

# BOLETIM *ISBrA*

Volume 2, Número 1

Agosto 2009

---

Boletim oficial do Capítulo Brasileiro da  
*International Society for Bayesian Analysis*

---

## Carta da Presidente do ISBrA

Alexandra M. Schmidt  
alex@im.ufrj.br

Caros Colegas,

É com enorme satisfação que trazemos a vocês o primeiro boletim organizado pela diretoria que assumiu o ISBrA no encerramento do último EBEB, em fevereiro de 2008.

Gostaria de começar agradecendo a diretoria anterior, Márcia D'Elia Branco, Rosângela Loschi e Josemar Rodrigues, pelo importante trabalho que eles desenvolveram e, continuam apoiando, junto ao ISBrA. Também agradecemos ao Adriano Polpo que atuou como editor nas edições anteriores do boletim.

Um dos desafios para escrever esse número do boletim foi conseguir a colaboração de um editor. Felizmente, o Professor José Ailton da Universidade Federal do Ceará, aceitou esse desafio e somos muito agradecidos a ele por isso.

Iniciamos o número com uma carta do Professor Mike West, presidente da

ISBA, especialmente dirigida à comunidade brasileira. A idéia de pedí-lo para escrever essa carta é para nos conscientizarmos como a pesquisa brasileira em inferência bayesiana está inserida num contexto mundial e precisamos, como comunidade, continuar incentivando seu crescimento. Uma maneira direta de fazermos isso é através do aumento do número de sócios brasileiros na ISBA. Por isso, se você ainda não é sócio da ISBA, visite [www.bayesian.org](http://www.bayesian.org), é importante incentivarmos o crescimento dessa sociedade.

Com o intuito de continuarmos conhecendo a história dos nossos pesquisadores e suas contribuições, temos também uma entrevista com o Professor Jorge Alberto Achcar feita pelo Professor Francisco Louzada Neto.

Em seguida, fazemos o primeiro anúncio sobre o **10º Encontro Brasileiro de Estatística Bayesiana**, que será realizado de **21 a 24 de março de 2010**, no Hotel Portugal, em Angra dos Reis, RJ. Estamos trabalhando na homepage do evento, o endereço é [www.dme.ufrj.br/ebebx](http://www.dme.ufrj.br/ebebx). A organização do evento já está a todo vapor. Já temos confirmada a presença de renomados pesquisadores internacionais e nacionais. Teremos um mini-curso, cerca de 13 conferências e 8 apresentações orais, além

SUGESTÕES E CONTRIBUIÇÕES DOS COLEGAS PARA O PRÓXIMO NÚMERO,  
SÃO MUITO BEM VINDAS!

---

EDITOR: *José Ailton Alencar Andrade*  
END: *Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências*  
*Departamento de Estatística e Matemática Aplicada*  
*Campus do Pici - Bloco: 902*  
*Pici 60455-670 - Fortaleza, CE - Brasil*  
e-mail: [jaa.andrade@gmail.com](mailto:jaa.andrade@gmail.com)

---

de apresentações poster. Em breve estaremos anunciando os prazos para submissões de trabalhos. Acredito ser fundamental que os professores dos nossos programas de pós graduação incentivem seus alunos de mestrado e, especialmente, os de doutorado, a participar desse evento. Estamos fazendo tudo para que este seja do mais alto nível científico. Seguindo essa linha, estamos em contato com a diretoria da ISBA com a intenção de criarmos um prêmio de melhor apresentação poster para recém doutores e estudantes de pós graduação. O prêmio seria algum apoio financeiro para ida do vencedor ao Valencia Meeting em 2010, um dos en-

contros internacionais mais tradicionais da nossa comunidade. Esperamos ter alguma novidade sobre isso na página do evento em breve.

Finalizando o boletim, temos um artigo do Josemar Rodrigues, Luis Ernesto Bueno Salazar e Gilberto de Araújo Pereira sobre inferência bayesiana objetiva.

Finalmente, obrigada a todos que colaboraram direta, ou indiretamente, na confecção deste número.

Divirtam-se!  
Um abraço,  
Alexandra

## Índice

Carta da presidente do ISBrA, Alexandra M. Schmidt	1
Carta do Presidente da ISBA, Professor Mike West	2
Entrevista Prof. Jorge Achcar	5
EBEB X	10
Artigo	12

## Carta do Presidente da ISBA, Professor Mike West, a comunidade brasileira

Dear Colleagues

As President of the International Society for Bayesian Analysis (ISBA) during 2009, I am very pleased to have this opportunity to speak to the broad statistical community in Brazil, and particularly to the sizeable and active professional community that ISBrA, the Brazilian Local Chapter of ISBA, represents. As we approach the end of the first decade of the increasingly Bayesian 21<sup>th</sup> century, the vitality and growth in Bayesian ideas, teaching programs and research across a number of institutions in Brazil is very clear. Through journal impact, strength in numbers and visible representation at major international conferences, and with activism in leadership positions in global pro-

fessional societies, Brazil is now among the dominant nations in Bayesian statistical science. This builds, of course, on a long tradition of excellence in Bayesian theory and methods spanning decades, but also represents continued and vital growth, with an increasingly broad involvement of Brazilian statisticians in Bayesian research and education.

Most of us are very well aware of the vast growth and adoption of Bayesian methods in applications in many fields over the last couple of decades. For some of us, this is reason for celebration of the success of Bayesian thinking and philosophy. More importantly – by far, in my opinion – is the breakdown of historical prejudices against Bayesian thinking that has been driven by the increasing adoption of Bayesian models and methods by non-statisticians, and applied statistical researchers from many fields, who are simply persuaded of the innate relevance and applicability of structured, model-based probabilistic reasoning. From basic biology to frontier information technology, highly structured stochastic models of increasing realism – often with high-dimensional parameters and latent variables, multiple layers of hierarchically structured random effects, and nonparametric components – are increasingly adopted.

Most of us are all also well aware that much of the impetus behind this growth and success of applied Bayesian methods

has been access to the increasingly rich array of advanced computational strategies for Bayesian analysis; this has led to increasing adoption of Bayesian methods from heavily practical and pragmatic perspectives. However, I believe that we are now experiencing, or in some fields perhaps beginning to experience, change in statistical science at a more fundamental level – and I believe this is the real reason to celebrate the increasingly adoption of Bayesian methods, since it portends change at deeper, foundational levels.

This view stems, in part, from numerous personal experiences with collaborators and colleagues. As applied researchers become increasingly involved in more complex stochastic model building enabled by advanced Bayesian computational methods, they also become more and more engaged in foundational thinking. This engenders an appreciation for the inherent logic and directness of Bayesian model building. Scientifically relevant, highly structured stochastic models are often simply naturally developed from Bayesian formalisms and have overt Bayesian components. Hierarchical models with layers of random effects, random processes in temporal or spatial systems, and large-scale latent variables models of many flavours are just a few generic examples of nowadays standard stochastic structures in wide application, and that are all inherently Bayesian models. My thesis here is that much of the rapid growth in adoption of Bayesian methods from pragmatic viewpoints will “stick” as it engenders deeper, foundational change in scientific philosophy towards a more holistically Bayesian perspective. And this, in turn, has important implications for the core of the discipline; bringing Bayesian methods of stochastic modelling center-stage - with models of increasing complexity and structure for reasons of increased realism - will inevitably re-energize the core of the discipline, presenting new conceptual and theoretical challenges to statistical researchers as applied problems scale in dimension and complexity.

We have seen this in recent years, in several areas. In nonparametric methodology,

for example, applied developments have led to a substantial focus on the need for new nonparametric modelling concepts and new theoretical questions; this is energizing theoretical research in Bayesian statistics, and laying foundations for much “core” research in years to come, as well as responding to more immediate applied challenges. Another example is developments in applied probability and stochastic process theory emerging from very practically oriented innovations in Bayesian computation via simulation methods, including Monte Carlo Markov chains and sequential Monte Carlo approaches. The latter, in particular, is an area that is currently exploding in application while driving researchers to dig deeply into novel theoretical and conceptual areas. These are but two examples of how major applied growth and success is beginning to feed back to the core of the discipline. Looking ahead, I extrapolate to predict great vitality in core, foundational and theoretical areas of Bayesian statistics over the coming couple of decades, consistent with the increasing vitality in broader ranges of important and deep applications. It is a wonderful time to be involved in the world of Bayesian statistics, and an even more attractive time for new researchers entering our professional playground.

This disciplinary vitality is reflected in the growth of the profession worldwide, and evidently in Brazil as well as through Brazilian statisticians in increasingly visible positions worldwide. The establishment and growth of ISBrA, one of the first international Local Chapters of ISBA, has defined a major professional community that is growing every year in its impact. ISBrA will be 10 years old in 2010, and for all of its first near-decade has been incredibly active and effective in coordinating and engendering professional activities in Brazil and promoting representation of the best of Brazilian statistics worldwide. Among other things, ISBrA (<http://www.ime.usp.br/~isbra/>) coordinates the Brazilian Bayesian meetings, EBEB, and uses these meetings to engage and integrate with the profession via the Brazilian Statistical Society. Coupled

with activism in defining a national professional network – key to the nurturing of new researchers and developing increased connectivities between educational programs, among other things – ISBrA has emerged as a model ISBA Chapter. All seems to auger well for the future of Bayesian statistics in Brazil, and I find this exciting. As ISBA President, I want to make sure that we continue to explore and develop ideas for ways to support Bayesian activities in Brazil, as well as to update you on ISBA activities and opportunities.

When we established ISBA seventeen years ago, we anticipated that ISBA would become a coordinating hub of professional activities for the worldwide Bayesian communities. One of the key founding goals of ISBA was, and remains, international outreach, and I have been delighted with the development of ISBA in this sense since 1992. The ISBA local chapters (<http://bayesian.org/business/local.html>) are key to this, and ISBA support for local chapter activities – especially workshops and conferences – is one of the main areas of ISBA member services. For EBEB in Brazil, ISBrA works with ISBA to define sponsorship and will continue this tradition with the upcoming meeting in Rio next March (note that this is EBEB 10, coincident with the 10<sup>th</sup> birthday of ISBrA, in 2010!). An additional, critical ISBA role and “member service” is that of administering (and raising funds for) several professional awards, including awards that assist student and junior researchers in travel to the ISBA World Meetings every two years. These are just some reasons to consider joining ISBA (see some more below!). I encourage those of you that are not already ISBA members to consider joining soon (<http://www.bayesian.org/membership/join>), and to encourage student and new researchers to consider joining. Members based in Brazil receive reduced ISBA membership rates, and there are additional benefits as well as opportunities for broader engagement.

Critically, for most of us, formal membership of ISBA reflects participation in the in-

tellectual and socio-professional community ISBA represents, and that many of us value and promote – the worldwide Bayesian movement. Members receive regular email and bulletin information about Bayesian activities and developments worldwide, and are invited to engage in societal matters and aspire to playing roles in ISBA committees, councils and the board. On this latter point, I encourage you to think about what you might do for the worldwide Bayesian community by joining ISBA and becoming involved in the professional affairs (promotion of activities and interests of ISBrA; contributions to ISBA publications, workshop and conference organizations, international community communications, administration and promotion of Bayesian awards, etc.). You can do this through informal interactions with the established ISBA committees and official groups, and by aspiring to stand for appointment or election to serve on various of the ISBA committees and in eventual leadership positions within the Society. As ISBA elects or appoints members of awards committees, nominations committees, program council and committees, and develops slates of candidates for the board and leadership positions, the Society is very concerned with outreach to generate candidates representing all geographic areas, and increased numbers of Bayesians from Brazil as well as other countries is vital in addressing that to maintain diversity and balance of representation.

On a couple of specific topics, I invite you to read my comments to the ISBA membership in the first 2009 issue of the *ISBA Bulletin*: 16(1) at <http://bayesian.org/bulletin/bulletin.html>. Beyond general remarks, you will find there some specific items that include a membership committee that you may be interested in communicating with (currently with two Brazilian members!). You will also find news about the upcoming 10<sup>th</sup> World Meeting of ISBA in 2010, and this will be updated this summer with more detailed information. One additional item you will read about there is the new ISBA Lifetime Members Junior Researcher Award. As I mentioned above,

ISBA is very active in raising support for participation of junior researchers and students in ISBA meetings. The existing ISBA travel awards, and the routine grant proposal drafting by ISBA for conference travel grants, are now complemented with this important new award that reflects and recognizes the support of increasing numbers of Life Members of ISBA. I would hope that all junior Bayesians in Brazil, as well as elsewhere, are fully aware of these developments and potential award opportunities.

I have remarked elsewhere that ISBA is “an early teenage society.” In 2012 ISBA will reach its 20th birthday; 2012 will also be the year of the 11<sup>th</sup> World Meeting of ISBA, an opportunity for a major birthday party celebrating the growth and success of Bayesian statistics in all its aspects. Wherever that event may be held, I am quite sure that we will see a large and robust gathering of Bayesians from all over the world, and it is my hope and firm expectation that the vitality of Bayesian statistics in Brazil, in particular, will be strongly represented.

**With very best wishes,**

**Mike West**

**The Arts & Sciences Professor of  
Statistical Science, Duke University,  
USA**

**2009 President of the International  
Society for Bayesian Analysis**

## **Entrevista com Jorge Achar**

**Por Francisco Louzada-Neto**

O Prof. Dr. Jorge Alberto Achar, 59, nascido no dia 18 de fevereiro de 1949, na cidade de São José do Rio Preto, SP, é um dos principais pesquisadores brasileiros na vanguarda da ciência estatística nacional, conhecido por seus trabalhos em várias áreas da estatística, com ênfase em inferência Bayesiana, estatística aplicada à medicina, a engenharia e a economia, análise de sobrevivência e confiabilidade, probabilidade,

planejamento de experimentos, inferência estatística, análise multivariada e processos estocásticos aplicados.

O Professor Jorge possui graduação em matemática pela UNESP em 1971, mestrado em estatística pelo IME-USP, São Paulo em 1976, doutorado (PhD) em estatística pela Universidade de Wisconsin-Madison, Estados Unidos em 1982. Professor livre-docente pelo ICMC-USP em 1990, possui pós-doutorado pelas Universidades de Nottingham, Inglaterra, de Connecticut, EUA e Carnegie-Mellon, EUA. Professor visitante em diversas universidades brasileiras e estrangeiras atuou como docente na UNESP, UFSCAR e USP desde 1974. Atualmente atua como professor colaborador no departamento de medicina social da faculdade de medicina da USP, campus de Ribeirão Preto, SP.

Durante a sua brilhante carreira, o Professor Jorge já orientou cinco teses de doutoramento, 31 dissertações de mestrado, 14 monografias de especialização e diversos trabalhos de graduação. Com grande ênfase em pesquisa na área de estatística aplicada, ele já publicou quatro livros e em torno de 120 artigos em diversos periódicos nacionais e internacionais, e possui comunicações científicas com artigos completos e resumos publicados em destacados congressos nacionais e internacionais.

Foi com muito prazer que recebi o convite da Alexandra e Ailton, responsáveis pelo Boletim da ISBrA, para entrevistar o Prof. Jorge. Primeiramente, porque o Prof. Jorge foi o meu orientador de mestrado, pelo qual tenho imensa admiração e agradecimento. Acredito que muito do que sou hoje devo aos ensinamentos dele. Segundo, acredito ser uma homenagem justa, pois o Prof. Jorge é um excelente pesquisador, com uma forte formação moral e ética, que desde o início de sua carreira tem se dedicado de forma ímpar à Ciência Estatística. E assim, iniciamos nossa entrevista, que foi concedida a mim, via vários emails que foram trocados entre nós (Jorge e Francisco) durante o período de 21/11/2008 a 01/12/2008.

*Francisco: Prezado Jorge, espero que*

*tudo esteja bem com você! Os membros da diretoria do ISBrA (Alexandra e Ailton, responsáveis pelo Boletim da ISBrA) me solicitaram que fizesse uma entrevista com você para ser publicada no Boletim. Achei a idéia excelente, sendo que, este é um reconhecimento, com muito merecimento, do seu trabalho. Particularmente porque é um dos principais pesquisadores da estatística nacional. Do meu lado, fico muito lisonjeado uma vez que foi o meu orientador (fui o seu primeiro orientando). O Ailton me informou que você havia concordado com a entrevista. Desta forma, gostaria de saber se você ficaria confortável se eu fizesse os questionamentos via email ou se prefere que seja ao vivo. Estou a sua disposição, aguardo a sua resposta. Um grande abraço, Francisco.*

*Jorge:* Prezado Francisco, obrigado. Espero que tudo esteja O.K. com você. Eu acho que não mereço essa honra. Ainda tenho muito a fazer pela estatística e formação de alunos. Se for mais conveniente para você, podemos fazer isso via e-mail. Assim, você me enviaria as questões e responderei via e-mail. Nas próximas duas semanas, estarei fora do Brasil, mas podemos manter contato via e-mail. Um abraço, Jorge.

*Francisco:* Jorge, muito obrigado por aceitar fazer a entrevista. Pensei no seguinte roteiro: a) Prof. Jorge e a Inferência Bayesiana, b) O papel da Inferência Bayesiana na estatística aplicada, c) O futuro da Inferência Bayesiana e seus planos e objetivos de pesquisas na área. O que acha? Por favor, sinta-se a vontade para solicitar modificações. Só para dar um início, vou começar perguntando. Abraços, Neto.

*Francisco:* Prof. Jorge, como você se envolveu com inferência Bayesiana?

*Jorge:* O meu envolvimento com a inferência Bayesiana ocorreu no meu doutorado na Universidade de Wisconsin em Madison entre 1978 e 1982. Antes de meu programa de doutorado em Madison, eu tinha obtido um mestrado em estatística pelo IME-USP (fui orientado pelo Professor Clóvis de Araújo Peres) e uma graduação em matemática pela UNESP e praticamente desconhecia (além da fórmula

de Bayes) a inferência Bayesiana. No segundo semestre de meu doutorado, cursei uma disciplina sobre teoria de decisão e métodos Bayesianos, ministrado por um excelente professor da Escócia (Tom Leonard), que me motivou muito pela área. Além disso, havia seminários e cursos do George Box, do George Tiao, do Willian G. Hunter (meu orientador de doutorado) entre outros, que mantinham um ambiente científico muito promissor e com grandes inclinações Bayesianas para resolver problemas aplicados. Além disso, tive contato pela primeira vez com o excelente texto sobre inferência Bayesiana de autoria de G.E.P. Box e G.C.Tiao que tinha sido editado poucos anos antes (*Bayesian Inference in Statistical Analysis*) e que considero até hoje um livro de referência na história da inferência Bayesiana. O departamento de estatística da Universidade de Wisconsin sempre foi um dos mais destacados departamentos dos Estados Unidos e mantinha semanalmente seminários e palestras ministrados pelos mais influentes estatísticos dos Estados Unidos e da Europa, o que tornava o ambiente muito rico para atividades de pesquisa. Ainda me lembro até hoje das grandes discussões (no bom sentido) entre os estatísticos frequentistas e os estatísticos Bayesianos. É importante salientar que nessa época o número de estatísticos Bayesianos ainda era muito pequeno.

*Francisco:* Qual é o papel da inferência Bayesiana na sua carreira?

*Jorge:* O papel da inferência Bayesiana tem sido marcante na minha carreira desde o meu doutorado em Madison. Além disso, o papel de meu orientador de doutorado (W.G.Hunter, falecido precocemente poucos anos após o término de minha tese) foi marcante na minha carreira, pois ele tinha uma visão muito pragmática do paradigma Bayesiano na solução dos problemas práticos, o que me influenciou muito. Na minha volta ao Brasil, no início de 1983, ainda como docente da UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos), eu já tinha planos de iniciar projetos e orientar alunos de pós-graduação na área de in-

ferência Bayesiana aplicada, apesar da inexistência de grupos de pesquisa e um programa de pós-graduação na UFSCAR no início dos anos 80. Nessa época o grande problema do uso de métodos Bayesianos na solução de problemas aplicados era relacionado à solução de integrais Bayesianas, o que limitava o seu uso, quando não tínhamos distribuições a priori conjugadas. Após um programa de pós-doutorado na Universidade de Nottingham na Inglaterra em 1987/1988, onde trabalhei com o professor Adrian F.M. Smith, em reparametrizações em aproximações de Laplace para integrais Bayesianas e, após minha transferência para o campus da USP (Universidade de São Paulo) de São Carlos (Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação) no ano de 1988, iniciei (juntamente com o professor Josemar Rodrigues que havia se transferido do IME-USP para São Carlos e outra docente da área de probabilidade) um programa de mestrado conjunto com a área de ciências de computação. Apesar da grande limitação e dificuldades, dado o número limitado de docentes na área de estatística dentro de um grande departamento de computação e matemática aplicada, conseguimos orientar dezenas de alunos no programa de mestrado num período de aproximadamente 15 anos, onde quase todas as dissertações tinham um forte conteúdo Bayesiano. Essas dissertações de mestrado originaram muitos artigos e vários desses mestres formados no ICMC-USP seguiram a vida acadêmica, o que foi muito gratificante para o nosso trabalho.

*Francisco: O que significa inferência Bayesiana atualmente? Como ela tem influenciado suas pesquisas?*

*Jorge:* Em minha opinião, a inferência Bayesiana tem sido uma grande revolução dentro da área de estatística, especialmente após o surgimento de técnicas de simulação usando métodos MCMC (Monte Carlo em Cadeias de Markov) como o amostrador de Gibbs e o algoritmo de Metropolis-Hastings. O uso dessas técnicas de simulação tem levado ao desenvolvimento de novos modelos mais realistas para a análise de dados em

áreas diversas como em medicina, economia, indústria, ecologia, genética entre várias outras. Atualmente tenho atuado como professor colaborador no departamento de medicina social da Faculdade de Medicina da USP, campus de Ribeirão Preto, onde foi criada uma unidade de consultoria estatística (CE-MEQ, Centro de Métodos Quantitativos) atendendo os pesquisadores e alunos de pós-graduação das áreas médicas; e podemos observar o grande crescimento do uso de métodos Bayesianos. Com os dados de muitas dessas consultorias, estamos desenvolvendo novos modelos usando a metodologia Bayesiana o que tem gerado vários artigos em revistas especializadas. Além disso, o paradigma Bayesiano tem sido muito bem recebido pelos pesquisadores da área médica, que em geral tem informação de especialistas para a elicitação de distribuições a priori, as amostras em geral são pequenas, os modelos em geral têm termos latentes (variáveis não-observadas) e com muitos parâmetros, o que torna o paradigma Bayesiano muito bem aceito nessa área. Em outras áreas, também observamos esse fato, como em economia, onde novos modelos de volatilidade estocástica têm revolucionado a área de previsão. Isso são apenas alguns exemplos da grande aplicabilidade da metodologia Bayesiana.

*Francisco: Concordo plenamente com sua opinião sobre inferência Bayesiana. Acredito que, de fato, com MCMC a inferência Bayesiana teve sua grande chance de popularização. Neste contexto, como você está vendo o ensino da inferência Bayesiana atualmente?*

*Jorge:* Inadequado, especialmente no Brasil. É inacreditável que alguns bacharelados em estatística no Brasil ainda não incluem uma disciplina regular em inferência Bayesiana. Além disso, os cursos básicos de estatística para outras áreas como medicina, engenharia, economia entre várias outras ainda não incluem uma introdução aos métodos Bayesianos. Em países do primeiro mundo, isso já está sendo revertido. Em muitas áreas, seria importante introduzir a inferência Bayesiana simultaneamente com a

inferência clássica.

*Francisco: Você acredita em uma abordagem didática puramente Bayesiana?*

*Jorge:* Não. Sou estatístico aplicado com interesse em várias áreas de atuação e acho que todo ferramental estatístico deve ser colocado para a resolução dos problemas e tomada de melhores decisões. Em um país de terceiro mundo, como o caso do Brasil, há muitos problemas e muitas possibilidades para atuação dos estatísticos usando ferramentas clássicas e Bayesianas. Não há sentido existir disputas entre Bayesianos e não Bayesianos ou estatísticos aplicados e estatísticos não aplicados. A tendência mundial é otimizar os recursos financeiros aplicados em universidades e centros de pesquisa focando em grandes projetos de interesse da sociedade. Acho que todo estatístico por mais teórico que seja, deve ter contato com problemas reais, especialmente num país como o Brasil.

*Francisco: O que podemos esperar (para o futuro) em termos de ensino de procedimentos Bayesianos?*

*Jorge:* Acho que o futuro é muito promissor para o paradigma Bayesiano. A estatística do século 21 deve ter grande concentração no uso de métodos Bayesianos, pois os recursos computacionais necessários para o uso da metodologia estão ficando ao alcance de toda população, mesmo em países muito pobres.

*Francisco: Voltando um pouco a área médica, você disse que o paradigma Bayesiano tem sido bem recebido pelos médicos. Você poderia falar um pouco mais sobre essa questão? Em particular, acredito que vários periódicos médicos são conservadores. Qual a sua abordagem para convencê-los?*

*Jorge:* Aqui há um ponto muito interessante. Se há pesquisa médica de alto nível, o pesquisador da área médica quer publicar seus resultados nos melhores periódicos do mundo. Esses periódicos de primeira linha são cada vez mais exigentes e sempre têm um editor bioestatístico assessorando o corpo editorial e o uso de técnicas estatísticas corriqueiras pode não ser adequado para os

problemas da área médica, o que leva a necessidade de modelos mais complexos usando o enfoque Bayesiano. Esses periódicos da área médica estão cada vez mais abertos ao uso de métodos Bayesianos. Além disso, o pesquisador da área médica sempre tem alguma informação a priori o que torna o paradigma Bayesiano bem aceito. O conservadorismo pode estar relacionado ao desconhecimento de novas metodologias estatísticas. No Brasil isso é comum, pois há muito corporativismo em muitas universidades e comunidades científicas. A melhor forma para convencer os pesquisadores médicos está na participação dos estatísticos em projetos de pesquisa conjuntos que levam à publicação dos resultados da pesquisa médica nos melhores periódicos internacionais.

*Francisco: Existem problemas nas áreas biomédicas em que elicitación de priori pode ser difícil de ser feita. Como você vê esta situação? Elicitación de prioris para parâmetros de fácil interpretação?*

*Jorge:* Aqui há várias formas para elicitación de uma priori baseada na informação de especialistas, pois o estatístico Bayesiano pode usar informação de um especialista sobre um parâmetro de uma priori ou considerar o uso de densidades preditivas sobre uma observação futura. Muitas vezes é mais simples tirar informação de um médico sobre a variável de interesse do que sobre um parâmetro que pode não ter interpretação física. Além disso, nas áreas aplicadas em geral, observa-se cada vez mais o uso de métodos Bayesianos empíricos na solução dos problemas práticos.

*Francisco: Inferência Bayesiana Objetiva? O que significa isso para você?*

*Jorge:* No meu ponto de vista, acho essencial, quando possível, usar uma priori objetiva na análise da sensibilidade da escolha da priori na solução de um problema. Esse tema é muito discutido na literatura (ver por exemplo Berger, J. *The Case for Objective Bayesian Analysis*, Bayesian Analysis, Number 3, pp. 385-402, 2006). Algumas definições para inferência Bayesiana Objetiva (extraídas do artigo do Berger, 2006):



(i). *A major goal of statistics (indeed science) is to find a completely coherent objective Bayesian methodology for learning from data. This is exemplified by the attitudes of Jeffreys (1961) and Jaynes (1999) (although Kass and Wasserman (1996) suggest that the viewpoint of Jeffreys may have gradually changed to reject something closer to Viewpoint (iii) below).* (ii). *Objective Bayesian analysis is the best method for objectively synthesizing and communicating the uncertainties that arise in a specific scenario, but is not necessarily coherent in a more general sense.* (iii). *Objective Bayesian analysis is a convention we should adopt in scenarios in which a subjective analysis is not tenable.* (iv). *Objective Bayesian analysis is simply a collection of ad hoc but useful methodologies for learning from data.*

Algumas referências:

- Jaynes, E. (1999). *Probability Theory: The Logic of Science*. accessible at the website <http://bayes.wustl.edu/etj/prob.html>. 386, 387
- Jeffreys, H. (1961). *Theory of Probability*. Oxford University Press, London. 386, 387
- Kass, R. E. and Wasserman, L. (1996). *The selection of prior distributions by formal rules* (Corr: 1998V93 p412). *Journal of the American Statistical Association*, 91: 1343-1370, 386-388.

*Francisco: Prezado Jorge, obrigado pelas respostas. Estou achando excelente a experiência de te entrevistar via email! Bem, na verdade tentei ser um pouco provocativo com a pergunta. Você não acha que existe certa polêmica quando se fala em inferência Bayesiana Objetiva?*

*Jorge: Sem dúvida há muita polêmica sobre esse tema. Desde que possível é importante considerar sempre inferência Bayesiana objetiva. Na prática nem sempre isso é possível, mas isso não pode impedir ou invalidar o uso do paradigma Bayesiano. A discussão sobre esse tema é*

*muito vasta, assim como muitos estatísticos Bayesianos são ferrenhos adversários do uso de métodos Bayesianos empíricos. Quem atua nas aplicações e acredita que grande parte da consultoria estatística pode e deve usar métodos Bayesianos, deve ser mais pragmático. Isso é muito importante para a popularização e o crescimento da metodologia Bayesiana em todas as áreas de aplicações.*

*Francisco: Gostaria agora de falar um pouco sobre o futuro. O que podemos esperar para a Inferência Bayesiana em termos de novos desenvolvimentos?*

*Jorge: Sem dúvida teremos um futuro muito promissor. Novas metodologias já estão sendo desenvolvidas sob o enfoque Bayesiano. Para isso é essencial o estatístico sempre que possível ter contato com os problemas de outras áreas. A partir dos dados podemos desenvolver novos modelos e, portanto melhores inferências. Não podemos esquecer a interação mundo real com modelagem estatística.*

*Francisco: E quanto às possibilidades de aplicação?*

*Jorge: As possibilidades são imensas em todas as áreas.*

*Francisco: Com relação à sua atuação profissional. Você é um pesquisador extremamente atuante, está na vanguarda da pesquisa nacional em estatística, com uma publicação sequenciada e estruturada. O que podemos esperar do Professor Jorge?*

*Jorge: Em primeiro lugar, atividade de pesquisa deve ser algo gratificante. Devemos ter muito prazer com cada resultado conseguido, por menor que seja. Em segundo lugar, acho que é obrigação e dever de todo docente em tempo integral de uma Universidade, especialmente pública, ter publicação continuada e não ocasional, pois recebemos um salário para ministrar aulas, desenvolver atividades de extensão e, principalmente, desenvolver atividades de pesquisa. Além disso temos muitos privilégios: possibilidade de fazer doutorado ou pós-doutorado nas melhores universidades do mundo, financiamento para pesquisa até bem razoável considerando que o país é de terceiro mundo,*

bolsa de pesquisa, financiamento para participação em congressos etc. Dessa forma, espero ainda poder colaborar muito com o ensino, na pesquisa e na formação de alunos, especialmente sob o enfoque Bayesiano.

*Francisco: Finalmente, gostaria de abordar algumas questões gerais sobre estatística no Brasil. Você acredita na existência da necessidade de uma política de indução da formação de mestres e doutores em estatística?*

*Jorge:* Acho que os programas de mestrado e doutorado tiveram um crescimento imenso no Brasil nos últimos 30 anos. Alguns programas têm se destacado em nível internacional e isso é um orgulho para todos. Por outro lado é necessário muito cuidado com a abertura de programas sem um nível mínimo de qualidade, pois isso pode denegrir todo o avanço conseguido por uma geração de estatísticos idealistas que foram responsáveis por todo o avanço na qualidade conseguida nos últimos anos.

*Francisco: E quanto ao financiamento das pesquisas em estatística? Como caracterizar a necessidade de melhoria?*

*Jorge:* Acho que não devemos reclamar, pois os recursos são bem razoáveis. Os recursos devem ser canalizados para pesquisadores ou grupos que tem produzido resultados de bom nível. Isso também se aplica à área que tenho grande interesse: estatística aplicada. Em relação às agências financiadoras, seria interessante a inclusão de mais estatísticos nos comitês decisórios das agências de financiamento para atuar com nossos parceiros matemáticos, jamais esquecendo da qualidade do trabalho realizado. Para isso os estatísticos deveriam minimizar algumas disputas que não são produtivas. É muito importante destacar que os melhores pesquisadores da área de estatística (isto é, com maior produção científica) deveriam liderar a comunidade, assim como é feito em outras áreas científicas. Essas lideranças científicas teriam grande credibilidade para defender a estatística nos órgãos financiadores e mostrar a sua importância. Em caso contrário, devemos continuar sendo representados por pesquisadores de outras

áreas.

*Francisco: O que podemos esperar para estatística nacional?*

*Jorge:* Acho que o avanço brasileiro foi muito grande. Hoje a estatística nacional tem uma participação significativa na comunidade internacional, quando observamos o número de publicações de pesquisadores brasileiros nos mais destacados periódicos do mundo. Além disso, a sociedade está descobrindo a importância da estatística, especialmente em alguns setores como o setor das instituições financeiras, onde praticamente todo estatístico encontra bons empregos. A área agrônômica também tem uma longa tradição e importância no Brasil. Apesar disso, outras áreas ainda não descobriram a importância da estatística no desenvolvimento nacional, como a área industrial, onde a qualidade e a competitividade dependem muito da estatística, a área médica e farmacêutica, a área ambiental entre várias outras. Vejo muito potencial e grande perspectiva para um crescimento ainda maior da estatística nacional nas próximas décadas.

*Francisco: Jorge muito obrigado pela entrevista. Um grande abraço, Neto.*

*Jorge:* Oi Francisco, obrigado pela entrevista e sua paciência. Acho que você cobriu tudo e não tenho mais nada para adicionar. Um grande abraço, Jorge.

## 10<sup>o</sup> Encontro Brasileiro de Estatística Bayesiana - EBEB X

Os encontros brasileiros de estatística bayesiana visam fortalecer a pesquisa científica na área bayesiana, bem como a difusão de suas aplicações pela sociedade brasileira. Também visam propiciar o aumento da colaboração entre os pesquisadores brasileiros, apresentar os últimos avanços alcançados na área, discutir problemas que possam gerar novas linhas de pesquisa e propiciar aos estudantes vivenciarem este ambiente científico.

O EBEB X será realizado no hotel PortoGalo de 21 a 24 de março de 2010, na

agradável Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Nesta sua décima edição, estaremos discutindo avanços recentes da área, tanto em aspectos metodológicos e de fundamentos, quanto na sua cada vez mais relevante implementação computacional. Esses avanços serão apresentados e discutidos pelos seus protagonistas no cenário mundial.

A organização do EBEB é de responsabilidade do ISBrA desde sua 6a. edição, quando foi realizado juntamente com o 1o. Congresso Bayesiano da América Latina (COBAL I).

A programação do EBEB X compreenderá 1 minicurso, cerca de 13 conferências, 8 apresentações orais e sessões poster. A diretoria do ISBrA está negociando junto a ISBA a criação de um prêmio para melhor apresentação poster de um recém doutor e aluno de doutorado para auxiliar o vencedor na participação do Valencia Meeting, que acontecerá em junho de 2010. Esperamos ter mais notícias sobre essa idéia em breve.

O endereço do sítio do evento é <http://www.dme.ufrj.br/ebebx>. Abaixo listamos os conferencistas internacionais e nacionais já confirmados.

- *Minicurso: Particle Learning*

Carlos Carvalho (University of Chicago)

Matt Taddy (University of Chicago)

- *Conferencistas Internacionais:*

Marco A. R. Ferreira (Missouri, USA)

Alan Gelfand (Duke University, USA)

Tony O'Hagan (Sheffield, UK)

Nick Polson (University of Chicago, USA)

Gareth Roberts (Warwick, UK)

Havard Rue (Norwegian University of Science and Technology)

- *Conferencistas Nacionais:*

Jorge Achcar (ICMC - USP)

Márcia Branco (USP)

Rosângela Loschi (UFMG)

Helio S. Migon (UFRJ)

Josemar Rodrigues (UFSCar)

- *Comissão científica:*

Heleno Bolfarine (USP)

Ronaldo Dias (Unicamp)

Dani Gamerman (UFRJ)

Hedibert F. Lopes (Chicago)

Marina Paez (UFRJ)

Thelma Sáfyadi (UFLA)

Alexandra M. Schmidt (UFRJ) - Chair

- *Comissão Organizadora:*

Mariane B. Alves (UERJ)

Dani Gamerman (UFRJ)

Aline A. Nobre (Fiocruz)

Marina Paez (UFRJ)

Alexandra M. Schmidt (UFRJ) - Chair

Para maiores informações sobre o evento, acompanhe notícias na lista da ABE, ou através do sítio [www.dme.ufrj.br/ebebx](http://www.dme.ufrj.br/ebebx). Quaisquer dúvidas podem ser enviadas ao e-mail [ebebx@dme.ufrj.br](mailto:ebebx@dme.ufrj.br).

# Artigo

## Inferência Bayesiana Objetiva:

### Reconciliação é possível?

Josemar Rodrigues, Luis E. B. Salazar e Gilberto A. Pereira

Universidade Federal de São Carlos

#### Abstract

Com frequência, temos na lista eletrônica da ABE uma intensa discussão sobre os fundamentos da teoria bayesiana e frequentista. Este é uma tema polêmico e dificilmente teremos uma reconciliação dentro do contexto filosófico, embora alguns autores como Akaike (1977) e Little (2006) acreditam que seja possível em um cenário preditivista com um critério objetivo de seleção de distribuições a priori. Qualquer tentativa de reconciliação do nosso ponto de vista será benéfico para os dois lados e seguramente a Estatística terá um papel importante no século 21 como metodologia científica na solução de problemas reais. Entretanto, do ponto de vista metodológico seria possível uma reconciliação? Neste artigo pretendemos discutir a Inferência Bayesiana Objetiva no sentido apresentado por Berger (2006) e Little (2006) onde a metodologia está baseada exclusivamente no modelo paramétrico e nos dados e a sua qualidade inferencial avaliada de forma frequentista. Qualquer unificação das metodologias certamente terá que ter um componente frequentista. Um exemplo ilustrativo desta reconciliação será considerado no caso binomial.

## 1 Introdução

Akaike (1977) afirma que a dificuldade de uma possível reconciliação entre bayesianos e frequentistas é devido a não existência de um critério objetivo e convincente de como escolher a distribuição priori. Em seu artigo ele sugere um critério preditivista baseado em uma distribuição de probabilidade sobre o parâmetro que chamou de “modifier” com a finalidade de modificar a função de verossimilhança e obter boas estimativas da distribuição dos valores futuros. Segundo Akaike (1977) com esta abordagem é possível reconciliar bayesianos e não bayesianos, mas certamente deixaria os bayesianos mais conservadores em “pé de guerra” já que a priori seria ajustada pelos dados. O que observamos na literatura é que existe um consenso que a resistência com a metodologia bayesiana é a complexidade da incorporação da subjetividade na solução de problemas práticos. Mas se isso for possível também existe o consenso que a metodologia bayesiana deveria ser utilizada. Será que um procedimento bayesiano baseado somente nos dados, livre de qualquer subjetividade com boas propriedades frequentistas não seria uma possível reconciliação? Pesquisadores reconhecidos internacionalmente como Efron (1998) e Berger (2006) apresentam uma resposta a esta pergunta que será discutida na próxima seção.

## 2 Inferência Bayesiana Objetiva

Lindley (1974) fez uma previsão que o século 21 seria da estatística bayesiana e lendo os artigos de Efron (1998) e mais recentemente Berger (2006) estou convencido que Lindley fez uma previsão correta. Mas fica a seguinte dúvida: Inferência Bayesiana Objetiva ou Subjetiva?. Existe uma forte resistência filosófica as idéias bayesianas motivada pelo componente subjetivo existente na formulação da distribuição a priori. Efron em seu artigo (Efron, 1998) faz uma interessante comparação entre os bayesianos e frequentistas, onde Fisher adota uma posição

nada neutra, enfatizando o que ele entende por IBO. Segundo Efron, a IBO é um procedimento bayesiano onde o componente subjetivo não é considerado na escolha da priori, entretanto a escolha de uma priori não informativa não é uma tarefa trivial. Alguns pesquisadores (Efron, 1998) sugerem verificar a qualidade frequentista do método bayesiano objetivo como uma forma de proteção contra possíveis falhas do modelo adotado. A seguir quotamos duas frases do professor Draper (2002) que reflete uma momento importante da Inferência Bayesiana:

“If the frequentist and Bayesian approaches are like boxers who have been punching each other for the past 350 years, both boxers are still standing, which to me means that there must be elements of merit in both. Rather than choosing one paradigm on the other, I think our job is to create a fusion of the two that emphasizes the strengths of each and de-emphasizes their weaknesses. The way of doing this is to use a Bayesian approach to formulate inferences and predictions, and then evaluate how good they are, using frequentist methods. It’s a way to keep us honest”.

“People now realize that there is a merit in both ways of looking at the world, and to insist on using only one would be like fighting with one hand tied behind your back.”

Neste sentido no OBayes6, realizado em Roma em 2007, o prof. Dongchu Sun sugeriu no seu minicurso o seguinte procedimento em dois estágios:

- 1º. Estágio: Inferência Bayesiana Objetiva (IBO)( aprender com os dados)-Utilizar uma priori não informativa obtida através de alguma regra formal. Em geral este tipo de procedimento apresenta boas qualidades frequentistas. (seria a unificação das metodologias frequentistas e bayesianas).
- 2º. Estágio : Inferência Bayesiana Subjetiva (IBS): Se houver informação subjetiva disponível e avaliar o seu impacto comparando com o 1º. Estágio.

Como em geral na prática não é trivial utilizar priori subjetiva, o 1º. Estágio seria uma alternativa interessante. Estamos aplicando esta sugestão no curso de IB na pós onde no 1o. Estágio (IBO) utilizamos a priori de Jeffreys e na IBS o princípio de Máxima-Entropia. A qualidade frequentista da IBO os alunos avaliam via simulação e comparam com os procedimentos clássicos. A nossa experiência até o presente momento é que os alunos conseguem entender as vantagens e desvantagens das duas metodologias e inclusive entender com mais clareza os procedimentos clássicos. Já que uma reconciliação entre frequentistas e bayesianos praticamente é impossível no aspecto filosófico porque não tentar uma reconciliação metodológica? O prof. Zellner já deu a sua contribuição inicial com a função de perda balanceada, porque não fazemos o mesmo? Segundo Little (2006) o debate entre bayesianos e frequentista torna a nossa vida acadêmica interessante mas com um custo muito alto para a Estatística como um procedimento científico para a solução de problemas reais. Segundo ele a inferência sob um particular modelo deveria ser bayesiana mas sua validação via idéias frequentistas, isto é, confirmando as sugestões de Draper e Efron. Little (2006) sugere o “calibrated Bayes” quando afirma o seguinte

“Bayesian statistics is strong for inference under assumed model, but relatively weak for the development and assessment of models. Frequentist statistics provides many useful tools for model and assessment , but it is less convincing for inference under an assumed model. If it is accepted, then the natural compromise is to use frequentists methods for model development and assessment, and Bayesian methods for inference under a model. This capitalizes on the strengths of the both paradigms, and is the essence of the approach known as calibrated Bayes”

Como uma ilustração das vantagens de uma reconciliação metodológica entre frequentista e bayesianos dentro do cenário objetivo discutido até o presente momento, consideremos o problema de estimação por intervalo da probabilidade de sucesso em um experimento binomial. A estimação intervalar da probabilidade de sucesso  $p$  da distribuição Binomial é um dos problemas mais básicos e de grande importância metodológica em estatística aplicada. Um dos métodos de estimação mais difundidos é o intervalo padrão de Wald dado por  $\hat{p} \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$ , sendo  $z_{1-\alpha/2}$  o quantil  $1 - \alpha/2$  da distribuição normal padrão e  $\hat{p}$  a proporção de sucesso na amostra. Muito da popularidade desse método é devido a sua forma fechada e a simplicidade dos cálculos envolvidos. No entanto, é amplamente conhecido o baixo desempenho desse método quando  $p$  está próximo de 0 ou 1, ou quando o tamanho da amostra não é grande (Agresti and Coull, 1998). Além disso, Brown and DasGupta (2001) mostram que mesmo para valores de  $p$  próximos de 0,5 e tamanhos amostrais grandes, as probabilidades de cobertura podem não ser próximas do valor nominal de cobertura  $1 - \alpha$ .

Um método alternativo sugerido por muitos livros-texto em Estatística é o intervalo exato de C.J. and Pearson (1934). Este intervalo tem probabilidade de cobertura maior que o valor nominal  $1 - \alpha$  para qualquer valor de  $p$ , mas tende a ser extremamente conservador, especialmente para tamanhos amostrais pequenos ou valores de  $p$  próximos da fronteira.

Dois outras alternativas consideradas, provenientes da teoria bayesiana, são o intervalo de credibilidade usual (com caudas iguais) e o intervalo de credibilidade HPD (Highest Posterior Density). Para cada um desses métodos, considera-se as distribuições *a priori* uniforme (Beta(1,1)) e de Jeffreys (Beta(0,5, 0,5)) para o parâmetro  $p$ .

Para comparar esses diferentes métodos, utiliza-se o critério frequentista da probabilidade de cobertura e da amplitude média do intervalo para cada valor fixado de  $p$ . Com isso, um método é considerado superior a outro se mantiver sua probabilidade de cobertura mais próxima do valor nominal e tiver menor amplitude média.

Para ilustrar a metodologia descrita vamos também considerar na Seção 4 o problema de estimar a prevalência de uma doença, a sensibilidade e a especificidade de um teste diagnóstico, problema muito comum na área clínica.

### 3 Exemplo ilustrativo

O exemplo ser apresentado neste seção foi motivado pelo princípio bayesiano/frequentista mencionado por Bayarri and Berger (2004) onde o espaço paramétrico e espaço amostral complementam-se simultaneamente em cada réplica do experimento:

”‘In repeated practical use of a statistical procedure, the long -run average actual accuracy should not be less than ( and ideally should equal) the lon-run average reported accuracy”’

#### Estudo de Simulação

Para a estimação dos valores da probabilidade de cobertura e da amplitude média dos intervalos foi realizado um estudo de simulação considerando  $p = 0,01, 0,02, \dots, 0,99$  e  $n = 10, 20, 50, 100, 200$ . Para cada um destes valores de  $p$  e  $n$ , foram geradas 10.000 réplicas da distribuição Binomial( $n,p$ ) e para cada réplica foi calculado um intervalo de 95%.

Uma estimativa para a probabilidade de cobertura de  $p$  é dada pela proporção de intervalos que contém  $p$ , enquanto que uma estimativa para a amplitude média é dada pela média das amplitudes dos intervalos.

Para comparar a performance dos métodos quanto a probabilidade de cobertura e amplitude média, foi realizada, para cada  $n$ , uma análise descritiva de duas maneiras: para valores de  $p$  em  $[0, 1]$  (**global**) e para valores de  $p$  nas regiões:  $[0, 0,1)$ ,  $[0,1, 0,25)$ ,  $[0,25, 0,5)$ ,  $[0,5, 0,75)$ ,

$[0, 75, 0, 9)$ ,  $[0, 9, 1]$  (**local**). Nessa análise, considerou-se para a probabilidade de cobertura as seguintes medidas descritivas: média, diferença média (em relação ao valor nominal  $1 - \alpha$ ) e o coeficiente de variação (desvio padrão dividido pela média), e estas mesmas medidas também foram usadas para a amplitude média, sendo neste caso a diferença média tomada em relação à amplitude do intervalo padrão de Wald, que denotaremos por amplitude estimada.

### Resultados da Simulação

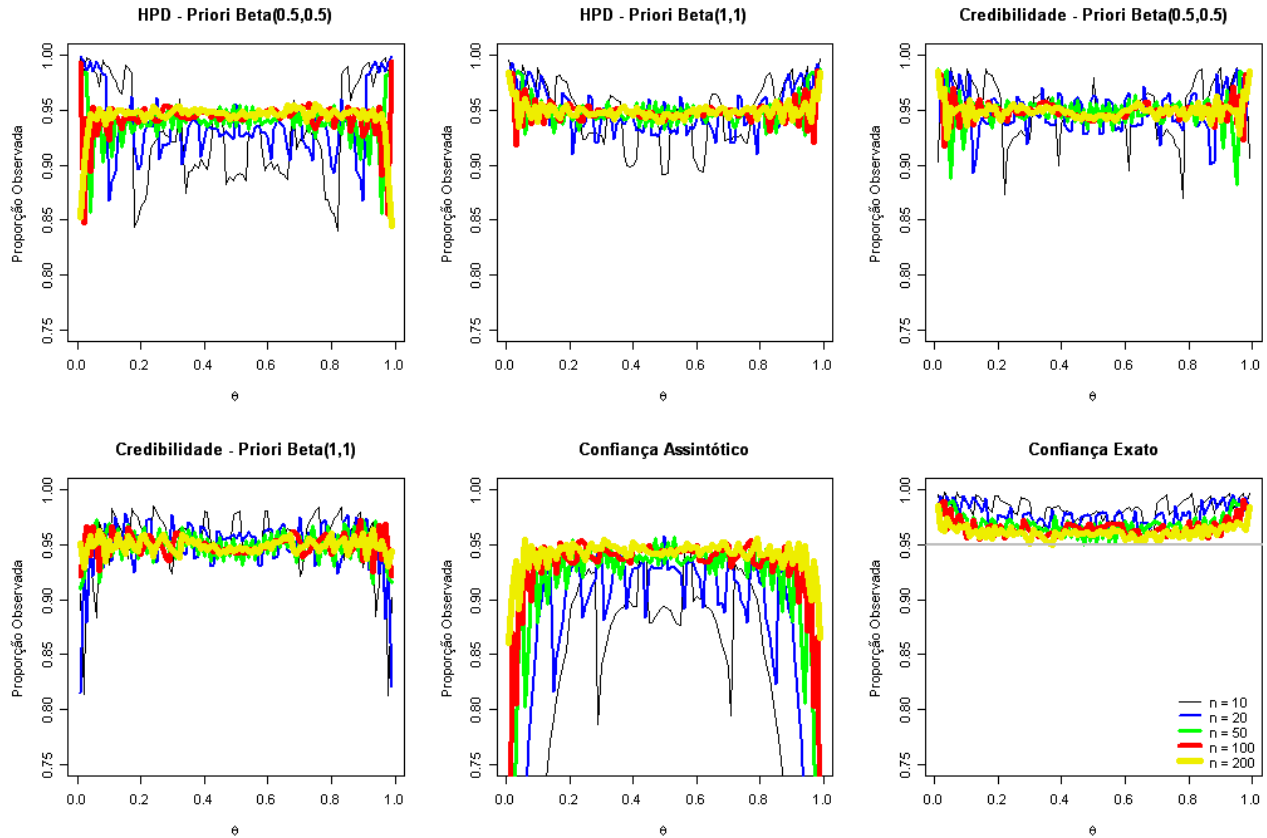


Figure 1: Probabilidades de Cobertura - por método

É possível verificar pela Figura 1 que os intervalos de credibilidade usual e HPD, ambos com priori uniforme, apresentaram probabilidade de cobertura mais próxima da cobertura nominal  $1 - \alpha$  (melhor desempenho) para tamanhos amostrais maiores que 50 e todos os valores de  $p$  no espaço paramétrico  $[0, 1]$ , enquanto que para amostras menores que 50 os intervalos de credibilidade usual com priori de Jeffreys e o HPD com priori uniforme foram os que apresentaram melhor desempenho. Verificamos entre os intervalos bayesianos que para valores de  $p$  nas regiões próximas de 0 ( $[0, 0,1)$ ) ou de 1 ( $(0,9, 1]$ ) e amostras menores que 50 os intervalos de credibilidade usual com priori uniforme e HPD com priori de Jeffreys foram os que apresentaram pior desempenho. Dentre os intervalos clássicos considerados o intervalo exato de Clopper-Pearson mostrou melhor desempenho que o intervalo padrão.

Quanto a amplitude é possível observar pela Figura 2 conforme consideramos amostras maiores todos os intervalos apresentam menor amplitude média para todos os valores de  $p$  no espaço paramétrico  $[0, 1]$ , sendo que de forma geral, os intervalos de credibilidade usual e HPD, ambos com priori uniforme, foram os que apresentaram melhor desempenho.

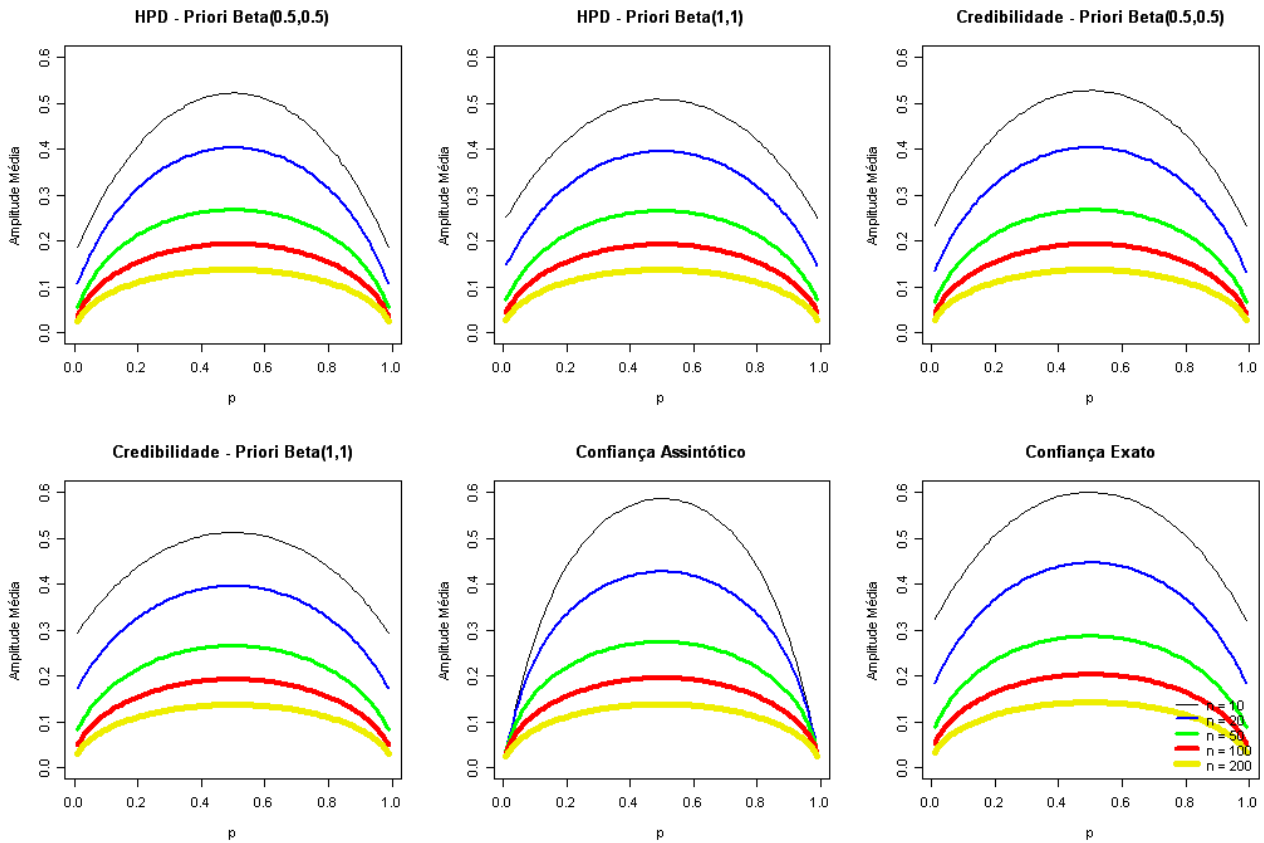


Figure 2: Amplitude Média - por método

## 4 Aplicação: Teste Diagnóstico

Para estimar a *sensibilidade* (S) e a *especificidade* (E) de um teste e *prevalência* (p) de certa doença, considere os dados hipotéticos sobre um teste diagnóstico na presença de padrão ouro apresentados na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1.** Exemplo numérico

Doente			
Teste	Sim	Não	Total
+	5	9	14
-	2	15	17
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>31</b>

$\hat{p} = 0,23$ ,  $\hat{S} = 0,71$  e  $\hat{E} = 0,63$

Aplicando todos os métodos discutidos a este exemplo, obtemos as estimativas intervalares apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Estimativas Intervalares para Prevalência, Sensibilidade e Especificidade

	p (x = 7, n = 31)				S (x = 5, n = 7)				E (x = 15, n = 24)			
	Amplitude Estimada				Amplitude Estimada				Amplitude Estimada			
	0,2944				0,6693				0,3874			
	LI	LS	A	DIF	LI	LS	A	DIF	LI	LS	A	DIF
<b>HPD_J</b>	0,097	0,381	0,284	<b>-0,010</b>	0,392	0,958	0,566	-0,103	0,431	0,803	0,372	-0,016
<b>HPD_U</b>	0,107	0,387	0,280	<b>-0,014</b>	0,380	0,935	0,555	<b>-0,114</b>	0,433	0,793	0,360	<b>-0,027</b>
<b>Cred_J</b>	0,107	0,393	0,286	-0,009	0,352	0,935	0,583	-0,086	0,426	0,796	0,369	-0,018
<b>Cred_U</b>	0,115	0,400	0,285	-0,009	0,349	0,915	0,566	<b>-0,104</b>	0,425	0,789	0,364	<b>-0,024</b>
<b>Padrão</b>	0,079	0,373	0,294	0,000	0,380	1,049	0,669	0,000	0,431	0,819	0,387	0,000
<b>Exato</b>	0,096	0,411	0,315	0,021	0,290	0,963	0,673	0,004	0,406	0,812	0,406	0,019



Observa-se que a ordenação dos métodos segundo a amplitude para este exemplo é muito similar àquela observada via simulação para as combinações das respectivas regiões de  $p$ ,  $S$  e  $E$  e tamanhos amostrais observados.

## 5 Conclusão

A inferência Bayesiana e Frequentista sobreviveram ao século 20 e certamente terão muito a contribuir no século 21 apesar de suas virtudes e defeitos. Uma reconciliação do ponto de vista filosófico é praticamente impossível mas do ponto de vista metodológico várias sugestões foram discutidas neste artigo com base em artigos importantes da literatura. A IBO baseada no princípio bayesiano/frequentista (Bayarri and Berger, 2004) no sentido de validar o modelo e a qualidade da metodologia proposta seria o caminho a seguir neste século.

## References

- Agresti, A. and Coull, B. (1998) Approximate is better than exact for interval estimation of binomial proportion. *The American Statistician*, **52**, 119–126.
- Akaike, H. (1977) An objective use of bayesian models. *Annals Institute Statistical Mathematics*, **29**, 9–20.
- Bayarri, M. and Berger, J. (2004) The interplay between bayesian and frequentist analysis. *Statistical Science*, **19**, 58–80.
- Berger, J. (2006) The case for objective bayesian analysis. *Bayesian Analysis*, **1**, 385–402.
- Brown, L.D.; Cai, T. and DasGupta, A. (2001) Interval estimation for binomial proportion. *The American Statistician*, **16**, 101–133.
- C.J., C. and Pearson, E. (1934) The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. *Biometrika*, **26**, 404–413.
- Draper, D. (2002) Certain of uncertainty. *UC Santa Cruz Review*, 19–20.
- Efron, B. (1998) R.a. fisher in the 21st century. *Statistical Science*, **13**, 95–122.
- Lindley, D. (1974) The future of statistics- a bayesian 21st century. *In Proceedings of the Conference on Directions for Mathematical, Univ. College London Statistics*.
- Little, R. (2006) Calibrated bayes: A bayes/frequentist roadmap. *The American Statistician*, **60**, 213–222.

---

Convidamos a todos vocês a tornarem-se membros do ISBrA. O procedimento é simples, basta fazer o pagamento da anuidade do ISBA (<http://www.bayesian.org>) e depois enviar o comprovante de pagamento para [isbra@dme.ufrj.br](mailto:isbra@dme.ufrj.br).

---

**Diretoria do ISBrA:**

PRESIDENTE: *Alexandra M. Schmidt* (IM – UFRJ)

SECRETÁRIO: *Dani Gamerman* (IM – UFRJ)

TESOUREIRO: *Marina S. Paez* (IM – UFRJ)

e-mail: [isbra@dme.ufrj.br](mailto:isbra@dme.ufrj.br)

---