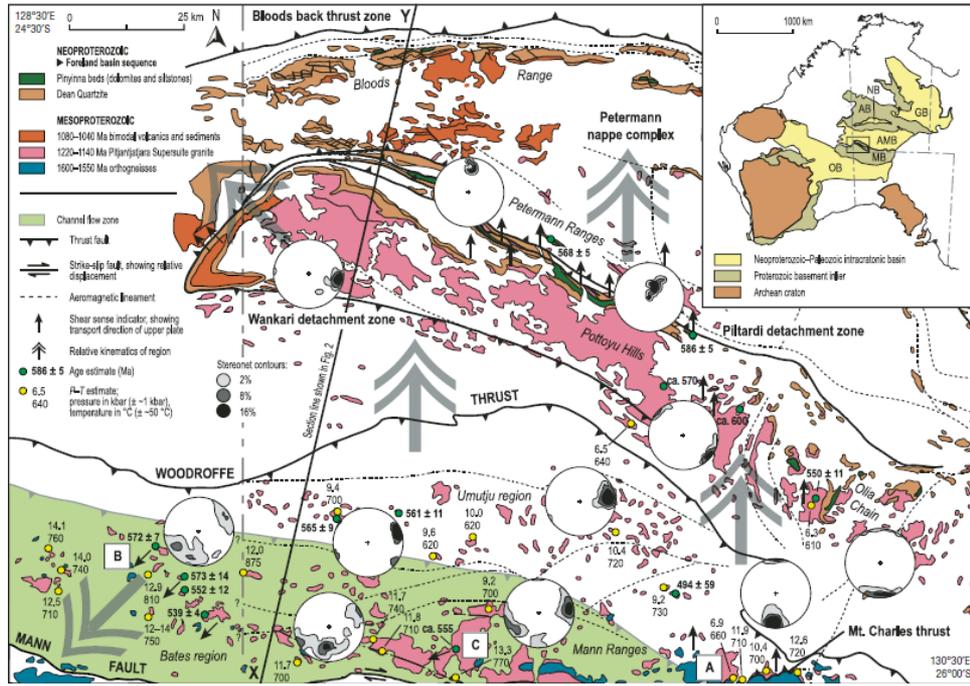
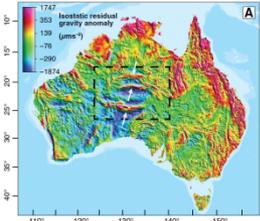
- 1- encurtamento horizontal e espessamento da litosfera;
- 2- Remoção lateral do manto litosférico substituído pela astenosfera quente, resultando em rápido soerguimento da superfície

ORÓGENO INTRACONTINENTAL

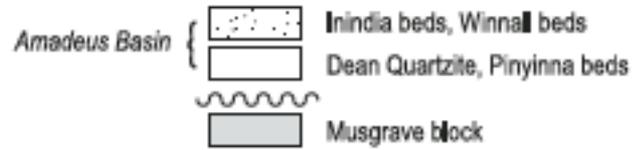
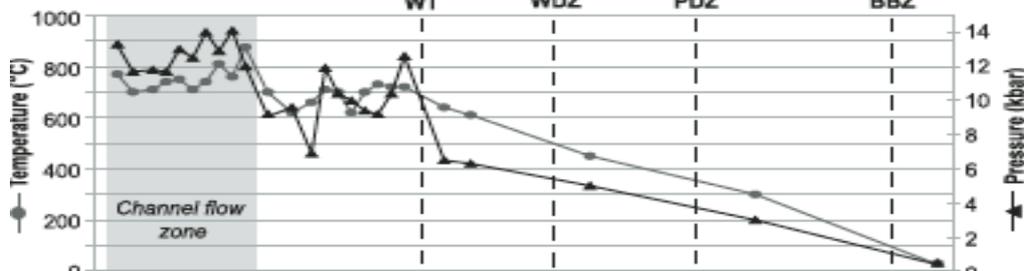
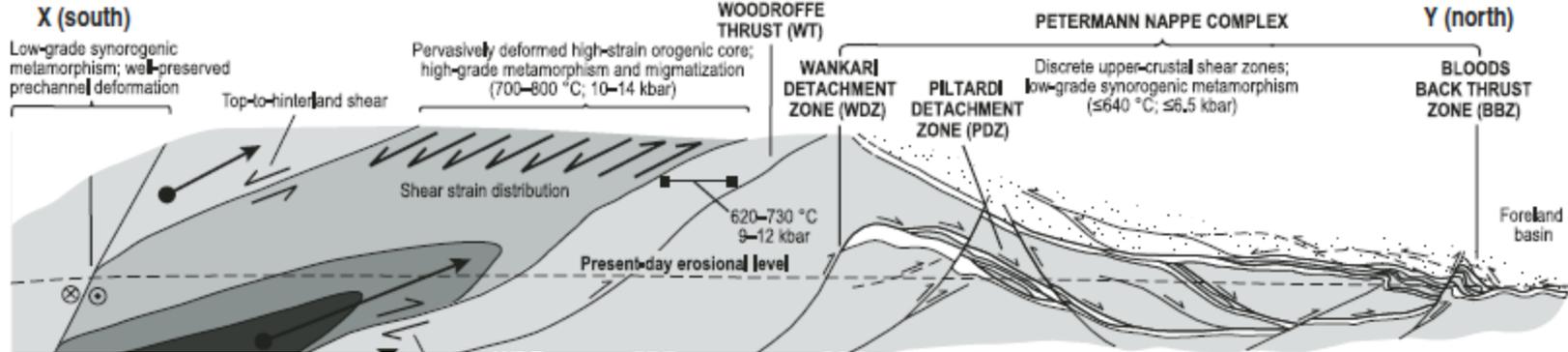
Deformações intraplacas, no interior remoto dos continentes



ORÓGENO INTRACONTINENTAL



Channel Flow intracontinental 600-530 Ma



Raimondo et al./Geology 37 (2009) 291-294;
Raimondo et al./Tectonics 29 (2010) TC4024