

## “Conceitos clássicos” versus “conceitos atuais” nas ciências – uma discussão sobre questões desatualizadas em concursos públicos

Michael Holz

(Consultor/ Professor Titular aposentado da UFBA)

(Artigo originalmente publicado em 2023 no LinkedIn)

Foi difícil elaborar um título sucinto, mas descritivo para o assunto que quero tratar aqui. Um assunto que me foi trazido por vários geólogos e geofísicos, muitos ex-alunos meus, após o recente concurso da Petrobrás, elaborado pela Cebraspe.

As provas – tanto para o cargo de geólogo(a) quanto de geofísico(a) - apresentaram questões que levantaram a seguinte discussão: considerando que existem modelos e conceitos "clássicos" e "atuais", **até que ponto é correto um exame técnico-científico de seleção de pessoal pedir conhecimento de modelos e conceitos que não se usam mais porque outros surgiram, ou porque se provaram inúteis, incompletos ou até errados..?** Até que ponto modelos e conceitos científicos podem ser tachados de desatualizados, e por qual parâmetro se determina isso?

Esse artigo pretende discutir essa questão, demonstrar o que é “desatualizado” em ciência e como determinar isso.

Bem.. o que seriam modelos e conceitos não-atuais..? Vou dar alguns exemplos.

Na física, lembro dos modelos atômicos de Ernest Rutherford e Nils Bohrs (anos 1930) que eu aprendi no colégio e que é utilizado até hoje nos livros escolares. Mas veja bem: nos livros escolares, para a graduação do ensino fundamental e médio..! Saindo dali, já se pede atualização - sei pois já vi provas de vestibular com questões que pediam para dissertar sobre o modelo atômico e sua evolução. Então, nenhum graduando em Física vai esperar que em um concurso para o cargo de físico vão aparecer questões baseados no totalmente ultrapassado modelo de Rutherford-Bohrs.

Na cosmologia temos o exemplo da *steady state theory* do universo, formulada por Fred Hoyle e colegas nos anos 1950, que é uma teoria fascinante, mas *outdated* e rejeitada. Acabei de ler um livro do astrofísico Neil Tyson, um livro para leigos como eu, claro. Na leitura me chamou atenção uma coisa: ele fala do universo em expansão ao longo de umas sessenta páginas, mas sequer menciona Hoyle e seu universo estático... Será que o processo seletivo de um grande laboratório ou observatório de astronomia vai apresentar questões que exijam conhecimento sobre uma teoria assim, de valor “apenas” histórico?

Um exemplo mais recente também vem da física: em 1989, os cientistas norte-americanos Stanley Pons e Martin Fleischmann apresentaram uma nova teoria atomística, ao anunciar que conseguiram realizar fusão nuclear à temperatura ambiente. Isso chamou uma atenção danada, haja vista que a fusão nuclear é uma reação que acontece em estrelas de alta temperatura, como nosso Sol, razão pela qual não é possível aqui na Terra. Na época, cientistas testaram a teoria e constataram que ela estava errada. Experiências e mais experiências foram feitas, o que também refutou praticamente qualquer noção de fusão à temperatura ambiente. Mas: o trabalho de Pons & Fleischman está publicado... no *Journal of Electroanalytical Chemistry* de 1989. Pode, por causa disso, ser objetivo de questão de concurso?

São alguns exemplos, e não vou me alongar, pois creio que você entendeu meu ponto: existem modelos e conceitos que por algum motivo foram abandonados e viraram “clássicos”. São os trabalhos que entraram na história por algum motivo, mas que não tem uso nem aplicabilidade no dia-a-dia nas empresas, dos laboratórios e também no ensino de graduação das universidades. São conceitos e modelos de valor histórico, e só.

Esse tipo de modelo e de conceito científico pode ser cobrado de um “simples” graduado, ou seja, a pessoa que fez uma graduação em determinada área, onde ela ao longo de quatro ou cinco anos vê tudo que é temática daquela área científica e saiu da universidade um “generalista”?

Pois isso está acontecendo nas questões de geologia nos concursos públicos: a cobrança de conhecimento baseado em modelos e conceitos ultrapassados e de valor “apenas” histórico.

E isso leva nossa discussão a uma questão importante quando o assunto é “exame” ou “avaliação”: até quando um modelo ou conceito é válido a ponto de ser cobrado em processo seletivo..? Basta estar publicado? Pode uma empresa selecionar seus profissionais com base no conhecimento que estes tem dos trabalhos hoje apenas clássicos? Será que o Laboratório do Neil Tyson seleciona seus candidatos ao cargo de astrofísico com base no conhecimento deles do modelo de Rutherford-Bohrs ou de Hoyle..?

Na geologia, isso equivaleria a cobrar a tectônica de placas de Le Pichon de 1968. Modelo fantástico, belo, *benchmark* e hoje clássico – mas ultrapassado, haja visto que pequenas placas e as microplacas não constavam nele (se estou bem lembrado, o modelo de Le Pichon tinha seis placas tectônicas, enquanto que hoje em dia o modelo tem quinze).

Então – a questão é: onde está o limite entre o “clássico” e o “atual”? Como posso ter uma razoável certeza que determinado conceito ou modelo científico está ultrapassado e deve entrar na categoria de “valor histórico”?

Para mim, a resposta está na epistemologia – o ramo da filosofia que estuda o conhecimento e as suas formas de obtenção, e como testar sua veracidade. Em especial, vou basear minha argumentação em um filósofo que acho fantástico, por ter descifrado e mapeado o mecanismo de avanço da ciência. Estou falando de Thomas *Kuhn* e sua principal obra *A estrutura das revoluções científicas*, publicada em 1962.

De modo simplificado, podemos resumir o pensamento de Kuhn da seguinte forma: considerando uma determinada teoria científica (pensemos no modelo de Rutherford-Bohrs da Física ou no modelo fixista/geosinclinal da Geologia), durante um certo tempo os cientistas vão ficar trabalhando com essa teoria, vão utilizar-se desse modelo (ou “paradigma”, como Kuhn o chama). Esse período de tempo é por Kuhn rotulado de ciência normal, que é o período durante o qual se desenvolve atividade científica baseada naquele paradigma, para testar sua solidez e demonstrar a aplicabilidade.

Com toda essa atividade de “ciência normal” acabam aparecendo problemas. Sim, acabam aparecendo situações que aos poucos colocam o paradigma em cheque. No caso do modelo atômico, foi a descoberta que o núcleo não é tão indivisível assim, e que existem muito mais partículas subatômicas que elétrons, prótons e neutrons. Na geologia, foi a descoberta da deriva continental e posteriormente do *sea-floor spreading*. Esse é o momento que o cientista fica com a pulga atrás da orelha e começa a considerar se o paradigma em questão realmente funciona ou se deve ser abandonado em favor de outro. Esse é o momento de Crise do paradigma.

E a crise é seguida da Revolução científica. Essa é uma revolução sem ataques nem bombas, claro; mas ela derruba uma coisa tal qual as revoluções políticas: o antigo é defenestrado e o novo é empossado, dando origem a uma nova fase científica.

Essa nova fase é o que Kuhn chama de Fase de arrumação, onde o novo paradigma é arrumado e ajustado (se não me falha a memória, Kuhn usa o termo *mopping-up*... literalmente “arrumando” ou “limpando”). Com a fase de arrumação, o novo paradigma fica “pronto para uso” e eventualmente se consagra como teoria científica duradoura; e com isso entramos novamente em uma fase de “ciência normal”.

Em resumo, a estrutura de uma revolução científica é a seguinte: período de ciência normal – crise – arrumação do novo paradigma – novo período de ciência normal. Kuhn ficou tão conhecido – pelo menos para quem se preocupa em entender o que é ciência – porque esse esquema é reconhecível em todas as mudanças de paradigma que você possa pensar.

Não posso detalhar isso para outras áreas científicas, mas na área de minha expertise foi exatamente o que vi acontecer desde 1988, o ano oficial de nascimento da estratigrafia de sequências como a praticamos hoje em dia na análise de bacias, utilizando dados físicos (*i.e.*, rocha) e dados indiretos (perfis de eletrofácies ou linhas sísmicas, por exemplo). Permitam-me detalhar essa história da revolução dessa estratigrafia um pouquinho.

Na década de setenta, dois eventos históricos e *a priori* desconectados levaram ao nascimento da sismoestratigrafia.

Um desses fenômenos foi o primeiro grande “choque do petróleo” – entre final de 1973 e início de 1974, o preço do petróleo subiu 400%. Quer saber valores? Subiu de três para doze dólares... e a causa foi a guerra de Egito e Síria contra Israel e o embargo subsequente que afetou todo mundo. Foi nessa época que a indústria do petróleo percebeu a sua dependência do “óleo fácil” (de encontrar) do Oriente Médio

e se deu conta que precisava melhorar a exploração, buscando áreas nunca antes pesquisadas. E a busca pelo “óleo difícil de encontrar” envolveu a necessidade de novas ferramentas de análise estratigráfica...

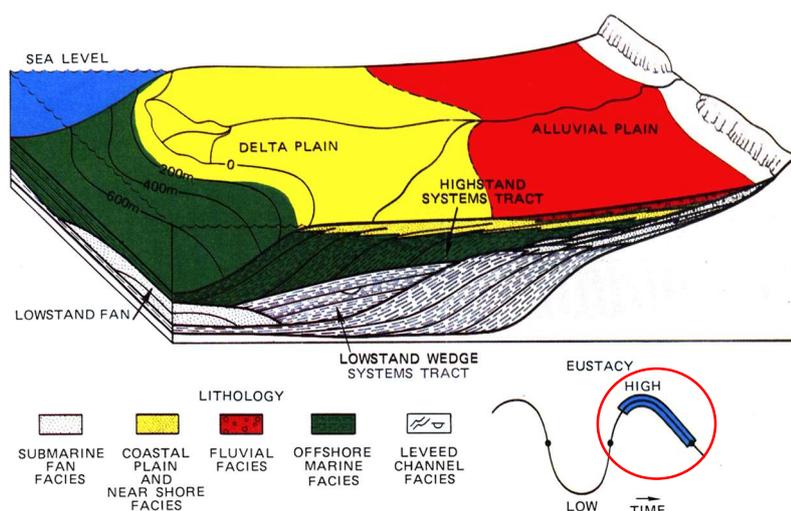
O outro fenômeno foi o excepcional aumento na qualidade de aquisição e processamento de dados sísmicos. Se em uma linha sísmica dos anos sessenta mal se conseguia distinguir o embasamento do preenchimento sedimentar de uma bacia, nas linhas sísmicas dos anos setenta observava-se horizontes e detalhes do arcabouço estratigráfico nunca antes vistos.

Assim, dentro da indústria petrolífera e em especial na Exxon, nasceu uma nova maneira de fazer estratigrafia, a chamada *sismoestratigrafia* (Payton, 1977), que em resumo é uma maneira de mapear seqüências deposicionais na linha sísmica com o intuito de aumentar a chance de achar petróleo.

Mas a necessidade de refinar e expandir essa “nova estratigrafia” também para outros tipos de dados – perfis de poços e de afloramentos – e a busca pela compreensão dos mecanismos controladores da sedimentação que preenche uma bacia (e com isso controla a ocorrência de hidrocarbonetos) fez com que surgisse uma década depois a *estratigrafia de seqüências* no sentido mais amplo – uma ferramenta de análise estratigráfica aplicável em dados de rocha e dados sísmicos, e em qualquer escala.

O modelo fundamental dessa ferramenta de análise estratigráfica, com seus muitos modelos e terminologia extensa, foi publicado no final dos anos oitenta (Wilgus *et al.* 1988). Este é o modelo clássico da estratigrafia de seqüências, e a sua evolução ao longo do tempo – dos anos oitenta até os dias de hoje – é que vou usar aqui para tentar demonstrar a diferença epistemológica entre um modelo clássico e um modelo atual.

A base conceitual da estratigrafia de seqüências é, como o nome diz, a seqüência deposicional; sendo que todo geólogo aprendeu na faculdade que uma seqüência deposicional é composta por tratos de sistemas. No modelo clássico de 1988 havia só três tratos de sistemas (os tais *lowstand*, *transgressive* e *highstand systems tracts*), o limite da seqüência (lembre-se: é uma discordância) se formava bem depois da descida do nível de base, e conceitos como "linha-de-baía" ou "ponto de equilíbrio" eram conceitos-chave no modelo para explicar *criação* de espaço de acomodação durante a descida do nível de base... tanto que o *highstand systems tract* (o que forma durante a regressão normal de nível de base alto) só terminava bem depois do ápice da curva, como você pode ver na figura abaixo.



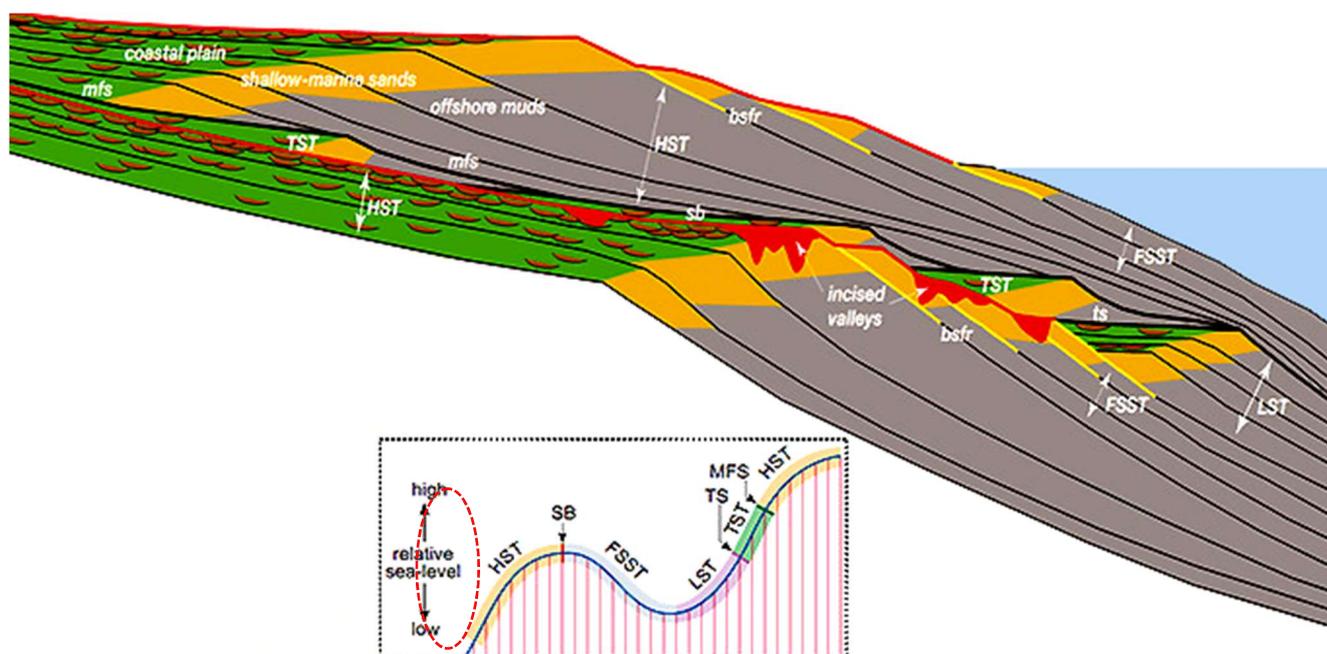
**Figura 1** – O trato de sistemas de nível alto (*highstand systems tract*) no modelo clássico (Posamentier *et al.*, 1988).

Note a extensão do tempo de formação desse trato de sistemas (no círculo vermelho)

Esse era o novo paradigma na geologia sedimentar, porque o antigo – usar litoestratigrafia, delimitar formações e dividi-las em membros – entrou em crise porque com a crescente quantidade e qualidade dos dados geológicos por um lado e pela alta demanda por encontrar mais e mais petróleo desde a década de 1970, a indústria petrolífera – a que mais usa estratigrafia para resolver seu maior problema, que é localizar um poço e produzir óleo – estava em crise, porque a litoestratigrafia clássica não resolvia os problemas... e a crise paradigmática levou à revolução científica, e um novo paradigma surgiu. O esquema de Kuhn... mais claro impossível.

O novo paradigma, este sim, resolvia. Bem, mas o que Kuhn disse? Depois da crise e do novo paradigma, vem a fase de arrumação. E no nosso caso, com a fase de arrumação ou *mopping up* que se seguiu após a publicação de 1988, algumas coisas do novo paradigma não se provaram tão úteis assim, outras se mostraram totalmente erradas, e com o tempo emergiu um paradigma mais ajustado, que é o que usamos hoje em dia na geologia sedimentar – o modelo-dos-quatro-tratos, com a discordância se formando no início da descida do nível de base. Pode-se dizer que essa fase de *mopping up* durou todos os anos noventa, e que o paradigma “estratigrafia de sequências” está ajustado e seguro para uso.

Especificamente falando do acima mencionado trato de sistemas de nível alto ou HST: devido a fase de arrumação paradigmática, hoje ele é bem diferente do modelo de 1988. Analise a figura abaixo e veja como o HST se desenvolve ao longo da subida da curva mas para no ápice. Onde no modelo clássico a regressão do HST continuava (lembra a figura 1 acima), agora temos o tal FSST ou *falling stage systems tract* – o trato de sistemas de regressão forçada, como também o chamamos.



**Figura 2** – O trato de sistemas de nível alto (HST - *highstand systems tract*) no modelo atual: note que ele termina sua formação no ápice da curva, quando começa a formação da *sequence boundary* (SB); ou seja, é tudo bem diferente do modelo clássico (figura retirada do site da SEPM)

E veja bem – não é eu - um simples ex-professor de geologia brasileiro - quem está dizendo que esse modelo é o atual, que é este modelo o que você deve usar... não. Eu apenas estou fazendo minha obrigação como “ensinador de ciência” – estou seguindo as atualizações no meu campo de trabalho. Mas onde encontrar essas atualizações? Em artigos de revisão como *Sequence stratigraphy: common ground after three decades of development* de 2010, por exemplo. O artigo tem uns vinte autores, com nomes como Catuneanu, Miall, Fisher, Galloway, Nummedal, Tucker e... Posamentier..! Sim, o mesmo Posamentier de 1988. Quando vejo que o mesmo autor de 1988 publica em 2010 o modelo da figura 2, e diz que ele lá atrás estava errado e que a coisa mudou – a atitude de todo verdadeiro cientista – o que eu devo fazer a não ser estudar, compreender e adotar isso nas minhas aulas?

É o que todo professor universitário sério e comprometido faz – ensinar a matéria atualizada. Assim, no caso específico da minha área temática, meus alunos graduandos estudaram o modelo atual na disciplina de estratigrafia, e nunca estudaram o modelo de 1988. Porque não? Porque caducou. Quem depois resolveu fazer pós-graduação comigo, aí sim foi apresentado aos modelos clássicos e conhece o de 1988. Uma coisa é formar um generalista – geólogo ou geofísico, no caos dos meus alunos – outra coisa é formar um PhD com ênfase em geologia sedimentar. Este precisa sim conhecer tudo do passado de sua ciência, precisa saber de onde vieram os conceitos e modelos de hoje em dia.

O graduado ordinário (*pelamordeodin* não se ofenda... o termo significa “normal” ou “habitual”) pode até ter conhecido os modelos clássicos e abandonados, pode ter se interessado por algum motivo (tanto que inclui uma seção sobre os elementos de 1988 no meu livro de 2012), mas conhecimento e domínio mesmo ele deve ter é sobre as coisas atuais.

Isso me leva de volta ao meu questionamento inicial: qual a obrigação de um elaborador de questões de estar atualizado para não confundir candidatos atualizados? Para não ter conflito entre o que ele aprendeu na faculdade e o conteúdo desatualizado exigido pelo concurso?

O candidato que está fazendo o concurso está estudando/revisando o que viu na faculdade... e se os seus professores foram profissionais atualizados e responsáveis, ele aprendeu o estado-da-arte - para não fazer feio no mercado de trabalho.

Então, ele aprendeu o modelo-dos-quatro-tratos da moderna estratigrafia.... mas aí vem o concurso e pergunta sobre o modelo de 1988...

Ele aprendeu sobre a classificação de bacias de Allen e Allen de 2005... mas aí vem o concurso e pergunta sobre clássico mas *outdated* Kingston de 1983 - lembrando que essa classificação de bacias deixou fora as bacias de *foreland* e – por razões práticas, já que foi publicado pela AAPG – exclui também as bacias tipo *oceanic trench* porque seriam de pouca utilidade para a exploração de petróleo...

Ele aprendeu que a sucessão sedimentar de margem passiva do oceano atlântico Sul é *rift – pós-rift - drift de mar raso -drift transgressivo - drift regressivo*, e fez isso porque seu professor lhe mostrou o trabalho de Cainelli & Mohriak (1999) ou de Mohriak (2003) ... mas aí vem o concurso e pergunta sobre um trabalho de 1978 - aparentemente usaram o artigo de Asmus & Ponte... um trabalho absolutamente fabuloso... mas hoje “apenas” clássico porque superado...

Enfim... vou terminar a série de exemplos por aqui. O assunto está na mesa, e volto a perguntar: qual a obrigação de um elaborador de questões de estar atualizado para não confundir candidatos atualizados? E como se mede isso?

Nas ciências jurídicas é bastante fácil – se determinada lei caducou por ter surgido uma nova lei, não tem discussão nem conversa.

Mas nas ciências naturais e históricas, onde a geologia se inclui? Qual o parâmetro, qual a medida do que é “atual” e como separá-lo do que é “clássico” e, portanto, desatualizado e não-usável?

A resposta eu espero ter dado com esse artigo: a análise epistemológica. Se determinado conceito ou modelo – por mais específico ou reduzido que seja – tiver passado por um “mini-processo” de revolução científica, tudo que foi publicado antes dessa revolução caducou.

O modelo clássico não deve ser esquecido, claro; deve ser reverenciado e honrado; e interessa, sim. E é importante, sim – mas não para um graduado que vai fazer uma seleção para um cargo de geólogo ou geofísica em uma empresa de petróleo. Não vejo nenhum sentido em questões que não selecionam por absolutamente nenhum critério a não ser talvez o da sorte ou do poder de adivinhação dos candidatos.

## Referências

- Allen, P.A. and Allen, J.R. , 2005. Basin Analysis: Principles and Applications . 2.edition. Blackwell. 549p.
- Cainelli, C., Mohriak, W.U., 1999. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the Eastern Brazilian continental margin. Episodes 22, 206–216.
- Catuneanu, O., Battacharya, J.P., Blum, M.D., Dalrymple, R.W.;Eriksson, P.G.; Fielding, C.R.; Fisher, W.L.; Galloway, W.E.; Gianolla, P.; Gibling, M.R.;Giles, K.A.; Holbrook, J.M.; Jordan, R.; Kendall, C.G.St.C.; Macurda, B.; Martinsen, O.J.; Miall A.D.; Neal, J.E.; Nummedal, D.; Pomar L.; Posamentier, H.W.; Pratt B.R.; Sarg J.F.; Shanley, K.W.; Steel, R.J.; Strasser, A.; Tucker, M.E.. 2010. Sequence stratigraphy: common ground after three decades of development. First break volume 28, January 2010. 2010 EAGE.
- Kingston, D.R.; Dishroon, C.P.; Williams, P.A. 1983Global Basin Classification System. AAPG Bulletin (1983) 67 (12): 2175–2193.
- Kuhn, T.S. 1989. A estrutura das revoluções científicas. Editora Perspectiva. 257p. (é a versão em português do livro originalmente publicado em 1962).
- Mohriak, W.U., 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: Bizzi,L.A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R.M., Gonçalves, J.H. (Eds.), Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, Capítulo III. CPRM, Brasília, pp. 87-165.
- Payton, C.P. (Ed.). 1977. Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists Memoir 26. 516p.
- Posamentier, H.W. ; Jervey, M.T. & Vail, P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition I – conceptual framework. In: Wilgus, B.S.; Kendall, C.G. St. C.; Posamentier, H.W.; Ross, C.A. & Van Wagoner, J.C. (Eds.) 1988. Sea-level changes: an integrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 42:109-124.
- Wilgus, C.K.; Hastings, B.S.; Kendall, C.G.; St. C.; Posamentier, H.W.; Ross, C.A. & Van Wagoner, J.C. (Eds.) 1988. Sea-level changes: an integrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 42, 407 p.