

O Projeto PAU-BRASIL:

Um White Paper para a CEA

Renato Dupke¹, Laerte Sodré Jr.², Jailson Alcaniz¹, Cláudia Mendes de Oliveira², Raul Abramo³, Ioav Waga⁶, Keith Taylor⁴, Marcelo Rebouças⁵, Daniela Lazzaro¹, Bruno Castilho⁴, Simone Daflon¹, Cláudio Bastos¹, Jorge Carvano¹, Francisco Jablonski⁷, Roberto Cid Fernandes⁸, Eduardo Cypriano², Eduardo Telles¹, João Steiner²

Resumo - Descrevemos aqui uma proposta de colaboração internacional Brasil-Espanha para levar a cabo a Javalambre Physics of the Accelerating Universe Astrophysical Survey (J-PAS), que envolverá a construção de dois telescópios robóticos no Pico de Buitre, Sierra de Javalambre, Teruel, a 1957 metros de altura, uma das regiões mais escuras da Europa. O telescópio principal com 2.5 metros de diâmetro (T250), completamente dedicado ao projeto terá uma câmera (construída/gerenciada pelo Brasil) com um sistema inédito de mais de 40 filtros de banda estreita. Esse sistema vai fornecer espectroscopia de baixa resolução de todos os objetos observados no levantamento (“survey”). Isso torna esse projeto o mais competitivo para estudos cosmológicos dessa década (atingindo precisão melhor que 5% na equação de estado da energia escura) e também provê uma imensa quantidade de informação sobre TODOS os objetos astronômicos, de asteróides à galáxias. Essa característica beneficia praticamente todas as áreas da astronomia brasileira e torna a colaboração J-PAS um excelente investimento em termos de ciência por real investido, especialmente quando se considera que: 1) a participação no uso dos telescópios é garantida por pelo menos 7 anos, 2) a liberação dos dados será feita em etapas com prioridade para os países participantes, 3) Não haverá custos de manutenção do telescópio para o Brasil e 4) conhecimento (“know-how”) tecnológico será transferido para institutos e universidades nacionais, aumentando a autonomia brasileira para futuros projetos.

1-Observatório Nacional

2-Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP

3-Instituto de Física – USP

4-Laboratório Nacional de Astrofísica

5- Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

6- Instituto de Física – UFRJ

7-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

8- Departamento de Física – UFSC

- 1) Introdução** - Uma das maiores descobertas científicas nas últimas duas décadas é que a expansão Universo está acelerando. Essa aceleração cósmica sugere a existência de uma nova componente de energia que permearia o Universo, com propriedades físicas exóticas, ou que a gravitação de Einstein deve ser modificada em grandes escalas. No que segue denominaremos de “energia escura” (EE) qualquer explicação para a aceleração cósmica. A EE é dominante no Universo atual (~75%), ultrapassando a matéria bariônica (~5%), radiação e matéria escura (~20%). Seja qual for a interpretação final da origem da aceleração cósmica, sua descoberta levará a conhecimentos fundamentais da natureza da gravitação, das partículas fundamentais, e do Universo como um todo.

A importância da compreensão da natureza da energia escura pode ser exemplificada pela recomendação número 1 proposta ao governo dos Estados Unidos pelo Dark Energy Task Force (DETF) : “...*Nós recomendamos fortemente que se estabeleça um programa agressivo para explorar a energia escura o máximo possível, já que ela desafia nossa compreensão das leis fundamentais da física e da natureza do cosmos...*” (Albrecht et al. 2006). A primeira das 25

“Grandes Perguntas” dos próximos 25 anos listadas na revista Science, consideradas de maior impacto científico, é a natureza da EE (Seife 2005).

Há uma variedade de métodos astronômicos, independentes, que permitem explorar as propriedades da EE, por exemplo (para mais detalhes sobre os métodos listados abaixo ver o White Paper “A Energia Escura e os Desafios da Cosmologia Observacional na Próxima Década” de Raul Abramo et al.): 1) O estudo de Supernovas Tipo Ia a grandes distâncias mostra que elas são sensíveis a EE através dos efeitos na relação distância de luminosidade (luminosity distance) versus redshift (e.g. Riess et al. 1998; Perlmutter et al. 1999). 2) A função de massa dos aglomerados de galáxias (número por volume por massa por redshift) é afetada pela EE pela variação do volume co-móvel com o redshift e também pela sua influência no fator de crescimento (growth factor) (e.g. Bahcall, N. et al. 1999), 3) Mais recentemente, foi descoberto que a fração de massa bariônica medida em aglomerados de galáxias, também indica a presença da EE e permite sua caracterização, (e.g. Allen et al. 2003; 2008), 4) Distorções (cisalhamento) das imagens de galáxias distantes pelo efeito de lente gravitacional fraco (weak lensing) dependem do fator crescimento das flutuações de densidade e da taxa de evolução do Universo (e.g. Hu et al. 2002), sendo também afetados pela presença da EE.

Além dos testes citados acima, um dos métodos mais promissores de se determinar as características da EE é o de oscilações acústicas de bárions ou BAOs (Baryon Acoustic Oscillations). Antes do Universo esfriar o suficiente para a recombinação, ondas sonoras geradas pelas flutuações aleatórias de densidade propagavam-se no plasma primordial com velocidade $c_s \sim c/3^{1/2}$. Na recombinação os fótons desacoplam da matéria e as ondas de pressão desaparecem. Esse padrão das perturbações iniciais ficou impresso na distribuição da matéria e manifesta-se como um excesso de estrutura numa região caracterizada pela dimensão do horizonte acústico r_s (distância percorrida pela onda sonora até a época de recombinação). Usando o espectro de potência da CMB, a escala co-móvel das BAOs é acuradamente determinada (~ 150 Mpc), e constitui uma excelente régua-padrão (Spergel et al. 2006).

A escala das BAOs pode ser observada na função de correlação de galáxias tanto transversalmente (proporcional à distância de diâmetro angular, $d_A(z)$) como também radialmente (inversamente proporcional ao parâmetro de Hubble, $H(z)$). A determinação direta de $H(z)$ distingue o método das BAOs dos outros métodos acima mencionados. Além disso, como erros sistemáticos afetam diferentemente as componentes transversal e radial, a auto-consistência da análise das duas componentes oferece um teste único e crucial. O método de determinar as características físicas (equação de estado) da EE pelas BAOs é o mais promissor e o que tem as menores incertezas sistemáticas conforme concluído pelo DETF e também pelo European ESA-ESO Working Group on Fundamental Cosmology (Peacock et al. 2006). As medidas de BAOs transversal foram detectadas através da função de correlação com dados do SDSS (Eisenstein, et al. 2005). A necessidade de precisão em redshift de galáxias para medição da componente radial das BAOs é fundamental. Um erro em redshift de $\sim 0.003(1+z)$ para detectar as BAOs em 3D é o mais adequado, estando próximo às flutuações devido às velocidades peculiares coerentes e aleatórias. Atingir essa precisão tem sido um dos desafios técnicos com “surveys” fotométricas de banda larga e estão sendo discutido intensamente (Benitez et al. 2009). O projeto PAU (Physics of the Accelerating Universe) resolve esse problema da maneira mais eficiente conforme descrevemos abaixo.

2) **O Projeto PAU** - O projeto PAU, também conhecido como J-PAS (Javalambre PAU Astrophysical Survey), é um levantamento de 8000 graus quadrados no céu, cobrindo uma faixa de redshift de $0.1 < z < 0.9$ (compreendendo um volume de 9 Gpc^3). Mais de 14 milhões de galáxias vermelhas com uma precisão de redshift fotométrico de $\sim 0.003(1+z)$ e mais de 100 milhões de galáxias com precisão de redshift fotométrico de $\sim 0.03(1+z)$ serão observadas. Essa precisão em redshift torna possível a medição de BAOs radial com perda mínima de informação. Isso levará a uma precisão de 5% na determinação do parâmetro da equação de estado da energia escura, $w = P/\rho$, permitindo a análise da sua dependência temporal. Esse “survey”, originalmente espanhol (com a colaboração brasileira proposta), será realizado no Pico de Buitre, Sierra de Javalambre, Teruel, a 1957 metros de altura, uma das regiões mais escuras da Europa, com “seeing” de 0.68 segundos de arco, em um telescópio de 2.5 metros de diâmetro, construído e completamente dedicado ao projeto PAU (um outro telescópio menor, também robótico, de 80cm (T80) será também construído no mesmo local, com o objetivo de calibração e teste/desenvolvimento de software, com fundos do governo espanhol).

O telescópio principal (T250) será construído pela província de Aragon e inaugurará o Javalambre Astrophysical Observatory. A verba para o telescópio (ao redor de 14 milhões de Euros, já foi aprovada, e a fase de licitação foi aberta em 2 de Outubro de 2009 ano (http://servicios.aragon.es/pcon/pconpublic/controlAdjudicacionPublico?accion=ACCION_SELECCIONAR_ADJUDICACION_PUBLICO&iddatoadjudicacion=62865). O parâmetro principal que mostra a capacidade de um telescópio para “surveys” é chamado de “Etendue” (ou o produto da abertura em m^2 pelo campo de visão (FoV) em graus²), que é de ~ 26.71 para o T250, maior que os 4 telescópios do Pann-STARSS juntos e 3 vezes maior que o do CFHT, por exemplo. O telescópio será 100% dedicado ao projeto, será robótico, com abertura efetiva de 2.5m, campo de visão (FoV) de 3° de diâmetro, escala de $22.67/\text{mm}$ com “throughput” e qualidade de imagem homogênea ao longo do FoV.

Para cobrir a área planejada dentro do tempo previsto com a precisão necessária em redshift para medir o BAO radial, vai se construir uma câmera com um campo de visão de aproximadamente 6 graus quadrados com um sistema de 14 CCDs de $10.5\text{k} \times 10.5\text{k}$ píxeis, $9\mu\text{m}/\text{píxel}$ e com 42-45 filtros de 100 \AA de largura cada um, cobrindo uma banda de comprimentos de onda de aproximadamente 3500 \AA a 8500 \AA . Esse sistema de multi-filtros é único entre os grandes projetos óticos atuais (o precedente imediato é o projeto ALHAMBRA com 20 filtros entre 3500 \AA a 9700 \AA levado a cabo pelos Investigadores Principais espanhóis do projeto PAU (Moles et al. 2008). Esse grande número de filtros é o elemento principal que mantém o J-PAS, potencialmente, como o melhor “survey” no futuro próximo. Mesmo que outros “surveys”, como o BOSS e o LSST, sejam comparáveis ou superiores em termos de “Etendue”, essa estratégia de observação inovadora ainda é imbatível com respeito ao conteúdo de informação e homogeneidade. Benitez et al. (2009) demonstraram que o uso de um sistemas de muitos filtros é substancialmente superior em precisão de redshift com pouca perda em profundidade de observação. Por exemplo, é esperada uma melhora significativa de precisão em redshift, por um fator de 2 com 15 filtros e por um fator de ~ 4 para ~ 35 filtros. Isso permite ultrapassar as limitações relacionadas às degenerências cor-redshift em um sistema com poucos filtros (mesmo com sinal/ruído relativamente alto), como nos usados no Dark Energy Survey (DES), PanStarrs ou no futuro Large Synoptic Survey Telescope (LSST). Com magnitude limite

$m_{AB} \leq 23.5$, o J-PAS espera cobrir os dois lados do “break” de 4000 Å no espectro das galáxias, com filtros suficientes até $z \sim 1$ (Figura 8 of Benitez et al. 2009).

O J-PAS é previsto iniciar em 2012 (2 anos de preparação da câmera e telescópio) e deverá durar 4 anos para ser completado. O J-PAS, além de prover medições auto-consistentes das BAOs (transversal e radial), vai atingir uma precisão superior à todos os outros levantamentos que estão sendo implementados atualmente e no futuro próximo (Figura 1).

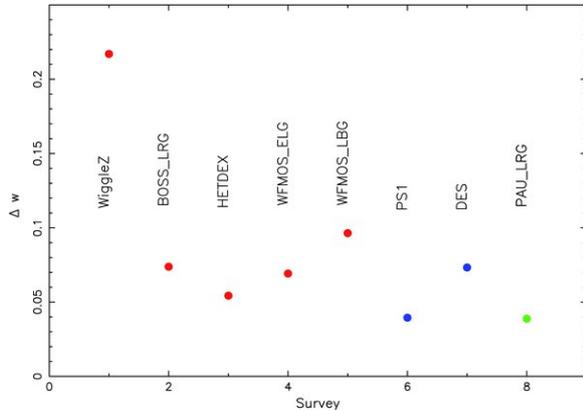


Figura 1–

Δw – erro fracional no parâmetro da equação de estado da energia escura. **Wiggle-Z** – Anglo-Australian Telescope, **BOSS** – Baryon Oscillation Sky Survey (SDSS), **HETDEX** – Hobby Eberly Telescope Sky Survey, **WFOS** – Wide-Field Multi-Object Spectrograph (Subaru), **PS1** – Pan-STARRS 1 – Panoramic Survey and Rapid Response System, **DES** – Dark Energy Survey (Blanco Telescope). *Note que o DES e o PS1 não medem a componente radial do BAO.*

Além da medição das BAOs, o projeto PAU vai prover informações cosmológicas fundamentais através de outros métodos:

Estruturas em Larga Escala no Universo: A acurácia das medições dos redshifts será suficientemente boa para identificar estruturas em larga escala, como muros (“walls”) e vazios (“voids”) cósmicos ao longo da linha de visada. A comparação de tais medidas com simulações oferecem um teste independente da história do crescimento do campo de velocidades peculiares, onde estão embutidas informações cosmológicas sobre a EE (e potencialmente teorias de gravitação alternativas) que são complementares às BAOs. A decomposição da função de correlação nas direções radial e transversal também contribuirá para a determinação do parâmetro de viés (“bias”) b , de σ_8 e da amplitude do espectro de potência $P(k)$ como função do redshift (até $z=1$), o que nos permitirá determinar o crescimento de estruturas em larga escala no Universo. O projeto PAU vai ajudar também no estudo cosmológico através de medidas de cisalhamento devido ao efeito de lentes gravitacionais fracas. Apesar de não ser otimizado para medir elipticidade de galáxias, os redshifts precisos das galáxias obtidos pelo J-PAS poderão ser combinados com os resultados de elipticidade das galáxias obtidos por outros surveys especificamente projetados para este fim.

Aglomerados de Galáxias: Aglomerados de galáxias são as maiores estruturas colapsadas no Universo. Como tal eles estão no topo da distribuição da formação de estruturas. O número de aglomerados de galáxias como função das suas massas é exponencialmente sensível ao campo de densidades, ao crescimento deste, e ao elemento de volume (como função de z), e, logo, serve como um dos determinadores dos parâmetros cosmológicos complementares às BAOs. O projeto PAU vai permitir detecção e seleção ótica de aglomerados, baseada na combinação de cores fotométricas e boa precisão de redshift de todas as galáxias ao redor de cada aglomerado, ajudando a resolver problemas de contaminação de galáxias não-membro, que frequentemente limitam o uso de “proxies” óticos para determinação de massa (o parâmetro mais importante no uso de aglomerados em cosmologia) para cosmologia. Com observações complementares em raios-X (com XMM-Newton, Suzaku ou Astro-H), ou programas de weak lensing, PAU vai

permitir uma melhora substancial na calibração da massa de aglomerados para uso cosmológico, não só pela contagem de aglomerados mas também por métodos que envolvem a fração bariônica de massa nos aglomerados (e.g. White et al. 1993; Allen et al. 2008).

Benefícios Científicos Indiretos da J-PAS - O aspecto único do projeto PAU advém da grande quantidade de filtros usada. Quarenta e dois filtros estreitos fornecem, efetivamente, espectroscopia de baixa resolução com um $\lambda/\Delta\lambda \sim 60$ de **todos** os objetos observados. Isso significa que, além de obter as mais precisas informações sobre EE entre os projetos atuais e no futuro próximo, a J-PAS vai gerar uma quantidade impressionante de dados que será extremamente valiosa para serem usados por pesquisadores de outras áreas astronômicas. Essa combinação de filtros permitirá medições importantes para o estudo de evolução de galáxias: massas estelares, distribuição de idades estelares, metalicidade, absorção por poeira, e emissão de gás interestelar. A coleta de dados espectro-fotométricos de centenas de milhões de galáxias permitirá estudos extensivos das populações estelares integradas, e suficientemente profunda (galáxias vermelhas brilhantes serão observadas até $z \sim 0.9$) para investigar a evolução das galáxias. Isso permitirá estudos detalhados de taxas de formação estelar, “mergers” de galáxias, e evolução química que ajudarão no estudo dos componentes estelares de galáxias de diferentes tipos como função dos seus ambientes.

O J-PAS também vai aumentar significativamente a sensibilidade das observações astronômicas à poeira intergaláctica e ajudará a caracterizá-la. A extinção de poeira intergaláctica pode ser determinada correlacionando a densidade de galáxias mais próximas (“foreground”) com a superfície de brilho das fontes de fundo e também comparando a extinção em múltiplas cores diferentes. Os redshifts fotométricos obtidos com o J-PAS permitirão uma boa estimativa da coluna de Hidrogênio, que está correlacionada com a extinção.

Os filtros de banda estreita usados pelo J-PAS permitirão uma estimativa mais acurada dos redshifts dos quasares, da transmissão da floresta de Ly α em larga escala, sua flutuação e evolução com redshift. Além disso, J-PAS proverá um mapa de galáxias (com redshifts bem definidos) nas vizinhanças das linhas de visada de todos os quasares observados, o que será extremamente útil para correlacionar sistemas absorvedores (“absorption systems”) com as galáxias observadas na linha de visada, o que fornecerá informação valiosa sobre a distribuição de gás ao redor das galáxias. As galáxias em formação mais distantes ($z > 2.5$) serão detectadas por fotometria de banda estreita através das “Lyman break” espectrais.

Escolhendo os filtros apropriadamente (e.g., H&K linhas do CaII), vários parâmetros de estrelas observadas no “survey” podem ser determinados, como temperaturas efetivas, gravidade de superfície, abundâncias e razões de abundâncias (α/Fe) de elementos pesados. O J-PAS poderá produzir o maior número de medições de metalicidade de estrelas no halo Galáctico, caracterizando as populações estelares de vários “streams” (ou braços) que foram originados no halo.

A distribuição de dimensões de asteróides (de diferentes famílias) é uma das medidas mais determinantes das suas formações e histórias evolutivas, mas é também uma das quantidades mais difíceis de serem medidas devido a efeitos de seleção. O uso de cores de asteróides abriu uma nova janela para estudos da origem e evolução das suas famílias (no espaço de parâmetros orbitais). Isso é possível porque diferentes famílias têm distribuições de cores distintas. Essa idéia, levada a cabo recentemente usando os 5 filtros do SDSS “Moving Object Catalog” mostrou

resultados inéditos e promissores na área (Parker et al. 2008; Carvano et al. 2009 A&A in press). O sistema de 42 filtros da câmera planejada para o projeto PAU permitirá ampliar esse estudo enormemente, basicamente obtendo espectros inteiros de cada asteroide, levando a exploração dessa nova janela científica a um novo patamar.

Finalmente, J-PAS será extremamente importante para descobertas novas. Nós obteremos informação espectral de cada um dos 10^9 píxeis da survey, que nos permitirá levar a cabo buscas de componentes difusos, com baixo sinal/ruído ou novos objetos raros. Por exemplo, objetos que produzem “bursts” (emissões variáveis violentas) emitindo a maior parte da radiação em linhas de emissão serão facilmente descobertos pelo projeto.

3) A Participação Brasileira - O projeto PAU foi aprovado pelo governo Espanhol, e foi aberto para participação brasileira (PAU-BRASIL), através dos esforços iniciais de pesquisadores do Observatório Nacional e do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (IAG), condicionado ao levantamento de recursos financeiros em tempo viável. Outros pesquisadores nacionais se interessaram em fazer parte do projeto e atualmente, o grupo brasileiro, de ~17 participantes é composto por pesquisadores que envolvem o ON, IAG, INPE, CBPF, LNA e os Institutos de Física da USP, UFRJ, UFSC, e também pelo gerenciador da câmera Dr. Keith Taylor, que estará sediado no ON durante o projeto. O grupo espanhol é composto também de aproximadamente 15 pessoas, incluindo o Dr. Mariano Moles, diretor do novo Javalambre Astrophysical Observatory, onde será sediado o telescópio dedicado ao projeto, e o Investigador Principal científico Dr. Narciso Benitez.

O custo total do projeto total é estimado em aproximadamente 17,5 milhões de Euros, dos quais o governo espanhol já está financiando 80%. Os outros 20% seriam financiados diretamente ou indiretamente pelo Brasil. A parte fundamental da contribuição brasileira será o gerenciamento e a construção da câmera. Ela envolve quatro estágios (não necessariamente separados cronologicamente), nominalmente, o gerenciamento, a câmera protótipo (aquisição de 1 CCD, “design” e fabricação do Dewar e do controlador), a câmera final (aquisição dos 14 CCD, “design” e fabricação do Dewar e dos controladores) e as estruturas não-criogênicas e mecânicas (fabricação dos filtros, “design” e construção das estruturas eletro-mecânicas). O custo total desses estágios com a conversão atual do Euro para Real é de aproximadamente 7,5 milhões de Reais. Como já negociado com o grupo espanhol da colaboração, havendo financiamento pelo lado brasileiro, todo o gerenciamento e construção serão feitos no Brasil, o que certamente trará novas frentes de desenvolvimento e inovação tecnológica para as empresas nacionais envolvidas.

O grupo brasileiro terá **acesso e participação integral** não só na aquisição e uso dos dados, mas também na **preparação da regulamentação interna, estrutura e desenvolvimento de estratégias de maximização das observações**. Um “Memorandum of Understanding” (MoU) que estabelece a cooperação hispano-brasileira entre as instituições que estão ativamente tentando levantar (ou que já levantaram) algum financiamento (Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA), localizado em Teruel, Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), de Granada, pelo ON e pelo IAG) está em vias de aprovação. O MoU foi discutido pelo grupo do lado brasileiro (com todos os participantes do PAU-BRASIL) e estabelece direta ou indiretamente que, entre outras coisas, (O MoU poderá ser lido na sua íntegra sob pedido a rdupke@on.br) - 1) O Brasil não terá que gastar mais verbas para a manutenção dos telescópios, além do investimento inicial - 2) O Brasil ajudará a montar um plano de uso para “bright time” que seja de comum

interesse para ambas comunidades - 3) O Brasil tomará parte ativa na elaboração de outros “surveys” que serão realizados após o projeto PAU terminar, por 3 anos consecutivos - 4) O uso dos dados será estruturado em grupos de trabalho (SWG ou “Science Working Groups”) com membros das comunidades astronômicas participantes. Colaboradores também terão acesso ao uso de dados através dos SWG e ordem de autores em publicações é meritocrática. O Brasil pode (mas não tem responsabilidade de) gerar o software de redução de dados e “data management”. Apesar de ser extremamente útil de se construir um “mirror” nacional - 5) TODAS as comunidades astronômicas brasileiras, participantes ativas ou não dos SWGs, terão a oportunidade de desfrutar dos dados por pelo menos 6-9 meses antes deles serem liberados para o grande público.

- 4) **Benefícios para a Comunidade Astronômica Brasileira** - Dadas as capacidades superiores do projeto PAU-BRASIL aos levantamentos semelhantes atuais e em planejamento, a comunidade brasileira teria uma via de acesso única para fazer ciência de ponta **não só em cosmologia mas também numa variedade de outras áreas da astrofísica**. Isso gerará o desenvolvimento e fortalecimento de grupos em várias áreas, como natureza e evolução de asteróides, evolução de estrelas na nossa galáxias e em galáxias próximas, estrutura do halo galáctico, evolução de galáxias, aglomerados de galáxias e estruturas em larga escala, entre outras. Isso contribuirá imensamente para as várias linhas de pesquisa envolvendo grande número de estudantes de graduação, pós-graduação trabalhos de tese e artigos fundamentais. Além disso, ao contrário da participação brasileira em outros projetos semelhantes, a **participação do grupo brasileiro no PAU-BRASIL será integral**.

Os benefícios para os pesquisadores brasileiros não será limitada aos participantes dos grupos integrantes iniciais (SWG) e ao seus colaboradores, mas à **comunidade astronômica brasileira inteira**. Isso foi conseguido através da negociação da liberação dos dados ao público, que será feita em fases. Um ano para os participantes e colaboradores dos SWGs, seguidos de 6 a 9 meses, após esse primeiro ano, somente para os países que fazem parte da colaboração, i.e., Brasil e Espanha, e finalmente liberação completa para o público.

Aquisição de “**know-how**” da **fabricação da câmera** e software será extremamente benéfico para a comunidade astronômica e técnica brasileira, que facilitará grandemente o desenvolvimento de (participações em) projetos e instrumentos semelhantes no futuro (por exemplo LSST ou um futuro PAU-BRASIL Sul no hemisfério Sul, projeto encabeçado por Laerte Sodré Jr. em um White Paper paralelo).

Foi negociado o uso prolongado da câmera e telescópio. O período do “survey” é de 4 anos (após o funcionamento inicial), mas **o Brasil fará parte de projetos secundários da câmera e telescópio** por pelo menos mais 3 anos, para projetos de comum acordo com o grupo espanhol.

Também como parte do projeto PAU-Brasil está planejado um sistema de informação a educadores de nível secundário, estudantes de graduação, pesquisadores de outras áreas no estilo de EPO (“Education and Public Outreach”) da NASA (<http://nasascience.nasa.gov/researchers/education-public-outreach>). O projeto PAU-Brasil, por sua natureza vai prover a oportunidade de educar e divulgar uma enorme variedade de áreas da astronomia. Isso será estruturado e mantido pelo ON, com pesquisadores de outros institutos participantes diretos e

indiretos do projeto. Esse tipo de atividade funciona como um portal (na web) de conhecimentos e técnicas de ensino (em português).

Em suma, o projeto PAU-BRASIL é um dos “surveys” planejados mais importantes cientificamente, e o Brasil tem a oportunidade única de participar **ativamente** dela, fortalecendo e estabelecendo o seu peso na comunidade astronômica internacional, com um investimento relativamente pequeno para o retorno científico (e tecnológico/de know-how), i.e., uma alta taxa de ciência/real investido.

Referências

- Albrecht et al. 2006 Report of the Dark Energy Task Force, arxiv.org/abs/astro-ph/0609591
Allen et al. 2003, MNRAS 342, 287;
Allen et al. 2008, MNRAS 383, 879
Bahcall, N. et al. 1999, Science 284, 1481
Benitez et al. 2009, ApJ 691, 241
Carvano et al. 2009 A&A in press
Eisenstein, et al. 2005, ApJ 633, 560
Hu et al. 2002, Phys. Rev. D 66, 83515
Moles et al. 2008, AJ, 136, 1325
Parker et al. 2008, Icarus, 198, 138
Peacock et al. 2006, arXiv:astro-ph/0610906
Perlmutter et al. 1999, ApJ, 517, 565
Riess et al. 1998, AJ 116, 1009;
Seife, C. 2005, Science vol 309, p.75, 78
Spergel et al. 2006, ApJS 148, 175
White et al. 1993, Nature, 366, 429