

Descrição das ilustrações (52) da aula sobre a Bacia do Paraná e sua correlação com as bacias da Argentina e da África do Sul

A aula está dividida em 4 partes, conforme segue.

1. Vista da Serra de Itaqueri, Domo de Pitanga, Bacia do Paraná, região de Ipeúna, SP. O topo da serra é recoberto por arenitos fluviais mal selecionados com estratificação cruzada e plano-paralela, de idade Terciária, pertencentes à Formação Itaqueri, com espessura ao redor de 60 m. A faixa clara na parte superior da escarpa corresponde aos basaltos da Formação Serra Geral. Eles recobrem os arenitos eólicos avermelhados com estratificação cruzada de grande porte da Formação Botucatu, os quais, por sua vez, recobrem os arenitos eólicos e fluviais de clima úmido da Formação Piramboia, cujo contato ocorre no sopé da referida serra.

2. Estrutura da aula, que está dividida em quatro partes: 1ª) Relação com o Gondwana Ocidental; 2ª) Estratigrafia e Tectônica; 3ª) Correlações com Argentina e África; e 4ª) Arcos Paleozoicos da Patagônia;

3. Temas estudados

4. Parte I - Relação com o Gondwana Ocidental

5. Essa primeira figura é para estabelecer o link com a última figura apresentada na 3.a aula da profa. Claudia. Nela quero destacar alguns aspectos da tectônica do continente sul-americano e porque não dizer da Placa Sul-Americana. Primeiro destaque é o Lineamento Transbrasiliano, que se prolonga para a África na altura do Togo, Benim e Nigéria, leste da Costa do Marfim, e que se prolonga para norte em direção ao Mali e Argélia, a leste do Cráton do Oeste Africano.

6. Estas figuras mostram o Gondwana Ocidental. O mapa da direita mostra do lado africano (em preto) os crátons do Oeste Africano, Congo, Kalahari e Zimbábue e do lado brasileiro os crátons Amazônico, Rio de La Plata e São Francisco. O cráton do Rio de La Plata foi reunido com um fragmento cratônico sugerido inicialmente pela Geofísica por debaixo da Bacia do Paraná. Em vermelho estão representados os orógenos (ou faixas móveis) neoproterozoicos que circundam os referidos crátons. O mapa da esquerda mostra (de SW para NE) uma litosfera oceânica (Oceano Pantalassa) em subducção para NE e o terreno Pré-cordilheira (em verde), seguidos por uma região de sedimentação (amarela) e outra elevada submetida à erosão (cinza escura), ambas com orientação NW-SE, dispostas na borda SW da porção ocidental supercontinente Gondwana.

7. Nesta figura, em comparação com a anterior, nota-se: ampliação da área de sedimentação (amarela), deslocamento da área em erosão (cinza escura) para NE, surgimento de áreas elevadas e sujeitas à erosão, como o recém-formado arco magmático Choiyoi, uma província vulcano-plutônica do Permo-Triássico (290-265 Ma), caracterizada por rochas ácidas (riolitos) a intermediárias (andesitos) e vulcanoclásticas com níveis de ignimbritos, relacionada à orogenia Sanrafaélica. Atrás

do terreno Pré-cordilheira foram agregados os terrenos Chilenia (vermelho) e da Patagônia (verde musgo), que será abordado na última parte da aula (Parte 4).

8. Plataforma Sul-Americana com exposição dos escudos (em vermelho) e coberturas paleozoicas (em amarelo), limitada a oeste com a Cordilheira dos Andes (em verde) e ao sul com a Plataforma Patagônica (azul). Nela, acham-se delimitados (tracejado amarelo) os maciços de Cura Somun (CS) e Deseado (D). Conforme será visto mais adiante, estes maciços correspondem em grande parte aos terrenos paleozoicos relacionados com arcos magmáticos desenvolvidos entre o Devoniano e o Carbonífero e no Carbonífero, entre o Mississippiano e Pensilvaniano.

9. Mapa destacando as principais bacias sedimentares brasileiras: proterozoicas (vinho), proterozoicas/paleozoicas (rosa), paleozoicas (verde), paleozoicas/mesozoicas (cinza escuro), mesozoicas (vermelho), cenozoicas (amarelo) e bacias da margem continental brasileira (*offshore*).

10. O mapa mostra as variações de espessura da crosta no continente Sul-Americano (ver a barra de cores com a variação da faixa de espessura de 10 em 10 km. As maiores espessuras são registradas nos Andes centrais (entre 60 a 70 km). Espessuras pouco acima de 40 km são registradas nas regiões das bacias do Paraná e Amazonas (médio e alto), do Cráton do São Francisco e de Roraima. Espessuras menores (~30 km) são encontradas nas regiões do Pantanal Matogrossense e da borda leste do Brasil. As menores espessuras (20 km) são registradas na Plataforma continental brasileira.

11. Neste mapa, mais simplificado do que o anterior, ficam claras as regiões com espessura crustal acima de 40 km e domínios restritos com espessura ainda maior (~50 km ou pouco superior), a exemplo do que ocorre na parte norte da Bacia do Paraná.

12. **Parte II** - *Estratigrafia e Tectônica*

13. Mecanismos, controles e tipo de interação de placas. Formações de bacias são desencadeadas por processos que ocorrem no interior da litosfera ou na própria astenosfera. Num regime distensional, a crosta continental é estirada e ao mesmo tempo ocorre a subida do manto litosférico que irá desempenhar um papel fundamental na evolução tectônica de uma bacia. Em muitos casos, há o desenvolvimento de um *rift* inicial que passa a ser acompanhado de magmatismo básico a alcalino. A natureza do substrato da bacia é um fator importante durante sua evolução tectônica e sedimentar, ou seja, se o substrato da bacia for de natureza continental, oceânica ou transicional. Em uma litosfera continental, a transição do campo da deformação frágil (rúptil) para a deformação dúctil se dá ao redor de 25 km, ao passo que numa litosfera oceânica esta transição ocorre ao redor de 35 km. Esta diferença se deve, sobretudo pela presença de quartzo no primeiro tipo de litosfera e ausência no segundo tipo. O quartzo apresenta transição da deformação rúptil para dúctil em temperatura ao redor de 300° C. Já para os feldspatos, esta transição se dá em temperaturas bem mais elevadas (~450° C).

14. Principais características da Bacia do Paraná, incluindo as três fases de ingressões marinhas, Ordoviciano/Siluriano, Eodevoniano e Permocarbonífero. Os períodos de subsidência e sedimentação na Bacia do Paraná foram coincidentes temporalmente com as principais fases orogênicas. A subsidência e acúmulo sedimentar na bacia iniciaram-se no Eossiluriano a Eo e Meso-Devoniano, ocasião em que o terreno da Precordilheira (ver slide 6) colidiu contra o Gondwana Ocidental e produziu a Orogenia Oclóyica (Milani e Ramos, 1998), pertencente ao Ciclo Tectônico Famatiniano (Ordoviciano/Devoniano). O registro desta primeira fase de sedimentação está documentado no Grupo (ou Supersequência) Ivaí. Durante o Eodevoniano ocorreu novo ciclo transgressivo-regressivo na bacia, o qual se encontra registrado na Supersequência Paraná (formações Furnas, na base, e Ponta Grossa, no topo). O terceiro ciclo transgressivo-regressivo ocorreu entre Carbonífero e Permiano, e foi responsável pela deposição da Supersequência Gondwana, a qual inclui (da base para o topo) os grupos Itararé (também denominado Subgrupo), Guatá (formações Rio Bonito, na base, e Palermo no topo) e Passa Dois (formações Irati, na base, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, no topo) (ver slides 15 e 16). No estado de São Paulo, no Domo ou Alto de Pitanga, as formações Tatuí (base), Assistência e Corumbataí (topo), correlacionam-se com o Grupo Guatá, e as formações Irati e Rio do Rasto, respectivamente (ver slide 13).

15. Carta litoestratigráfica (ver definições no **Anexo** ao final das descrições das figuras) da Bacia do Paraná (adaptada de Schneider et al. 1974) mostra a correlação das unidades entre os estados do RS, SC, PR e SP. Conforme já referido no item anterior, tais unidades no estado de São Paulo possuem denominações diferentes daquelas dos estados do Sul do Brasil. Na última coluna da carta foram incluídas as unidades Aloestratigráficas (Supersequências), definidas por Milani (1977).

16. Carta Aloestratigráfica da Bacia do Paraná (Milani et al. 2007), onde são separadas seis supersequências (da mais antiga para a mais nova), a saber: Ivaí, Paraná, Gondwanas I, II, a III e Bauru. A barra verde (390 Ma) na parte inferior da carta mostra o intervalo de idade da sedimentação na bacia. Já a barra vermelha (170 Ma) mostra a soma do intervalo de tempo sem registro sedimentar na bacia. Portanto, se ocorreu sedimentação neste intervalo de tempo, ela foi removida por erosão. Isto significa dizer que os sedimentos da bacia neste período foram expostos à erosão, ou seja, eles estavam situados topograficamente acima do nível de base regional (p.e., nível do mar). A ocorrência da Supersequência Bauru é restrita ao RS.

17. Relação da ingressões marinhas da Bacia do Paraná no Fanerozoico com as orogenias ocorridas na porção sul do Gondwana Ocidental, correspondendo geograficamente hoje as regiões da Patagônia e do Andes.

18. Mapa mostrando a reconstrução paleogeográfica no continente Sul-Americano durante o segundo ciclo transgressivo-regressivo ocorrido no Eodevoniano (~400 Ma). Com a principal ingressão marinha oriunda do Sul do Continente, o mar ocupou a região hoje geograficamente ocupada pela Cordilheira dos Andes (Bolívia, Chile,

Argentina), boa parte dos territórios do Paraguai, Uruguai, parte oriental da Argentina até a Patagônia, e outra área menor no baixo Amazonas e parte ocidental do NE brasileiro. Além de uma enorme área emersa (rósea), o mapa mostra também áreas de depósitos marinhos (azul), transicionais (hachureado vertical) e continentais (tracejado com fundo amarelo). Há também uma faixa estreita em forma de arco de área emersa na região dos Andes centrais, que começa imediatamente a sul de Lima no Chile. Uma extensa área emersa alongada N-S se estende na porção oriental da Argentina. Cidades no mapa: A- Assunção, Q-Quito, L-Lima, S. Santiago do Chile, BA- Buenos Aires, P- Porto Alegre, R- Rio de Janeiro, B- Brasília, R- Recife, Be-Belém, S-Salvador.

19. Situação paleogeográfica ainda no Eodevoniano (~395 Ma). Ampliação da área ocupada pelo mar e surgimento do Alto de Assunção que se manteve como uma feição positiva e separou as bacias paleozoicas do Paraná e do Chaco. As setas indicam a polaridades sedimentar de áreas mais elevadas em direção às áreas mais baixas (oceânicas). A extensa área emersa alongada N-S passa a ser área-fonte dos sedimentos da Bacia do Chaco, a leste, e para outra bacia contemporânea no lado andino, a oeste. Mesma legenda da figura anterior.

20. Idem no Eodevoniano (~390 Ma). O mar passa a ocupar as grandes bacias paleozoicas brasileiras (Paraná, Parnaíba, Amazonas e Solimões), enquanto as áreas emersas passam a ser fontes de sedimentos para as mesmas. A estreita faixa em forma de arco na costa chilena passa a ser área-fonte de sedimentos para a extensa bacia a leste.

21. Idem no Eodevoniano (~380 Ma). A paleogeográfica geral é semelhante ao do período anterior, havendo, no entanto, a perda de conexão da Bacia do Amazonas com o Oceano a oeste e geração de um alto no seu lugar e início da nucleação da Bacia do Solimões.

22. Mapa estrutural do substrato da Bacia do Paraná. A linha vermelha grossa delimita a bacia do embasamento (rosa). A grande reentrância no seu limite SE corresponde ao Arco de Ponta Grossa, uma estrutura com orientação NW-SE, que surgiu na história na bacia entre o Jurássico e o Cretáceo (Juro-Cretáceo) ou até mesmo anterior, talvez já no Permiano. Trata-se de uma estrutura distensional que foi palco da injeção de grande volume de magma básico como enxame de diques na sua zona axial durante o Cretáceo Inferior (~131 Ma). Esta estrutura é marcada também por fortes alinhamentos magnéticos na mesma direção dos diques. Um *rift* inicial (cor cinza) de direção NE-SW acha-se delimitado por duas falhas principais na parte central da bacia. O mapa mostra a localização de três perfis sísmicos, que são apresentados em seguida, dois com direção NW-SE (A-B e C-D) e um com direção NE-SW (E-F).

23. A primeira seção sísmica interpretada (A-B, em vermelho), NW-SE, mostra uma seção transversal sísmica já interpretada da bacia. Destaca-se um *rift* central assimétrico (NE-SW), na forma de meio-gráben (hemi-gráben), contendo grábens menores e um *horst* (alto estrutural do embasamento) na parte sul da seção. A estrutura principal (o gráben) é limitada ao sul por uma grande falha curva (falha mestra), com deslocamento normal (ou de gravidade), ou seja, o bloco da capa (acima do plano de falha) desceu em

relação ao bloco da lapa (abaixo do plano de falha). As falhas que limitam o gráben principal, ao contrário das demais mais para o centro da estrutura, se propagam ao longo de toda a seção paleozoica até a base dos derrames de basaltos (linha amarela) da Formação Serra Geral, sugerindo reativação dessas estruturas durante o Paleozoico ou no início do Mesozoico (Triássico ao Jurássico) e certamente antes do Cretáceo Inferior. O nome do topo das unidades estratigráficas da bacia está indicado no retângulo branco ao longo da seção sísmica. O limite da bacia com o embasamento é marcado pela linha vermelha mais grossa na parte inferior da seção.

24. A segunda seção sísmica interpretada (C-D, em azul), também NW-SE, mostra outra seção mais a sul em continuidade com a anterior. Destaca-se uma falha de alto ângulo mergulhando para NW, cortando a sucessão sedimentar da bacia. Esta falha é uma estrutura já existente no embasamento (Falha de Jacutinga), portanto, anterior à instalação da bacia, que foi posteriormente reativada segundo a mesma descontinuidade já existente no seu substrato. Esta reativação se deu provavelmente no Juro-Cretáceo, e é conhecida como reativação Wealdeniana, nome introduzido por Almeida (1967) em sua monumental obra intitulada *Origem e evolução da plataforma brasileira*, publicada no *Boletim* 241 da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, 38p, talvez a mais original e uma das mais importantes obras sobre o tema em língua portuguesa. Legenda como na figura anterior.

25. A figura mostra a terceira seção sísmica (E-F, em verde no mapa da Fig. 22), agora com orientação ortogonal (NE-SW) às duas figuras anteriores e sendo localizada na zona axial do Arco de Ponta Grossa. Na figura são interpretados diques e falhas anteriores aos derrames da Formação Serra Geral (parte SW e NE da seção) e também posteriores (partes central e NE da seção), além de uma zona de falha vertical na porção central (linhas tracejadas) e uma estrutura (falhas) em flor no canto SW da seção.

26. A última (terceira) seção sísmica (NE-SW) mostra um detalhe da seção anterior, com destaque para um dique vertical na porção central da seção, onde nota-se o seu truncamento no topo pelos derrames da Formação Serra Geral.

27. O mapa mostra a distribuição das supersequências da Bacia do Paraná (da mais antiga para a mais nova), a saber: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru. As duas últimas supersequências (mais novas), e a quarta supersequência (Gondwana I), são as que apresentam maior expressão em superfície e distribuem-se do centro para a borda da bacia nas cores amarela (Bauru), branca (Gondwana III) e azul (Gondwana I). As demais supersequências têm uma expressão bastante restrita em superfície. A Supersequência Gondwana II (amarelo) aflora numa estreita faixa E-W na borda sul do planalto sul-riograndense, enquanto a Supersequência Paraná (em verde) aflora nas bordas NW e SE da bacia, tendo ainda ocorrência restrita no extremo sul do Rio Grande do Sul e na Argentina. Já a Supersequência Rio Ivaí (em preto) aflora na borda NW da bacia e pontualmente na borda W, na altura do paralelo de Assunção.

28. O mapa mostra os afloramentos em superfície da Supersequência Ivaí (marrom) e sua distribuição em profundidade (azul) com base em poços de sondagens feitos para pesquisa de petróleo na bacia. Destaca-se uma faixa central NE-SW limitada por falhas e outra mais estreita subparalela já na borda SE da bacia e mais dois depocentros nas porções NW e NE. As espessuras das supersequências são indicadas pelas linhas de isópacas (curvas de mesma espessura de sedimentos). A Supersequência Ivaí repousa em discordância sobre rochas pré-cambrianas. É dividida (da base para o topo) nas formações Alto Garças, Iapó, Vila Maria, Vargas Peña e Cariy, estas duas últimas ocorrendo no Paraguai. O topo da Formação Vila Maria marca o máximo de inundação da bacia. Até aqui se tem uma gronodecrescência ascendente geral dos sedimentos (arenitos recobertos por pelitos), associados a um ciclo transgressivo marinho, depois se invertendo para uma sedimentação granocrescente ascendente na fase do ciclo regressivo do mar.

29. O mapa de isópacas da Supersequência Paraná mostra dois depocentros interligados, um na porção NW e outro na porção central (altura do Arco de Ponta Grossa) da bacia, ambos com cerca de 700 m de espessura de sedimentos. O primeiro possui eixo maior ~N-S e o segundo, ao redor de E-W, porém com uma geometria diferente e sem fechamento do depocentro para oeste. Em verde são delimitados os afloramentos da supersequência em superfície. São reconhecidos dois ciclos de sedimentação, um ciclo transgressivo com arenitos e subordinações de pelitos da Formação Furnas e pelitos da parte basal da Formação Ponta Grossa, os quais marcam a fase de máxima inundação da bacia, sucedido por um ciclo regressivo com sedimentação granocrescente ascendente da Formação Ponta Grossa.

30. O mapa de isópacas da Supersequência Gondwana I mostra uma bacia orientada N-S com depocentro atingindo espessura de 2300 m, localizado imediatamente ao norte do Arco de Ponta Grossa. O mapa mostra ainda que as unidades se adelgaçam mais rapidamente para borda oeste da bacia e mais suavemente para a borda leste. Em azul estão representadas às exposições em superfície da supersequência. Aqui também são reconhecidos dois ciclos de sedimentação, um ciclo transgressivo incluindo o Grupo (Subgrupo) Itararé e parte do Grupo Guatá (Formação Rio Bonito), quando então a bacia atinge sua máxima fase de inundação, e um ciclo regressivo incluindo a parte superior do Grupo Guatá (Formação Palermo) e o Grupo Passa Dois (formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto), o qual para o topo apresenta ambiente de sedimentação com características deltaicas.

31. Como já mencionado anteriormente, a Supersequência Gondwana II está restrita à porção sul da bacia e prolonga-se em subsuperfície para os territórios do Uruguai e Argentina, com orientação NE-SW. Caracteriza-se por arenitos e siltitos avermelhados (*red beds*) contendo rico conteúdo fossilífero de vários grupos de paleovertebrados, incluindo em especial dos primeiros dinossauros e surgimento das coníferas. Ambiente de sedimentação é flúvio-lacustre.

32. A Supersequência Gondwana III inclui os arenitos eólicos da Formação Botucatu (base) e as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, pertencentes ao Grupo São Bento. Trata-se de uma bacia alongada na direção NE-SW com dois depocentros que atingem 1500 m de espessura, um no Brasil e outro em territórios do Paraguai, Uruguai e Argentina.

33. A Supersequência Baruru, subdividida (base para o topo) nas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, incluindo um contexto de sedimentação subaquosa em ambiente flúvio-aluvial e subaéreo (eólico), sob condições de clima semi-árido a árido (Fernandes, 1994). O mapa de isópacas mostra uma bacia alongada na direção próxima de NE-SW, com espessura de 250 m. Possui exposição relativamente ampla na sua parte centro-norte.

34. O mapa da porção oriental da Bacia do Paraná no Sul do Brasil com o localização das estações onde foram medidas paleocorrentes na Formação Rio do Rasto (em azul no mapa e na coluna estratigráfica).

35. Idem mapa da figura anterior com medidas de estratificações cruzadas de depósitos alúvio-deltaicos (vermelho) e eólicos (amarelo) da Formação Rio do Rasto (azul) indicam paleocorrentes para N, NNW e NW, no primeiro caso, e W e WNW, no segundo caso, sugerindo para tais os depósitos a existência de uma área-fonte situada ao sul e sudeste durante a deposição desta formação.

36. Os diagramas de probabilidade estatística de datações U-Pb em zircão dos membros Morro Pelado (Inferior) e Serrinha (Superior) da Formação Rio do Rasto na borda leste da Bacia do Paraná em Santa Catarina mostram idades entre 290 e 261 Ma, situadas, portanto, no Permiano (290-250 Ma). Como estas idades não são encontradas às bordas da Bacia do Paraná, mas apenas na Patagônia e associadas a um arco magmático do Neopaleozoico, relacionado à orogenia Sanrafaélica do Ciclo Gondwanídes. Os dados U-Pb em zircão são consistentes com os de paleocorrentes dos depósitos alúvio-deltaicos da Formação Rio do Rasto apresentados na figura anterior.

37. Mapa (menor) do supercontinente Gondwana e da sua porção ocidental (maior) com as setas indicando as prováveis áreas-fonte da Bacia do Paraná durante a sedimentação da Formação Rio do Rasto. A seta vermelha indica área-fonte a partir de datações U-Pb em zircão, enquanto a seta azul indica área-fonte com base em dados de paleocorrentes. A diferença de tamanho das setas traduz a maior ou menor importância relativa das áreas-fonte para o período de tempo de sedimentação da referida unidade.

38. **Parte III-** *Correlações com Argentina e África*

39. A Figura da esquerda (A) mostra, em azul, as bacias intracratônicas paleozoicas de áreas emersas da América do Sul (Paraná, Chacoparaná e Claromecó) e da África do Sul (Karoo e Kalahari), em rosa, as bacias marginais (Tarija, Paganzo e San Rafael), em círculo vermelho, o limite do orógeno Gondwanídes, segundo Du Toit (1939), em verde, as bacias proto-pacífica e em vermelho (polígono) mostra a área submersa

estudada com base em dados geofísicos e de sondagens no mar (Figura B, da direita). Esta figura mostra as linhas geofísicas com aquisição de dados (em vermelho) e os locais de sondagens com unidades do Paleozoico Superior (círculo cheio) e pré-mesozoicas (retângulo com número incluso) e sem estas últimas unidades (triângulo vazio). Legenda: 2 a 5- círculos (metade cheio e metade vazio, em diferentes quadrantes) que incluem poços com descrições diversas (estratigráfica, bioestratigráficas, dados publicados ou não); 6- círculo vazio (sem dados disponíveis); 7- Não foram perfuradas unidades pré-Mesozoicas; 8- levantamento sísmico principal; 9- levantamento sísmico convencional; 10- espessura perfurada de rochas pré-mesozoicas.

40. A Figura mostra a correlação das colunas estratigráficas de bacias paleozoicas da Argentina (San Rafael, Sierra Ventana, Puelche X-1 e Cruz Del Sur, ambas em *offshore*) e da África do Sul (Karoo Ocidental e Karoo Oriental). Para localização da referidas colunas, ver mapa menor no canto inferior direito. Já para a idade das unidades da referidas colunas, ver a carta estratigráfica situada à esquerda da figura. Ver também as linhas tracejadas horizontais de cor azul que marcam os ciclos transgressivo e regressivo nas colunas estratigráficas. Os depósitos glaciais, correlativos aos do Grupo Itararé da Bacia do Paraná, ocorrem nas seções das bacias emersas da Argentina (e submersas) e da África do Sul.

41. A figura mostra duas linhas sísmicas interpretadas (a e b) de orientação S-N, com a segunda sendo um detalhe da anterior, e uma seção geológica(c) interpretada a partir da segunda linha sísmica (b). As duas seções sísmicas mostram unidades do Paleozoico Superior ao Triássico Inferior com mergulhos para norte. O limite entre estas duas unidades é definido pela linha amarela tracejada. Legenda da seção (a): 1- embasamento pré-Carbonífero; 2- rochas sedimentares sin-rifte; 3- rochas sedimentares do estágio da deriva continental. Na seção (c), este mesmo limite é marcado pela linha vermelha. Ela inicia-se por uma sequência de diamictitos (vermelho) na base do Pensilvaniano (Carbonífero Inferior), recobertos por argilitos que passam para siltitos e depois para siltitos com intercalações de arenitos no topo, representando um ciclo transgressivo, sucedidos por um complexo de leques submarinos da Bacia de Guadalupe do fim do Permiano (260-254 Ma), os quais são recobertos por uma sequência granocrescente ascendente, com pelitos na base e arenitos em direção ao topo (ver coluna estratigráfica no canto superior esquerdo)

42. A linha sísmica E-W desta figura dista cerca de 80 km da costa e localiza-se ao norte da Bacia do Colorado. As camadas mergulham para leste e são limitadas por falhas normais com mergulhos no sentido oposto, configurando uma estrutura do tipo hemi-graben com espessura de 4 a 5 km de sedimentos. A estratigrafia interpretada é semelhante ao das seções estratigráficas da figura anterior. Na seção estratigráfica interpretada destaca-se o limite basal dos diamictitos (linha lilás tracejada) e o limite entre as unidades do Paleozoico Superior e do Triássico (linha vermelha tracejada). Compare essa coluna estratigráfica com as da figura anterior.

43. Essa linha sísmica NW-SE destaca a discordância das unidades do Triássico Inferior sobre as do Paleozoico Superior. Nota-se nestas últimas uma série de reflexões paralelas de alta amplitude, que contrasta com as reflexões de baixa amplitude com suave mergulho para SE. Nota-se também que a falha normal com mergulho alto para NW exibe espessamento da sequência 2 (sin-rifte) no sentido desta estrutura, sugerindo tratar-se de uma falha de crescimento. Legenda: 1- embasamento pré-Carbonífero; 2- rochas sedimentares sin-rifte; 3- rochas sedimentares do estágio da deriva continental. Para a legenda do triângulo colorido, ver legenda da seção colunar da figura 41.

44. Mapa e seção geológica das unidades anteriores ao Paleozoico Superior + Mesozoico + discordância Cenozoica. Legenda da Figura A: 1, 2 e 3- rochas sedimentares do Paleozoico Inferior; 4 e 5- rochas sedimentares pré-cambrianas e cambrianas; 6- rochas pré-Carbonífero (Pensilvanianas); 7- feições erosivas interpretadas a partir da sísmica; 8- Porção central da orogênese do Paleozoico Superior ao Triássico Inferior; 9- Cinturão Dobrado Ventana; 10- Extensão norte da orogênese Gondwanides; 11-Curvas de isópacas das unidades do Pensilvaniano (Carbonífero Inferior) ao Triássico Inferior; 12- Pontos de controle das unidades Paleozoicas ao Triássico Inferior (triângulo vazio) e poços exploratórios (círculo vazio); COB- Limite continente-oceano. Legenda da Figura B: em branco - área de cobertura sísmica; em cinza – área interpretada com base em informações geológicas de geofísicas publicadas. Em (c), a seção A-B (SW-NE) mostra a reconstrução sedimentar transversal à Bacia Hesperides, entre o Paleozoico Superior (Mississipiano) ao Triássico Inferior. Nota-se um aprofundamento da bacia para SW, iniciando com espessura ao redor de 200 m no lado de sua paleoplateforma continental e aumento progressivo até atingir cerca de 7000 m em direção ao paleo-oceano Gondwanides. Considera-se uma idade pós-Triássica Inferior para a deformação no *front* orogênico.

45. Reconstrução paleogeográfica tardi-Cisuraliano da Bacia Hespérides e circunvizinhanças. Notar a extensão das condições marinhas de baixa energia (cor cinza) que engloba as bacias da África (Kalahari, Karoo), Brasil (Paraná), Paraguai (Chaco) e Argentina (Hespérides). Ao mesmo tempo ocorreu um grande influxo sedimentar a oeste de rochas de origem marinha e continental provenientes de uma região elevada na Serra de La Ventana. Mais a oeste, as bacias de Carapacha e San Rafael seriam relacionadas com o avanço do orógeno. Legenda dos pontos de controle: 2- Linha sísmica apresentada na fig. 41; 3) local da idade obtida por Alessandretti et al. (2010) and Lopez Gamund et al. (2013); 4- Paleocorrentes da Bacia de San Rafael; 5- Arco vulcânico norte de Ramos (1988); 6. Direção de transporte tectônico no Cerro de los Viejos.

46. Paleogeografia tardi-Guadalupeano a Lopingiano da Bacia Hespérides e circunvizinhanças. Nesta época, desenvolveu-se um sistema de leques submarinos de grande escala (em amarelo) sobre a maioria das bacias, tendo se estendido por mais de 1500 km, desde Buenos Aires até a Bacia do Karoo. A bacia de San Rafael para oeste foi submetida à atividade tectônica compressiva e vulcanismo. Para leste, a Bacia Carapacha recebeu influxo sedimentar do orógeno. Mais para leste, na plataforma

continental Argentina, a estratigrafia do Paleozoico tardio não mostra influência de feições estruturais próximas. Legenda: 2- Fase orogênica San Rafael.

47. Paleogeografia do Triássico Inferior das bacias Hespérides, Kalahari e Karoo, as quais foram dominadas neste período por condições continentais. O *front* orogênico permaneceu aparentemente ao sul da Sierra Ventana até o Triássico Inferior tardio. Enquanto o orógeno Gondwanides estava em evolução, a Bacia de San Rafael, a noroeste, estava sujeita a extensão e a vulcanismo sin-rifte. A linha roxa contínua marca a expansão máxima para norte do referido orógeno durante o Triássico. Note a direção principal das paleocorrentes na Bacia do Karoo. Veja a legenda do mapa.

48. Localização da orogênese (hoje Ciclo) Gondwanides (orogêneses Sanrafaélica e Chaínica ou Pré-Cordilheira) na parte sul-ocidental do Gondwana. Distinguem-se dois maiores domínios: o núcleo do paleocontinente (ao norte) e a extensa faixa de orógenos fanerozoicos e bacias (Paraná, Karoo, Beacon, Bowen) desenvolvidas ao longo da margem sul do supercontinente Gondwana. As setas claras indicam o sentido da subducção, enquanto a linha tracejada com triângulo cheio indica o *front* orogênico.

49. Parte IV- Arcos Paleozoicos da Patagônia

50. Mapa com as principais feições topográficas da Patagônia e elementos tectônicos regionais. Em termos geotectônicos, esta região tem sido denominada Plataforma Patagônica. Destacam-se, na Patagônia, os maciços de Cura Somun e Deseado, e do seu lado oriental as bacias do Colorado e Claramecó, esta última ladeada pelas serras de Tandilla (ao norte) e Ventania (ao sul), e a extensa Bacia de Magalhães no sul da Patagônia.

51. Mapa com a distribuição de rochas graníticas paleozoicas (em vermelho) da região da Patagônia. Notam-se duas faixas: uma próxima de E-W com um padrão de idades (U-Pb em zircão) entre 307 e 273 Ma (Permocarbonífero), e outra com direção NNW-SSE com um padrão de idades mais antigo, entre 340-289 Ma (Carbonífero). Idades devonianas (410-355 Ma) são registradas na junção das duas faixas a NW.

52. Os perfis SW-NE mostram dois estágios de evolução de um ciclo de Wilson: o de subducção e o de colisão. No primeiro estágio ocorrem duas subducções em relação ao paleocontinente patagônico, uma para NE, mais antiga, e outra para SW, mais nova. Esta última na borda sul-ocidental do supercontinente Gondwana. A primeira subducção foi responsável pela geração de um arco magmático (rosa e vermelho) entre o Devoniano e Carbonífero (401-320 Ma), e a segunda subducção, mais nova, foi responsável pela geração de um arco magmático do Carbonífero ao início do Permiano (310-285 Ma). O arco magmático mais antigo possui a mesma idade da Supersequência Paraná e o arco mais novo tem a mesma idade da Supersequência Gondwana I (ver Milani, 1997; Milani et al. 2004, 2007). A fig. b mostra uma sequência de colisões: a primeira com a Península Antártica (?) durante o Carbonífero Médio a tardio, e a segunda com a margem do Gondwana Ocidental durante o Permiano Inferior a Médio. Note a instalação de um regime distensional na parte sul do arco mais antigo, com o desenvolvimento da bacia *rift* (em amarelo) La Golondrina, ao mesmo tempo em que nova compressão atingiu seu pico no Sistema Ventania.

Anexo

A **Estratigrafia** (do latim *stratum* e do grego *graphia*) é o ramo da geologia que estuda os estratos ou camadas de rochas, buscando determinar os processos e eventos que as formaram. Basicamente segue o princípio da sobreposição das camadas.

Litoestratigrafia: É a mais óbvia e a mais antiga das divisões da estratigrafia. Correlaciona os pacotes rochosos baseados na sua litologia, sem necessariamente se preocupar com o tempo de sua deposição ou formação. Ou seja, define a individualização dos pacotes rochosos, de outros pacotes, conforme suas características litológicas, composição mineralógica, granulometria ou mesmo cor. A unidade básica da litoestratigrafia é a formação geológica.

Aloestratigrafia: O estudo de estratos sedimentares que podem ser definidos e identificados das discontinuidades que limitam os mesmos, e que podem ser mapeados. Envolve interpretação estratigráfica, correlação e mapeamento destas discontinuidades e superfícies para dividir a seção sedimentar. Estas discontinuidades e superfícies podem ser hiatus deposicionais, discordâncias erosivas, superfícies de inundação e etc.

Estratigrafia de sequências: É o ramo da geologia que tenta subdividir e correlacionar os depósitos sedimentares entre discordâncias numa variedade de escalas e explicar estas unidades estratigráficas em termos de controle da variação relativa do nível do mar e do aporte sedimentar.