

Relatório Anual do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Astrofísica (INCT-A) - 2009

Introdução

1 - Retorno dos investimentos no Gemini/SOAR

1a- Produção científica

1b – Recursos humanos

1c – Grupos Emergentes

1d – Instrumentação

2 – Astronomia brasileira na era do LSST e ELTs

3 – Observatório Virtual

4 – Novos Projetos

5 – Educação

ANEXOS

Anexo 1a-i – Lista de papers publicados em revistas indexadas pelos pesquisadores do INCT-A em 2009

Anexo 1a-ii – Lista de publicações de autores brasileiros com os telescópios Gemini/SOAR

Anexo 1b – White Paper dos grupos emergentes

Anexo 1c – Relatório final do SIFS

Anexo 2a– Participação brasileira no LSST

Anexo 2b – Relatório de viagem ao TMT e GMT

Anexo 2c – White paper ELTs

Anexo 3a – White Paper sobre o BRAVO

Anexo 4a – A Brazilian Robotic Telescope

Anexo 4b – Participação brasileira no projeto LLAMA

Anexo 4c – O Projeto PAU-Brasil

Anexo 4d - PAU-Brasil Sul

Anexo 4e – Energia Escura e os desafios da cosmologia observacional na próxima década

Anexo 4f – Astronomia espacial

Anexo 4g – Polarimetria óptica e no infravermelho próximo e a astronomia hoje

Anexo 4h – Uma nova câmara CCD multibanda e rápida com capacidade polarimétrica para o OPD/LNA

Anexo 4i – Buracos negros supermassivos e atividade nuclear em galáxias.

Anexo 4j – Aglomerados de estrelas, remanescentes e associações: perspectivas no Brasil

Anexo 4k – Pequenos corpos do sistema solar

Anexo 4l – Sobre o futuro da Física Solar no Brasil

Anexo 4m – Considerações sobre o futuro da Astronomia Brasileira

Anexo 4n – Formação de estrelas e planetas

Anexo 5a– Educação no INCTA

Anexo 5b – Ensino de Astronomia na graduação

Introdução

Esse é o primeiro relatório científico do Instituto nacional de Astrofísica – INCT-A. A atividade do INCT-A iniciou em Maio de 2009, após a liberação dos primeiros recursos. Logo após tivemos a reunião da Assembléia Geral da IAU no Rio de Janeiro o que exigiu a concentração muito grande de esforços das principais lideranças. Por isso as atividades iniciaram, de fato no segundo semestre e serão aceleradas no primeiro semestre de 2010.

Ainda em Maio de 2009 o Conselho Científico do INCT-A decidiu adotar como método de planejamento, a confecção de “White Papers” para as distintas atividades em que está envolvido. Dois meses após, o MCT formou uma Comissão Especial de Astronomia – CEA. Essa Comissão também deliberou por produzir “White Papers” (WP); dessa forma a iniciativa do INCT-A dos WP se fundiu com as da CEA e um número significativo de WP foi produzido. Esse é o passo inicial de planejamento do INCT-A e os WP com forte participação dos membros do INCT-A estão reproduzidos nos anexos e compõem a essência desse relatório. Tanto esse relatório quanto os outros documentos estão disponíveis para o público no site do INCT-A:

www.astro.iag.usp.br/incta

A seguir apresentaremos resultados, por item, dos nossos 5 objetivos estratégicos.

1 – Retorno dos investimentos feitos nos telescópios Gemini e SOAR

1a- Produção científica

No ano de 2009, os 144 pesquisadores do INCT de Astrofísica publicaram 148 papers (ver lista no anexo 1a - i). Desses, 83% foram publicados em revistas classificadas como Qualis A pela CAPES, assim distribuídos:

Distribuição dos artigos publicados pelos pesquisadores do INCT de Astrofísica em 2009, por revista

Revista	Qualis	Nr de papers	%
A&A	A2	34	23
MNRAS	A2	35	23
ApJ	A1	27	18
PhRvD	A2	10	7
AJ	A2	10	7
PhRvL	A1	1	1
AstL	s/c	1	1
CoPhC		1	1
JCAP	A1	5	3
PhLB	A2	3	2
Içar	B1	2	1
GReGr	B2	1	1
AdSpR	s/c	4	3
APh	B3	1	1

P&SS	s/c	1	1
CeMDA	B4	1	1
ApSS	B4	4	3
RMxAA	B1	1	1
New Astron	B2	2	1
IJMPA	B3	3	2
PASJ	B1	1	1
PASA	s/c	2	2
Ast L		1	1
PhRvL	A1	1	1
CoPhC		1	1

83% Qualis A
 11% Qualis B
 6% Outros

É bem verdade que essa produção científica expressiva teria ocorrido sem a existência do INCT. Por outro lado isso mostra que o grupo de pesquisadores ligados ao INCT tem uma grande capacidade de produção científica e que um planejamento estratégico para essa área faz todo o sentido.

A participação do Brasil nos telescópios Gemini e SOAR já mostraram retorno significativo. No Gemini, a participação brasileira em publicações arbitradas já é de aproximadamente 10% e é crescente. No ano de 2009, autores brasileiros participaram de 13% dos papers e em 9% foram os primeiros autores. Ao todo 69 autores brasileiros já assinaram papers com dados do Gemini.

No SOAR a produção científica é, ainda incipiente. Esse telescópio iniciou sua operação 5 anos após o Gemini. Mesmo assim, podemos dizer que o Brasil é responsável por 54% dos trabalhos publicados até hoje, tendo usado apenas 30% do tempo.

1b/c – Recursos humanos e Grupos Emergentes

Em termos de formação de recursos humanos, O INCTA alocou as primeira bolsas de pós-graduação para mestrado, restrito apenas a grupos emergentes. Além disso os grupos emergentes produziram um “White Paper” propondo uma estratégia de ação (Anexo 1b). Uma coleção de livros de Astrofísica, em Português, foi adquirida pelo INCTA e distribuída para todos os grupos emergentes.

1d – Instrumentação

O SOAR já viabilizou a implantação de um programa de instrumentação de classe mundial. Em dezembro/2009 foi enviado (com apoio financeiro do INCT-A) o SIFS (SOAR Integral Field Spectrograph ver Anexo 1d) para o Chile. Esse espectrógrafo já está instalado no telescópio e inicia a fase de comissionamento (ver anexo do item 1d). O espectrógrafo, que custou US\$ 1 420 000,00, teve financiamento da FAPESP (79%), do LNA (15%) e do CNPq/Milênio (6%). A participação do INCTA foi de pequenos complementos e transporte.

A maior parte dos recursos da FAPESP gastos nesse período foram com o BTFi (Brazilian Tunable Filter imager). Esse projeto, coordenado pela Profa Cláudia

Mendes de Oliveira, tem um orçamento de 1 milhão de dólares e está sendo financiado diretamente pela FAPESP (53%), indiretamente através do INCTA (29%) e pelo LNA (13%). O instrumento encontra-se em fase final de integração nas instalações do IAG.

2 – O Brasil na era do LSST e dos ELTs

As discussões sobre os ELT (Extremely Large Telescopes) tem tomado boa parte dos esforços do INCTA. Diversos contatos e reuniões foram realizados entre o sub-grupo especialmente encarregado e os diversos projetos. Os anexos 2a, 2b e 2c descrevem essas atividades.

3 – Observatórios Virtuais

Foi indicado um sub-grupo que é responsável pela elaboração de um “White Paper” (ver Anexo 3a). Três pesquisadores participaram de eventos internacionais do IVOA, International Virtual Observatory Alliance. Os respectivos relatórios de viagem podem ser encontrados no *site* do INCTA. Por ação do INCTA, o Brasil tornou-se membro do IVOA.

4 – Novos projetos

Com relação a esse item, um número bastante grande de “White Papers” foram produzidos (ver a listagens dos anexos 4). O INCT, juntamente com o INESPAÇO promoveu um workshop nacional sobre as perspectivas da astronomia espacial no Brasil.

Quanto aos projetos, eles podem ser classificados entre instrumentais e puramente científicos. Eles mapeam a demanda da astronomia brasileira com bastante detalhe.

5 - Educação

Foi formado um grupo de Educação do INCTA, com o objetivo de estruturar um curso de Astronomia para professores de ciências do primeiro e segundo graus para todo o Brasil. Esse grupo também selecionou um livro para ser traduzido para o Português e servir como livro de referência para o curso: “Voyages through the Universe” de Franknoi, Morrison e Wolff. Contatos foram feitos com os autores, sua editora e possíveis editoras no Brasil interessadas em publicá-lo.

Várias visitas de estudos foram feitas no sentido de entender a demanda e propor parcerias. Entre essas visitas estiveram as Secretarias de Educação do Estado de São Paulo e de Minas Gerais.

Anexo 1a-i

Artigos publicados pelos pesquisadores do INCT de Astrofísica
em 2009

1. Abdalla, Elcio; Abramo, L. Raul; Sodré, Laerte; Wang, Bin
Signature of the interaction between dark energy and dark matter in galaxy clusters [2009PhLB..673..107A](#)
2. Abramo, L. R.; Batista, R. C.; Liberato, L.; Rosenfeld, R.
Physical approximations for the nonlinear evolution of perturbations in inhomogeneous dark energy scenarios [2009PhRvD..79b3516A](#)
3. Abramo, L. R.; Batista, R. C.; Rosenfeld, R.
The signature of dark energy perturbations in galaxy cluster surveys [2009JCAP...07..040A](#)
4. Abramo, L. Raul; Bernui, Armando; Pereira, Thiago S.
Searching for planar signatures in WMAP [2009JCAP...12..013A](#)
5. Althaus, L. G.; Panei, J. A.; Miller Bertolami, M. M.; García-Berro, E.; Córdico, A. H.; Romero, A. D.; Kepler, S. O.; Rohrmann, R. D.
New Evolutionary Sequences for Hot H-Deficient White Dwarfs on the Basis of a Full Account of Progenitor Evolution [2009ApJ...704.1605A](#)
6. Alves-Brito, Alan; Forbes, Duncan A.; Mendel, Jon T.; Hau, George K. T.; Murphy, Michael T.
The outer halo globular clusters of M31 [2009MNRAS.395L..34A](#)
7. Amôres, E. B.; Lépine, J. R. D.; Mishurov, Yu. N.
The corotation gap in the Galactic HI distribution [2009MNRAS.400.1768A](#)
8. Balbinot, E.; Santiago, B. X.; Bica, E.; Bonatto, C.
The globular cluster NGC 6642: evidence for a depleted mass function in a very old cluster [2009MNRAS.396.1596B](#)
9. Barbosa, F. K. B.; Storchi-Bergmann, T.; Cid Fernandes, R.; Winge, C.; Schmitt, H. - Gemini/GMOS IFU gas velocity 'tomography' of the narrow line region of nearby active galaxies [2009MNRAS.396....2B](#)
10. Barbuy, B.; Cayrel, R.
Chemical composition and kinematics of Galactic disk stars. Commentary on: Edvardsson B., Andersen J., Gustafsson B., et al., 1993, A&A, 275, 101 [2009A&A...500..443B](#)
11. Barbuy, B.; Zoccali, M.; Ortolani, S.; Hill, V.; Minniti, D.; Bica, E.; Renzini, A.; Gómez, A. - VLT-FLAMES analysis of 8 giants in the bulge metal-poor globular cluster NGC 6522: oldest cluster in the Galaxy?. Analysis of 8 giants in NGC 6522 [2009A&A...507..405B](#)

12. Bonatto, C.; Bica, E. - Investigating the age and structure of the infrared old open clusters LK1, LK10, FSR1521 and FSR1555 [2009MNRAS.392..483B](#)
13. Bonatto, C.; Bica, E. - Probing the age and structure of the nearby very young open clusters NGC2244 and 2239 [2009MNRAS.394.2127B](#)
14. Bonatto, C.; Bica, E. - The nature of the young and low-mass open clusters Pismis5, vdB80, NGC1931 and BDSB96 [2009MNRAS.397.1915B](#)
15. Bonatto, C.; Bica, E.; Ortolani, S.; Barbuy, B.
Further probing the nature of FSR1767 [2009MNRAS.397.1032B](#)
16. Bonifacio, P.; Spite, M.; Cayrel, R.; Hill, V.; Spite, F.; François, P.; Plez, B.; Ludwig, H.-G.; Caffau, E.; Molaro, P.; **and 6 coauthors**
First stars XII. Abundances in extremely metal-poor turnoff stars, and comparison with the giants [2009A&A...501..519B](#)
17. Bonnefoy, M.; Chauvin, G.; Dumas, C.; Lagrange, A.-M.; Beust, H.; Desort, M.; Teixeira, R.; Ducourant, C.; Beuzit, J.-L.; Song, I.
The young, tight, and low-mass binary TWA22AB: a new calibrator for evolutionary models?. Orbit, spectral types, and temperature
[2009A&A...506..799B](#)
18. Bordalo, Vinicius; Plana, Henri; Telles, Eduardo
The Internal Kinematics of the H II Galaxy II Zw 40 [2009ApJ...696.1668B](#)
19. Burkhart, Blakesley; Falceta-Gonçalves, D.; Kowal, G.; Lazarian, A.
Density Studies of MHD Interstellar Turbulence: Statistical Moments, Correlations and Bispectrum [2009ApJ...693..250B](#)
20. Camargo, D.; Bonatto, C.; Bica, E. - Astrophysical parameters of 14 open clusters projected close to the Galactic plane [2009A&A...508..211C](#)
21. Caproni, A.; Monteiro, H.; Abraham, Z.
Cross-entropy optimizer: a new tool to study precession in astrophysical jets
[2009MNRAS.399.1415C](#)
22. Carciofi, A. C.; Okazaki, A. T.; Le Bouquin, J.-B.; Štefl, S.; Rivinius, Th.; Baade, D.; Bjorkman, J. E.; Hummel, C. A.
Cyclic variability of the circumstellar disk of the Be star ζ Tauri. II. Testing the 2D global disk oscillation model [2009A&A...504..915C](#)
23. Carruba, V. - An analysis of the region of the Phocaea dynamical family
[2009MNRAS.398.1512C](#)
24. Carruba, V. - The (not so) peculiar case of the Padua family
[2009MNRAS.395..358C](#)
25. Carruba, V.; Michtchenko, T. A.
A frequency approach to identifying asteroid families. II. Families interacting

- with nonlinear secular resonances and low-order mean-motion resonances
[2009A&A...493..267C](#)
26. Castanheira, B. G.; Kepler, S. O.
Seismological studies of ZZ Ceti stars - II. Application to the ZZ Ceti class
[2009MNRAS.396.1709C](#)
 27. Chiappini, C.; Górny, S. K.; Stasińska, G.; Barbuy, B.
Abundances in the Galactic bulge: results from planetary nebulae and giant stars
[2009A&A...494..591C](#)
 28. Clark, Beth Ellen; Ockert-Bell, Maureen E.; Cloutis, Ed A.; Nesvorný, David;
Mothé-Diniz, Thais; Bus, Schelte J.
Spectroscopy of K-complex asteroids: Parent bodies of carbonaceous
meteorites? [2009Icar..202..119C](#)
 29. Coelho, P.; Mendes de Oliveira, C.; Cid Fernandes, R.
An analysis of the composite stellar population in M32 [2009MNRAS.396..624C](#)
 30. Córscico, A. H.; Althaus, L. G.; Miller Bertolami, M. M.; González Pérez, J. M.;
Kepler, S. O. - On the Possible Existence of Short-Period g-Mode Instabilities
Powered by Nuclear-Burning Shells in Post-Asymptotic Giant Branch H-
Deficient (PG1159-Type) Stars [2009ApJ...701.1008C](#)
 31. Costa, J. E. R.; Rodrigues, C. V. - Stokes imaging of AM Her systems using 3D
inhomogeneous models - I. Description of the code and an application to V834
Cen [2009MNRAS.398..240C](#)
 32. Cruz, M. A.; Rossi, S.; Beers, T. C.
Searching for s-Process-Enhanced Metal-Poor Stars [2009PASA...26..335C](#)
 33. Cunha, J. V. - Kinematic constraints to the transition redshift from supernovae
type Ia union data [2009PhRvD..79d7301C](#)
 34. de Almeida, A. A.; Boczko, R.; Sanzovo, G. C.; Trevisan Sanzovo, D.
Analysis of total visual and CCD V-broadband observations of Comet C/1995
O1 (Hale-Bopp): 1995-2001 [2009AdSpR..44..335D](#)
 35. de Almeida, A. A.; Trevisan Sanzovo, D.; Sanzovo, G. C.; Boczko, R.;
Miguel Torres, R. - Comparative study of productivity of the Rosetta target
Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko [2009AdSpR..43.1993D](#)
 36. de Araujo, José Carlos N.; Marranghello, Guilherme F.
Gravitational wave background from neutron star phase transition
[2009GReGr..41.1389D](#)
 37. de Moraes, Rodolpho Vilhena; Cabette, Regina Elaine Santos;
Zanardi, Maria Cecília; Stuchi, Teresinha J.; Formiga, Jorge Kennety
Attitude stability of artificial satellites subject to gravity gradient torque

- [2009CeMDA.104..337D](#)
38. Dias, Alex G.; Lugones, G.
Probing light pseudoscalar particles using synchrotron light
[2009PhLB..673..101D](#)
 39. Diaz, M. P.; Cieslinski, D.
Multiline Doppler Imaging of MR Ser in High State [2009AJ....137..296D](#)
 40. Duffard, R.; Roig, F.
Two new V-type asteroids in the outer Main Belt? [2009P&SS...57..229D](#)
 41. Evans, R. M.; Opher, M.; Jatenco-Pereira, V.; Gombosi, T. I.
Surface Alfvén Wave Damping in a Three-Dimensional Simulation of the Solar Wind [2009ApJ...703..179E](#)
 42. Fabris, Julio C.; Shapiro, Ilya L.; Sobreira, Flávia
DM particles: how warm they can be? [2009JCAP...02..001F](#)
 43. Falceta-Gonçalves, D.; Abraham, Z.
Constraining the orbital orientation of η Carinae from H Paschen lines
[2009MNRAS.399.1441F](#)
 44. Faúndez-Abans, M.; Fernandes, I. F.; de Oliveira-Abans, M.; Poppe, P. C. R.;
Martin, V. A. F.
The ring galaxy HRG 54 103: a first study [2009A&A...507.1303F](#)
 45. Faúndez-Abans, M.; Reshetnikov, V. P.; de Oliveira-Abans, M.; Fernandes, I. F.
UGC 7388: A galaxy with two tidal loops [2009AstL...35...25F](#)
 46. Frolov, Valeri P.; Shapiro, Ilya L. - Black holes in higher dimensional gravity
theory with corrections quadratic in curvature [2009PhRvD..80d4034F](#)
 47. Gal, R. R.; Lopes, P. A. A.; de Carvalho, R. R.; Kohl-Moreira, J. L.;
Capelato, H. V.; Djorgovski, S. G.
The Northern Sky Optical Cluster Survey. III. A Cluster Catalog Covering PI
Steradians [2009AJ....137.2981G](#)
 48. Giménez de Castro, C. G.; Trottet, G.; Silva-Valio, A.; Krucker, S.;
Costa, J. E. R.; Kaufmann, P.; Correia, E.; Levato, H.
Submillimeter and X-ray observations of an X class flare [2009A&A...507..433G](#)
 49. Girardi, Léo; Rubele, Stefano; Kerber, Leandro
Discovery of two distinct red clumps in NGC 419: a rare snapshot of a cluster at
the onset of degeneracy [2009MNRAS.394L..74G](#)
 50. Giuppone, C. A.; Tadeu dos Santos, M.; Beaugé, C.; Ferraz-Mello, S.;
Michtchenko, T. A.
Detectability and Error Estimation in Orbital Fits of Resonant Extrasolar Planets

- [2009ApJ...699.1321G](#)
51. Gonçalves, D. R.; Mampaso, A.; Corradi, R. L. M.; Quireza, C.
Low-ionization pairs of knots in planetary nebulae: physical properties and excitation [2009MNRAS.398.2166G](#)
 52. González Delgado, R. M.; Muñoz Marín, V. M.; Pérez, E.; Schmitt, H. R.; Cid Fernandes, R.
The starburst-AGN connection: the role of stellar clusters in AGNs
[2009Ap&SS.320...61G](#)
 53. Gonzalez, O. A.; Zoccali, M.; Monaco, L.; Hill, V.; Cassisi, S.; Minniti, D.; Renzini, A.; Barbuy, B.; Ortolani, S.; Gomez, A.
Li-rich red giant branch stars in the Galactic bulge [2009A&A...508..289G](#)
 54. Górny, S. K.; Chiappini, C.; Stasińska, G.; Cuisinier, F.
Planetary nebulae in the direction of the Galactic bulge: on nebulae with emission-line central stars [2009A&A...500.1089G](#)
 55. Gregorio-Hetem, J.; Montmerle, T.; Rodrigues, C. V.; Marciotto, E.; Preibisch, T.; Zinnecker, H.
Star formation history of Canis Major R1. I. Wide-Field X-ray study of the young stellar population [2009A&A...506..711G](#)
 56. Groh, J. H.; Daminieli, A.; Hillier, D. J.; Barbá, R.; Fernández-Lajús, E.; Gamen, R. C.; Moisés, A. P.; Solivella, G.; Teodoro, M.
Bona Fide, Strong-Variable Galactic Luminous Blue Variable Stars are Fast Rotators: Detection of a High Rotational Velocity in HR Carinae [2009ApJ...705L..25G](#)
 57. Groh, J. H.; Hillier, D. J.; Daminieli, A.; Whitelock, P. A.; Marang, F.; Rossi, C.
On the Nature of the Prototype Luminous Blue Variable Ag Carinae. I. Fundamental Parameters During Visual Minimum Phases and Changes in the Bolometric Luminosity During the S-Dor Cycle [2009ApJ...698.1698G](#)
 58. Grosbøl, P.; Dottori, H. -Pattern speed of main spiral arms in NGC 2997. Estimate based on very young stellar complexes [2009A&A...499L..21G](#)
 59. Guerrero, Gustavo; Dikpati, Mausumi; de Gouveia Dal Pino, Elisabete M.
The Role of Diffusivity Quenching in Flux-transport Dynamo Models [2009ApJ...701..725G](#)
 60. Guimarães, A. C. C.; Cunha, J. V.; Lima, J. A. S.
Bayesian analysis and constraints on kinematic models from union SNIa [2009JCAP...10..010G](#)
 61. Guimarães, R.; Petitjean, P.; de Carvalho, R. R.; Djorgovski, S. G.; Noterdaeme, P.; Castro, S.; Poppe, P. C. Da R.; Aghaee, A.
Damped and sub-damped Lyman- α absorbers in $z > 4$ QSOs

[2009A&A...508..133G](#)

62. Huélamo, N.; Vaz, L. P. R.; Torres, C. A. O.; Bergeron, P.; Melo, C. H. F.; Quast, G. R.; Barrado y Navascués, D.; Sterzik, M. F.; Chauvin, G.; Bouy, H.; Landin, N. R.
The triple system HIP 96515: a low-mass eclipsing binary with a DB white dwarf companion [2009A&A...503..873H](#)
63. James, B. L.; Tsamis, Y. G.; Barlow, M. J.; Westmoquette, M. S.; Walsh, J. R.; Cuisinier, F.; Exter, K. M.
A VLT VIMOS study of the anomalous BCD Mrk996: mapping the ionized gas kinematics and abundances [2009MNRAS.398....2J](#)
64. Jorás, S. E.; Marozzi, G.
Trans-Planckian physics from a nonlinear dispersion relation [2009PhRvD..79b3514J](#)
65. Kaufmann, Pierre; Giménez de Castro, C. Guillermo; Correia, Emilia; Costa, Joaquim E. R.; Raulin, Jean-Pierre; Válio, Adriana Silva
Rapid Pulsations in Sub-THz Solar Bursts [2009ApJ...697..420K](#)
66. Kerber, L. O.; Girardi, L.; Rubele, S.; Cioni, M.-R.
Recovery of the star formation history of the LMC from the VISTA survey of the Magellanic system [2009A&A...499..697K](#)
67. La Barbera, F.; de Carvalho, R. R.
The Origin of Color Gradients in Early-Type Systems and their Compactness at High-z [2009ApJ...699L..76L](#)
68. La Barbera, F.; de Carvalho, R. R.; de la Rosa, I. G.; Sorrentino, G.; Gal, R. R.; Kohl-Moreira, J. L.
The Nature of Fossil Galaxy Groups: Are They Really Fossils? [2009AJ....137.3942L](#)
69. La Massa, Stephanie M.; Heckman, Timothy M.; Ptak, Andrew; Hornschemeier, Ann; Martins, Lucimara; Sonnentrucker, Paule; Tremonti, Christy
XMM-Newton Observations of a Complete Sample of Optically Selected Type 2 Seyfert Galaxies [2009ApJ...705..568L](#)
70. Laganá, T. F.; Dupke, R. A.; Sodr , L., Jr.; Lima Neto, G. B.; Durret, F.
The optical/X-ray connection: intra-cluster medium iron content and galaxy optical luminosity in 20 galaxy clusters [2009MNRAS.394..357L](#)
71. Lagos, Patricio; Telles, Eduardo; Muñoz-Tu n, Casiana; Carrasco, Eleazar R.; Cuisinier, François; Tenorio-Tagle, Guillermo
On the Compact H II Galaxy UM 408 as Seen by GMOS-IFU: Physical Conditions [2009AJ....137.5068L](#)

72. Landin, N. R.; Mendes, L. T. S.; Vaz, L. P. R.
Combined effects of tidal and rotational distortions on the equilibrium configuration of low-mass, pre-main sequence stars [2009A&A...494..209L](#)
73. Lanza, A. F.; Pagano, I.; Leto, G.; Messina, S.; Aigrain, S.; Alonso, R.; Auvergne, M.; Baglin, A.; Barge, P.; Bonomo, A. S.; **and 11 coauthors**
Magnetic activity in the photosphere of CoRoT-Exo-2a. Active longitudes and short-term spot cycle in a young Sun-like star [2009A&A...493..193L](#)
74. Leão, M. R. M.; de Gouveia Dal Pino, E. M.; Falceta-Gonçalves, D.; Melioli, C.; Geraissate, F. G.
Local star formation triggered by supernova shocks in magnetized diffuse neutral clouds [2009MNRAS.394..157L](#)
75. Lee, Hyun-chul; Worthey, Guy; Dotter, Aaron; Chaboyer, Brian; Jevremović, Darko; Baron, E.; Briley, Michael M.; Ferguson, Jason W.; Coelho, Paula; Trager, Scott C.
Stellar Population Models and Individual Element Abundances. II. Stellar Spectra and Integrated Light Models [2009ApJ...694..902L](#)
76. Lima, J. A. S.; Cunha, J. V.; Alcaniz, J. S.
Simplified quartessence cosmology [2009APh....31..233L](#)
77. Lima, J. A. S.; Jesus, J. F.; Cunha, J. V.
Can Old Galaxies at High Redshifts and Baryon Acoustic Oscillations Constrain H_0 ? [2009ApJ...690L..85L](#)
78. Lopes, P. A. A.; de Carvalho, R. R.; Kohl-Moreira, J. L.; Jones, C.
NoSOCS in SDSS - II. Mass calibration of low redshift galaxy clusters with optical and X-ray properties [2009MNRAS.399.2201L](#)
79. Lugones, G.; Grunfeld, A. G.; Scoccola, N. N.; Villavicencio, C.
Deconfinement of neutron star matter within the Nambu-Jona-Lasinio model [2009PhRvD..80d5017L](#)
80. Maciel, W. J.; Costa, R. D. D.; Idiart, T. E. P.
Planetary nebulae and the chemical evolution of the Magellanic Clouds [2009RMxAA..45..127M](#)
81. Magrini, Laura; Gonçalves, Denise R.
IC10: the history of the nearest starburst galaxy through its Planetary Nebula and HII region populations [2009MNRAS.398..280M](#)
82. Maia, M. D.; Capistrano, A. J. S.; Monte, E. M.
The Nature of the Cosmological Constant Problem [2009IJMPA..24.1545M](#)
83. Maia, M. D.; Capistrano, A. J. S.; Muller, D.
Perturbations of Dark Matter Gravity [2009IJMPD..18.1273M](#)

84. Maier, R.; Soares, I. Damião; Tonini, E. V.
Bouncing braneworld cosmologies and initial conditions to inflation
[2009PhRvD..79b3522M](#)
85. Marsteller, Brian; Beers, Timothy C.; Thirupathi, Sivarani; Rossi, Silvia;
Placco, Vinicius; Knapp, Gillian R.; Johnson, Jennifer A.; Lucatello, Sara
Automated Determination of [Fe/H] and [C/Fe] from Low-Resolution
Spectroscopy [2009AJ....138..533M](#)
86. Meléndez, J.; Barbuy, B.
Both accurate and precise gf-values for Fe II lines [2009A&A...497..611M](#)
87. Melioli, C.; Brighenti, F.; D'Ercole, A.; de Gouveia Dal Pino, E. M.
Hydrodynamical simulations of Galactic fountains - II. Evolution of multiple
fountains [2009MNRAS.399.1089M](#)
88. Mendes de Oliveira, Claudia L.; Cypriano, Eduardo S.; Dupke, Renato A.;
Sodré, Laerte
An Optical and X-Ray Study of the Fossil Group RX J1340.6+4018
[2009AJ...138..502M](#)
89. Mészáros, H.; Sawant, H. S.; Cecatto, J. R.; Rybák, J.; Karlický, M.;
Fernandes, F. C. R.; de Andrade, M. C.; Jiříčka, K.
Coronal fast wave trains of the decimetric type IV radio event observed during
the decay phase of the June 6, 2000 flare [2009AdSpR..43.1479M](#)
90. Micheletti, Sandro; Abdalla, Elcio; Wang, Bin
Field theory model for dark matter and dark energy in
interaction [2009PhRvD..79i3506M](#)
91. Millour, F.; Chesneau, O.; Borges Fernandes, M.; Meilland, A.; Mars, G.;
Benoist, C.; Thiébaud, E.; Stee, P.; Hofmann, K.-H.; Baron, F.; **and 12 coauthors**
A binary engine fuelling HD 87643's complex circumstellar environment.
Determined using AMBER/VLTI imaging [2009A&A...507..317M](#)
92. Miranda, Vinicius; Jorás, Sergio E.; Waga, Ioav; Quartin, Miguel
Viable Singularity-Free f(R) Gravity without a Cosmological
Constant [2009PhRvL.102v1101M](#) Miranda, Vinicius; Jorás, Sergio E.;
Waga, Ioav; Quartin, Miguel
Miranda et al. Reply: [2009PhRvL.103q9002M](#)
93. Miroshnichenko, A. S.; Chentsov, E. L.; Klochkova, V. G.; Zharikov, S. V.;
Grankin, K. N.; Kusakina, A. V.; Gandet, T. L.; Klingenberg, G.; Kildahl, S.;
Rudy, R. J.; **and 12 coauthors**
Toward Understanding the B[e] Phenomenon. III. Properties of the Optical
Counterpart of IRAS 00470+6429 [2009ApJ...700..209M](#)
94. Moraes, Manoel; Diaz, Marcos
HR Del Remnant Anatomy Using Two-Dimensional Spectral Data and Three-

- Dimensional Photoionization Shell Models [2009AJ....138.1541M](#)
95. Muñoz Marín, V. M.; Storchi-Bergmann, T.; González Delgado, R. M.; Schmitt, H. R.; Spinelli, P. F.; Pérez, E.; Cid Fernandes, R.
On the nature of the near-UV extended light in Seyfert galaxies
[2009MNRAS.399..842M](#)
 96. Muñoz Marín, Víctor M.; González Delgado, Rosa M.; Schmitt, Henrique R.; Cid Fernandes, Roberto; Pérez, Enrique
Stellar clusters in the nuclear regions of AGN with the Advanced Camera for Surveys [2009Ap&SS.324..253M](#)
 97. Nitta, A.; Kleinman, S. J.; Krzesinski, J.; Kepler, S. O.; Metcalfe, T. S.; Mukadam, Anjum S.; Mullally, Fergal; Nather, R. E.; Sullivan, Denis J.; Thompson, Susan E.; Winget, D. E.
New Pulsating DB White Dwarf Stars from the Sloan Digital Sky Survey
[2009ApJ...690..560N](#)
 98. O'Dowd, Matthew J.; Schiminovich, David; Johnson, Benjamin D.; Treyer, Marie A.; Martin, Christopher D.; Wyder, Ted K.; Charlot, S.; Heckman, Timothy M.; Martins, Lucimara P.; Seibert, Mark; van der Hulst, J. M.
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Galaxies at $z \sim 0.1$: The Effect of Star Formation and Active Galactic Nuclei [2009ApJ...705..885O](#)
 99. Ortolani, S.; Bonatto, C.; Bica, E.; Barbuy, B.
Pfleiderer 2: Identification of A New Globular Cluster in the Galaxy
[2009AJ....138..889O](#)
 100. Pereira, C. B.; Roig, F.
High-Resolution Spectroscopic Observations of Four Yellow-Type Symbiotic Stars: CD-43°14304, Hen 3-1213, Hen 3-863, and StH α 176
[2009AJ....137..118P](#)
 101. Pereira, Thiago S.; Abramo, L. Raul
Angular-planar CMB power spectrum [2009PhRvD..80f3525P](#)
 102. Peres, Clovis B.; Dottori, Horácio A.
MOND and neutrinos: The dark matter density-temperature diagram for X-ray clusters [2009NewA...14..503P](#)
 103. Pereyra, A.; de Araújo, F. X.; Magalhães, A. M.; Borges Fernandes, M.; Domiciano de Souza, A. - H α spectropolarimetry of the B[e] supergiant GG Carinae [2009A&A...508.1337P](#)
 104. Pereyra, A.; Girart, J. M.; Magalhães, A. M.; Rodrigues, C. V.; de Araújo, F. X.
Near infrared polarimetry of a sample of YSOs [2009A&A...501..595P](#)

105. Pereyra, A.; Magalhães, A. M.; de Araújo, F. X.
H α spectropolarimetry of RY Tauri and PX Vulpeculae [2009A&A...495..195P](#)
106. Pompéia, L.
Chemical Abundances of the S Star GZ Peg [2009PASA...26..354P](#)
107. Provencal, J. L.; Montgomery, M. H.; Kanaan, A.; Shipman, H. L.; Childers, D.; Baran, A.; Kepler, S. O.; Reed, M.; Zhou, A.; Eggen, J.; and 45 coauthors - 2006 Whole Earth Telescope Observations of GD358: A New Look at the Prototype DBV [2009ApJ...693..564P](#)
108. Raga, A. C.; Henney, W.; Vasconcelos, J.; Cerqueira, A.; Esquivel, A.; Rodríguez-González, A.
Multiple clump structures within photoionized regions [2009MNRAS.392..964R](#)
109. Rebouças, M. J.; Santos, J.
Gödel-type universes in f(R) gravity [2009PhRvD..80f3009R](#)
110. Rempel, Erico L.; Proctor, Michael R. E.; Chian, Abraham C.-L.
A novel type of intermittency in a non-linear dynamo in a compressible flow [2009MNRAS.400..509R](#)
111. Ribeiro, A. L. B.
Probing clustering features around Cl 0024+17 [2009NewA...14..666R](#)
112. Ribeiro, A. L. B.; Andrade, A. P. A.; Letelier, P. S.
Stochastic contribution to the growth factor in the Λ CDM model [2009PhRvD..79b7302R](#)
113. Ribeiro, A. L. B.; Schilling, A. C.
Dark energy and flatness from observational H(z)+WMAP constraint [2009Ap&SS.321...43R](#)
114. Ribeiro, A. L. B.; Trevisan, M.; Lopes, P. A. A.; Schilling, A. C.
Galaxy distribution and evolution around a sample of 2dF groups [2009A&A...505..521R](#)
115. Ribeiro, Fabiola M. A.; Diaz, Marcos P.
A Time-Series Analysis of the H α Emission Line in V3885 Sagittarii [2009PASJ...61..137R](#)
116. Rickes, M. G.; Pastoriza, M. G.; Bonatto, C.
The lenticular galaxy NGC 3607: stellar population, metallicity, and ionised gas [2009A&A...505...73R](#)
117. Riffel, R.; Pastoriza, M. G.; Rodríguez-Ardila, A.; Bonatto, C.
Probing the near-infrared stellar population of Seyfert galaxies [2009MNRAS.400..273R](#)

118. Riffel, Rogemar A.; Storchi-Bergmann, Thaisa; Dors, Oli L.; Winge, Cláudia
AGN-starburst connection in NGC7582: Gemini near-infrared spectrograph integral field unit observations [2009MNRAS.393..783R](#)
119. Riffel, Rogemar A.; Storchi-Bergmann, Thaisa; McGregor, Peter J.
The Dusty Nuclear Torus in NGC 4151: Constraints from Gemini Near-Infrared Integral Field Spectrograph Observations [2009ApJ...698.1767R](#)
120. Ripepi, V.; Leccia, S.; Baglin, A.; Ruoppo, A.; Bernabei, S.; Zwintz, K.; Cusano, F.; Gandolfi, D.; Guenter, E. W.; Alencar, S.; and 20 coauthors
CoRoT observations of the young open cluster Dolidze 25
[2009Ap&SS.tmp..247R](#)
121. Rodrigues, Cláudia V.; Sartori, Marília J.; Gregorio-Hetem, Jane; Magalhães, A. Mário
The Alignment of the Polarization of Herbig Ae/Be Stars with the Interstellar Magnetic Field [2009ApJ...698.2031R](#)
122. Rodrigues, Irapuan; Dottori, Horacio; Díaz, Rubén J.; Agüero, María P.; Mast, Damián
Kinematics and Modeling of the Inner Region of M 83 [2009AJ....137.4083R](#)
123. Roman-Lopes, A.; Abraham, Z.; Ortiz, R.; Rodriguez-Ardila, A.
GEMINI near-infrared spectroscopic observations of young massive stars embedded in molecular clouds [2009MNRAS.394..467R](#)
124. Rosa, Reinaldo R.; Ramos, Fernando M.; Caretta, Cesar A.; Velho, Haroldo F. Campos - Extreme event dynamics in the formation of galaxy-sized dark matter structures [2009CoPhC.180..621R](#)
125. Saito, R. K.; Baptista, R.
Spin-Cycle Eclipse Mapping of the 71 s Oscillations in DQ Herculis: Reprocessing Sites and the True White Dwarf Spin Period [2009ApJ...693L..16S](#)
126. Salerno, G. M.; Bica, E.; Bonatto, C.; Rodrigues, I.
On the possible generation of the young massive open clusters Stephenson 2 and BDSB 122 by ω Centauri [2009A&A...498..419S](#)
127. Sawant, H. S.; Cecatto, J. R.; Mészáros, H.; Faria, C.; Fernandes, F. C. R.; Karlický, M.; de Andrade, M. C.
Highlights of the Brazilian Solar Spectrocope [2009AdSpR..44...54S](#)
128. Shapiro, Ilya L. - Polemic Notes on IR Perturbative Quantum Gravity
[2009IJMPA..24.1557S](#)
129. Shapiro, Ilya L.; Solà, Joan
On the possible running of the cosmological “constant” [2009PhLB..682..105S](#)

130. Skinner, Stephen L.; Sokal, Kimberly R.; Megeath, S. Thomas; Güdel, Manuel; Audard, Marc; Flaherty, Kevin M.; Meyer, Michael R.; Damineli, Augusto
Chandra and Spitzer Imaging of the Infrared Cluster in NGC 2071
[2009ApJ...701..710S](#)
131. Smiljanic, R.; Gauderon, R.; North, P.; Barbuy, B.; Charbonnel, C.; Mowlavi, N.
CNONa and $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ in giant stars of 10 open clusters [2009A&A...502..267S](#)
132. Smiljanic, R.; Pasquini, L.; Bonifacio, P.; Galli, D.; Gratton, R. G.; Randich, S.; Wolff, B.
Beryllium abundances and star formation in the halo and in the thick disk
[2009A&A...499..103S](#)
133. Štefl, S.; Rivinius, Th.; Carciofi, A. C.; Le Bouquin, J.-B.; Baade, D.; Bjorkman, K. S.; Hesselbach, E.; Hummel, C. A.; Okazaki, A. T.; Pollmann, E.;
and 2 coauthors
Cyclic variability of the circumstellar disk of the Be star ζ Tauri. I. Long-term monitoring observations [2009A&A...504..929S](#)
134. Steigman, G.; Santos, R. C.; Lima, J. A. S.
An accelerating cosmology without dark energy [2009JCAP...06..033S](#)
135. Steiner, J. E.; Menezes, R. B.; Ricci, T. V.; Oliveira, A. S.
Mapping low- and high-density clouds in astrophysical nebulae by imaging forbidden line emission [2009MNRAS.396..788S](#)
136. Steiner, J. E.; Menezes, R. B.; Ricci, T. V.; Oliveira, A. S.
PCA Tomography: how to extract information from data cubes
[2009MNRAS.395...64S](#)
137. Storchi-Bergmann, T.; McGregor, P. J.; Riffel, Rogemar A.; Simões Lopes, R.; Beck, T.; Dopita, M.
Feeding versus feedback in NGC4151 probed with Gemini NIFS - I. Excitation [2009MNRAS.394.1148S](#)
138. Teixeira, R.; Ducourant, C.; Chauvin, G.; Krone-Martins, A.; Bonnefoy, M.; Song, I.
Kinematic analysis and membership status of TWA22 AB
[2009A&A...503..281T](#)
139. Torres-Flores, S.; Mendes de Oliveira, C.; de Mello, D. F.; Amram, P.; Plana, H.; Epinat, B.; Iglesias-Páramo, J.
Star formation in the intragroup medium and other diagnostics of the evolutionary stages of compact groups of galaxies [2009A&A...507..723T](#)
140. Ulmer, M. P.; Adami, C.; Lima Neto, G. B.; Durret, F.; Covone, G.; Ilbert, O.; Cypriano, E. S.; Allam, S. S.; Kron, R. G.; Mahoney, W. A.; Gavazzi, R.

Cluster and cluster galaxy evolution history from IR to X-ray observations of the young cluster RX J1257.2+4738 at $z = 0.866$ [2009A&A...503..399U](#)

141. Vale Asari, N.; Stasińska, G.; Cid Fernandes, R.; Gomes, J. M.; Schlickmann, M.; Mateus, A.; Schoenell, W.
The evolution of the mass-metallicity relation in SDSS galaxies uncovered by astropaleontology [2009MNRAS.396L..71V](#)
142. Vega, L. R.; Asari, N. V.; Cid Fernandes, R.; Garcia-Rissmann, A.; Storchi-Bergmann, T.; González Delgado, R. M.; Schmitt, H.
The CaT strength in Seyfert nuclei revisited: analysing young stars and non-stellar light contributions to the spectra [2009MNRAS.393..846V](#)
143. Vidotto, A. A.; Opher, M.; Jatenco-Pereira, V.; Gombosi, T. I.
Simulations of Winds of Weak-Lined T Tauri Stars: The Magnetic Field Geometry and the Influence of the Wind on Giant Planet Migration [2009ApJ...703.1734V](#)
144. Vidotto, A. A.; Opher, M.; Jatenco-Pereira, V.; Gombosi, T. I.
Three-dimensional Numerical Simulations of Magnetized Winds of Solar-like Stars [2009ApJ...699..441V](#)
145. Walcher, C. J.; Coelho, P.; Gallazzi, A.; Charlot, S.
Differential stellar population models: how to reliably measure [Fe/H] and $[\alpha/\text{Fe}]$ in galaxies [2009MNRAS.398L..44W](#)
146. Winge, Cláudia; Riffel, Rogemar A.; Storchi-Bergmann, Thaisa
The Gemini Spectral Library of Near-IR Late-Type Stellar Templates and Its Application for Velocity Dispersion Measurements [2009ApJS..185..186W](#)
147. Winget, D. E.; Kepler, S. O.; Campos, Fabíola; Montgomery, M. H.; Girardi, Leo; Bergeron, P.; Williams, Kurtis
The Physics of Crystallization From Globular Cluster White Dwarf Stars in NGC 6397 [2009ApJ...693L...6W](#)
148. Zobot, A.; Kanaan, A.; Cid Fernandes, R.
Near-Ultraviolet and Optical Effects of Debris Disks Around White Dwarfs [2009ApJ...704L..93Z](#)

Anexo 1a -ii

1a - Publicações de autores brasileiros contendo dados dos telescópios Gemini/SOAR no ano de 2009.

Publicações de autores brasileiros com dados dos telescópios Gemini no ano de 2009.

Moraes, Manoel; Diaz, Marcos; 2009, *The Astronomical Journal*, 138, 1541-1556, December 6 - **"HR Del Remnant Anatomy Using Two-Dimensional Spectral Data and Three-Dimensional Photoionization Shell Models"**

Winge, Cláudia; Riffel, Rogemar A.; Storchi-Bergmann, Thaisa; 2009, *The Astrophysical Journal Supplement*, 185, 186-197, November 1 - **"The Gemini Spectral Library of Near-IR Late-Type Stellar Templates and Its Application for Velocity Dispersion Measurements"**

Gregorio-Hetem, J.; Montmerle, T.; Rodrigues, C. V.; Marciotto, E.; Preibisch, T.; Zinnecker, H.; 2009, *Astronomy and Astrophysics*, 506, 711-727, November 2 - **"Star formation history of Canis Major R1. I. Wide-Field X-ray study of the young stellar population"**

Magrini, Laura; Gonçalves, Denise R.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 398, 280-292, September 1 - **"IC10: the history of the nearest starburst galaxy through its Planetary Nebula and HII region populations"**

Mendes de Oliveira, Claudia L.; Cypriano, Eduardo S.; Dupke, Renato A.; Sodré, Laerte; 2009, *The Astronomical Journal*, 138, 502-509, August 2 - **"An Optical and X-Ray Study of the Fossil Group RX J1340.6+4018"**

Ulmer, M. P.; Adami, C.; Lima Neto, G. B.; Durret, F.; Covone, G.; Ilbert, O.; Cypriano, E. S.; Allam, S. S.; Kron, R. G.; Mahoney, W. A.; Gavazzi, R.; 2009, *Astronomy and Astrophysics*, 503, 399-408, August 2 - **"Cluster and cluster galaxy evolution history from IR to X-ray observations of the young cluster RX J1257.2+4738 at $z = 0.866$ "**

Castanheira, B. G.; Kepler, S. O.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 396, 1709-1731, July 3 - **"Seismological studies of ZZ Ceti stars - II. Application to the ZZ Ceti class"**

Ghezzi, L.; Cunha, K.; Smith, V. V.; Margheim, S.; Schuler, S.; de Araújo, F. X.; de la Reza, R.; 2009, *The Astrophysical Journal*, 698, 451-460, Jun 1 - **"Measurements of the Isotopic Ratio ${}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}$ in Stars with Planets"**

Coelho, P.; Oliveira, C. M.; Fernandes, R. C.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 396, 624-634, June 2 - **"An analysis of the composite stellar population in M32"**

Riffel, Rogemar A.; Storchi-Bergmann, Thaisa; McGregor, Peter J.; 2009, *The*

Astrophysical Journal, 698, 1767-1770, June 2 - **"The Dusty Nuclear Torus in NGC 4151: Constraints from Gemini Near-Infrared Integral Field Spectrograph Observations"**

Barbosa, F.K.B.; Storchi-Bergmann, T.; Fernandes, R. Cid; Winge, C.; Schmitt, H.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 396, 1767-1770, June 1 - **"Gemini/GMOS IFU gas velocity tomography of the narrow line region of nearby active galaxies"**

Lagos, P.; Telles, E.; Muñoz-Tuñón, C.; Carrasco, E. R.; Cuisinier, F.; Tenorio-Tagle, G.; 2009, *The Astronomical Journal*, 137, 5068-5079, June 6 - **"On the Compact H II Galaxy UM 408 as Seen by GMOS-IFU: Physical Conditions"**

Rodrigues, Irapuan; Dottori, Horacio; Díaz, Rubén J.; Agüero, María P.; Mast, Damián; 2009, *The Astronomical Journal*, 137, 4083-4090, May 5 - **"Kinematics and Modeling of the Inner Region of M 83"**

Bordalo, V.; Plana, H.; Telles, E.; 2009, *The Astrophysical Journal*, 696, 1668-1682, May 2 - **"The Internal Kinematics of the H II Galaxy II Zw 40"**

Riffel, Rogemar A.; Storchi-Bergmann, Thaisa; McGregor, Peter J.; 2009, *The Astrophysical Journal*, 698, 1767-1770, June 2 - **"The Dusty Nuclear Torus in NGC 4151: Constraints from Gemini Near-Infrared Integral Field Spectrograph Observations"**

Steiner, J.E.; Menezes, R.B.; Ricci, T.V.; Oliveira, A.S.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 395, 64-75, May 1 - **"PCA Tomography: how to extract information from data cubes"**

Storchi-Bergmann, T.; McGregor, P. J.; Riffel, Rogemar A.; Simões Lopes, R.; Beck, T.; Dopita, M.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 394, 1148-1166, April 3 - **"Feeding versus feedback in NGC4151 probed with Gemini NIFS - I. Excitation"**

Steiner, J.E.; Menezes, R.B.; Ricci, T.V.; Oliveira, A.S.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 396, 788-793, March - **"Mapping low and high density clouds in astrophysical nebulae by imaging forbidden line emission"**

Roman-Lopes, A; Abraham, Z.; Ortiz, R.; Rodriguez-Ardila, A.; 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 394, 467-478, March 1 - **"GEMINI near-infrared spectroscopic observations of young massive stars embedded in molecular clouds"**

Faúndez-Abans, M., Reshetnikov, V.P., de Oliveira-Abans, M., Fernandes, I.F.; 2009, *Pis'ma v Astronomicheskii Zhurnal*, 35, 29-36 (= *Astronomy Letters*, 35, 25-32), January 1 - **"UGC 7388: A galaxy with Two Tidal Loops"**

Publicações de autores brasileiros com dados do telescópio SOAR no ano de 2009.

Pires, A. M.; Motch, C.; Janot-Pacheco, E.: 2009, *Astronomy and Astrophysics*, 504, pp.185-197 - "*A search for thermally emitting isolated neutron stars in the 2XMMp catalogue*"

Castanheira, B. G., Kepler, S. O.:2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 396, pp. 1709-1731 - "*Seismological studies of ZZ Ceti stars - II. Application to the ZZ Ceti class*"

Roman-Lopes, A.: 2009, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 398, pp.1368-1382 - "*SOAR-OSIRIS observations of the Sh 2-307 HII region: triggered star formation beyond the Solar Circle*"

Nitta, A.; Kleinman, S. J.; Krzesinski, J.; **Kepler, S. O.**; Metcalfe, T. S.; Mukadam, Anjum S.; Mullally, Fergal; Nather, R. E.; Sullivan, Denis J.; Thompson, Susan E.; Winget, D. E.: 2009, *The Astrophysical Journal*, 690, pp. 560-565 - "*New Pulsating DB White Dwarf Stars from the Sloan Digital Sky Survey*"

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Astrofísica e os Grupos Emergentes em Astronomia e Astrofísica

R. Baptista¹, C.L. Barbosa², A.H. Cerqueira³, W.S. Dias⁴, F. Ferrari⁵
e D.R. Gonçalves⁶

1 – UFSM, 2 – UNIVAP, 3 – UESC, 4 – UNIFEI, 5 – UNIPAMPA, 6 – UFRJ

I – Resumo

Apresentamos um plano de ação para o INCT-A, no que diz respeito aos grupos emergentes. Discutimos sua viabilidade e necessidade, e oferecemos alternativas possíveis.

II - Introdução

Inseridos no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Astrofísica (INCT de Astrofísica) estão vinte (20) grupos de astronomia emergentes, abrigando quarenta e nove (49) pesquisadores. Estes grupos estão fortemente concentrados no sul e sudeste do país (90%), são pequenos (média de 2.4 pesquisadores por grupo), e jovens. Pouco mais da metade dos grupos (55%) estão inseridos de alguma forma em programas de pós-graduação em suas instituições de origem; em sua maioria, com nota 3 da CAPES.

O Brasil participa atualmente de dois consórcios que operam telescópios de grande porte, instalados no Chile e Havaí. Esta infra-estrutura pode ser fundamental para alavancar a pesquisa de alto nível em grupos emergentes, onde a infra-estrutura de pesquisa local é, em geral, incipiente ou inexistente (com exceção de grupos mais antigos). O mesmo argumento também é válido para outras propostas que envolvem consórcios para operação de instrumentação com características diferentes, tais como antenas de rádio-telescópio e satélites. Contudo, nossa análise aqui estará restrita ao impacto destas duas facilidades acima mencionadas, tendo em vista i) os objetivos e metas inicialmente propostas pelo INCT de Astrofísica e ii) a disponibilidade de números que nos permitam avaliar tal impacto.

Na Tabela 1 abaixo apresentamos a evolução da publicação com dados dos telescópios Gemini. Na Tabela 2, os números para o telescópio SOAR. Foram considerados os vínculos empregatícios atuais dos autores. Os dados foram extraídos no *site* do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA). Os dados apontam para uma tendência de crescimento da participação de pesquisadores e GE nas publicações com dados do Gemini (com uma flutuação atípica no ano de 2004, onde a maioria dos artigos publicados contém pesquisadores destes grupos). Também, percebe-se um aumento no número de instituições envolvidas. O mesmo não pode ser dito para o telescópio SOAR, onde as publicações são de fato pouco numerosas e envolvem poucas instituições que abrigam grupos emergentes. É notável que 75% dos artigos publicados por GEs tenham pesquisadores de um único grupo.

Tabela 1: Publicações com o telescópio Gemini. Dados extraídos do site do LNA.

Ano	No. Total de Artigos	Artigos com participação de pesquisadores em GE (fração em %)	GE envolvidos (reflete posição atual do autor)
2001	1	0 (0%)	-
2002	1	0 (0%)	-
2003	4	1 (25%)	UNIVAP
2004	4	3 (75%)	UESC, UNIVAP
2005	4	1 (25%)	UESC
2006	9	2 (22%)	UESC, UFSC,
2007	9	3 (33%)	UESC, Valongo
2008	11	6 (55%)	UFMS, UNIVAP, Valongo
2009	15	9 (60%)	USP-EACH, UNIVAP, UESC, Valongo, UFSC, UNICSUL,

Tabela 2: Publicações com o telescópio SOAR. Dados extraídos do site do LNA.

Ano	No. Total de Artigos	Artigos com participação de pesquisadores em GE – fração em %	GE envolvidos (reflete posição atual do autor)
2005	1	0	-
2006	5	1 – 20%	UNIVAP
2007	4	2 – 50%	UNIVAP
2008	4	1 – 25%	UFMS
2009	3	0	-

Assim, aproximadamente 50% dos grupos emergentes inseridos no INCT de Astrofísica usam estas facilidades observacionais: oito grupos são ou foram usuários destes telescópios. Notamos também que os trabalhos publicados têm uma forte participação de pesquisadores atualmente inseridos em GEs. Três quartos dos artigos publicados em 2004 com dados do Gemini tiveram a participação de membros de GE. Mesmo em se tratando de uma estatística de poucos números, este é um fato relevante, ainda mais se considerarmos a constância e o aumento da participação de GEs em publicações com dados oriundos dos telescópios Gemini, chegando a 60% no ano de 2009.

Recentemente, submetemos um questionário aos GE, solicitando aos mesmos algumas informações. Dentre elas, seu potencial interesse em utilizar os telescópios Gemini e SOAR. Dos GE, atualmente 6 são usuários desse observatório, 5 não são usuário, sendo que Três grupos (em treze, que responderam ao questionário) demonstraram interesse em utilizar FUTURAMENTE estas infra-estruturas.

Também, solicitamos aos grupos que classificassem as necessidades para um determinado tipo de apoio numa escala entre “imprescindível” ou “nenhuma”. Os resultados serão utilizados no decorrer deste documento para justificar determinadas ações, em detrimento de outras. O resultado completo da pesquisa pode ser visto no ANEXO I.

Com relação à utilização dos telescópios Gemini e SOAR, temos então diferentes tipos de GE: i) usuários, ii) usuários em potencial. Para se atingir a meta de aumento da produção científica dos grupos emergentes com estes telescópios, será preciso atuar de modo distinto em cada grupo. A premissa

básica que norteia a construção deste documento é, então, a de que todos os GE inseridos no INCT de Astrofísica devem ser apoiados, ainda que de forma distinta, desde que haja mérito em suas solicitações, visando fomentar a utilização destes telescópios. Na próxima seção descrevemos o cenário que imaginamos para as ações possíveis.

III – O INCT de Astrofísica e os Grupos Emergentes

O INCT de Astrofísica foi concebido a partir da nucleação de grupos de pesquisa em torno de um objetivo único, que está sintetizado na missão geral do mesmo, que é a de “inserir a astronomia brasileira no futuro da astronomia mundial”. No que diz respeito aos grupos emergentes, visualizou-se tal empreitada estabelecendo como meta geral o aumento do número de publicações com os telescópios Gemini e SOAR, uma vez que o apoio aos GE se insere em um contexto maior, que é o de maximizar os investimentos nestes telescópios. Desta forma, vislumbramos algumas estratégias claramente distintas, mas que juntas podem surtir o efeito multiplicador desejado:

- i) – Apoio aos grupos que desenvolvem projetos com estes telescópios;
- ii) – Capacitação e estímulo aos GE do INCT de Astrofísica, não usuários destas facilidades.
- iii) – Ações indiretas, já previstas no âmbito do INCT de Astrofísica, com possíveis impactos em todos os GE.

Por outro lado, também apresentaremos uma nova leitura à meta inicial, com objetivo de possibilitar i) a inserção dos GE na produção de ciência de alto nível, e ii) um possível apoio a um maior número de grupos, mas envolvendo facilidades futuras nas quais o Brasil, e em particular, o INCT de Astrofísica têm interesse em participar, e que são (ou serão) igualmente competitivas em seus nichos. Nas seções posteriores esclareceremos esta proposição.

3.1 Ações possíveis visando o aumento da publicação com dados dos telescópios Gemini e SOAR

Parece razoável que o aumento da produção pode ter duas origens distintas: o aumento da produção *per capita* dos grupos que já produzem ciência com estes telescópios, o que certamente é possível, mas também pela disseminação dos usuários por diferentes grupos de pesquisa. Isto é o que sugere, por exemplo, a Tabela 1 acima, onde vemos pelo menos uma tendência de correlação entre o aumento da proporção de artigos envolvendo pesquisadores dos GE e o próprio número de GE envolvidos.

Desta forma, sugerimos que seja dado apoio aos GE que não têm histórico de utilização destes observatórios, desde que os mesmos apresentem um plano de utilização dos benefícios pleiteados, visando, no prazo de vigência deste Instituto, sua conversão a resultados concretos (com solicitação/aprovação de propostas observacionais, por exemplo). Note que não estamos sugerindo reorientação da área de atuação do pesquisador, mas, de outra forma, incentivando que os mesmos utilizem estas estruturas disponíveis à comunidade astronômica nacional, vinculando o apoio do Instituto à apresentação de metas objetivas do GE.

De qualquer forma, acreditamos que o apoio a todos os grupos pode ser dado de forma direta (infra-estrutura local, como livros e computadores, apoio para participação em congressos, apoio em viagens, tanto para receber visitantes quanto para realizar visitas) ou indireta (realização de escolas, workshops ou eventos associados à instrumentação e/ou ciência realizada com grandes

telescópios, planejamento e financiamento de novos instrumentos, ações planejadas que viabilizem a permanência do Brasil em consórcios internacionais, etc). Abaixo sugerimos algumas alternativas de apoio. A própria modalidade de apoio deixará claro se o apoio é exclusivo aos grupos já usuários dos telescópios ou não (um pesquisador não poderá apresentar trabalhos oriundos da pesquisa com estes telescópios, em congressos científicos, se não os utilizam; de modo que esta forma de apoio exclui, automaticamente, os não usuários ou potenciais usuários). A ordem em que aparecem reflete de alguma forma sua importância, tendo em vista as necessidades prementes dos GE, segundo questionário que aplicamos aos mesmos recentemente (ver resultado no ANEXO I).

3.1.0 Escolas, workshops, mini-cursos: Propomos o fomento e o apoio de ações “horizontais” entre os GEs para promover maior interatividade entre os usuários e os potenciais usuários dos telescópios Gemini e SOAR. É um fato relevante que dentre os grupos emergentes os grupos pertencentes à UNIVAP, UFSC e UESC possuem em seus quadros, não apenas usuários, mas também membros de comitês assessores ou técnico/científicos dos dois observatórios e três ex-astrônomos residentes do SOAR. Tais membros possuem grande experiência técnico/científico/observacional que poderiam ser de grande valia, não só para os GEs, mas para o INCT-A de um modo geral. Fomentados pelo INCT, os GEs organizariam eventos localizados com o propósito de transferir o conhecimento e a experiência necessários para o uso dos grandes telescópios. Com esta iniciativa, esperamos incentivar o uso dos telescópios Gemini e SOAR bem como acelerar a publicação de seus resultados. Ações desta natureza entre os GEs são mais ágeis, pois mobilizariam um contingente muito menor de pessoas (a se considerar o INCT-A como um todo) e por contar com diversos dos palestrantes dentro dos quadros dos GEs. Por esses motivos, haveria também um volume reduzido de recursos despendidos.

3.1.1 Viagens (congressos, workshops): Sugerimos que a participação em congressos e/ou *workshops*, com a finalidade de apresentar trabalhos relacionados aos telescópios Gemini e SOAR seja apoiada, preferencialmente, aos pesquisadores que tenham previamente solicitado ao CNPq ou à FAP de seu Estado, recursos para possibilitar sua participação no evento. Esta ação tem como objetivo diminuir a dependência dos pesquisadores aos recursos (limitados) do INCT de Astrofísica, descaracterizando-o do papel de agência de fomento, além de estimular a competição entre os pares. Fica a critério do Comitê Gestor avaliar os casos que fugirem a esta regra. Sugerimos também a limitação de uma viagem internacional por ano, por pesquisador, com recursos do INCT-A, desde que se entenda que os recursos são limitados e a demanda superior à oferta. Este dispositivo é comum às FAP's e ao CNPq, e possibilita o apoio a um número maior de pesquisadores.

3.1.2 Viagens (visita de/a colaboradores): Outra necessidade prospectada dos GE refere-se a recursos para receber colaboradores e/ou fazer visitas de curta duração às instituições onde estas colaborações estão estabelecidas. Propomos o mesmo formato do item anterior, isto é, i) que se dê prioridade àqueles pesquisadores que tenham previamente solicitado ao CNPq ou à FAP de seus Estados, e que ii) se limite a uma viagem/estadia por ano (para o próprio pesquisador ou para seu visitante). Os motivos para propormos estas condições são os mesmos explicitados anteriormente. Estes dois itens (3.1.1 e 3.1.2) surgem como sendo uma forma de apoio de fundamental importância

para aproximadamente 60% dos GE que responderam às perguntas formuladas por este Comitê (ver Anexo I).

3.1.3 Bolsas (AT, IC, MS, DR, PD): Esta modalidade de apoio, embora de fundamental importância, não parece apresentar um gargalo para a produção científica dos GE. Exceção se faz às bolsas de iniciação científica e pós-doutoramento, para as quais existe uma demanda real, e para as quais os GE esperam apoio efetivo do INCT de Astrofísica. É possível que a pequena demanda por bolsas de doutorado tenha como motivo o fato de que são poucos os GE que estão inseridos em programas que têm doutorado. No caso das bolsas de mestrado, os dados (fornecidos pelos próprios GE) permitem-nos apenas sugerir que i) ou as demandas locais por bolsas estão sendo satisfeitas ou que ii) a demanda não atendida não caracterize esta modalidade como fundamental, sob o ponto de vista da produção científica.

3.1.4 Livros e periódicos: É preciso investir em compra de livros para equipar as bibliotecas dos GE. Já foi feita uma chamada no âmbito do INCT de Astrofísica neste sentido, mas a demanda persiste, conforme resultados de nossas prospecções (ver item livros-necessidade do questionário em anexo). Quanto aos periódicos, instituições com grupos de astronomia, emergentes ou não, ainda têm dificuldade para acessar alguns dos principais jornais. Isto se deve, primordialmente, aos poucos títulos relevantes oferecidos pelo portal da CAPES. Uma alternativa (ao portal de periódicos da CAPES), seria associar instituições com assinaturas ativas a instituições que não têm acesso, via *virtual private network* (VPN), com fins exclusivos de acesso e *download* de artigos das principais revistas (ApJ, AJ, A&A, uma vez que o MNRAS já está disponível no portal da CAPES).

3.1.5 Computadores: Alguns grupos necessitam de estações de trabalho um pouco mais sofisticadas do que um simples PC, tanto para simulações numéricas, quanto para o tratamento de dados e imagens, e de laptops com configurações acima do *standard*, que permita o tratamento de imagens, por exemplo, e que são difíceis de serem obtidos via agências de fomento.

Todos os itens listados acima são passíveis de serem obtidos, pelos pesquisadores, em editais, sejam eles locais ou nacionais, de modo que sugerimos que as solicitações para os recursos necessários a estas agências sejam fortemente estimuladas. O estímulo pode ser dado de forma indireta, como, por exemplo, vinculando a apresentação da solicitação ao Comitê Gestor à apresentação da solicitação do recurso às agências -- excetuando-se o apoio a reuniões científicas -- no caso em que isto se aplicar, ou justificativas para a não submissão prévia às agências.

3.2 – Formas de apoio indireto

Parece-nos evidente que não são apenas apoios financeiros diretos que surtirão efeito na produção acadêmica dos pesquisadores nos GE. A seção 3.1 acima se justifica pela simples necessidade de utilizarmos recursos já aprovados no âmbito do INCT de Astrofísica, o que não deve ser visto como único fator de alavancagem na produção científica. Outras ações, que podem inclusive não envolver dispêndio de recursos financeiros, podem, também, surtir algum efeito sobre a produção científica dos pesquisadores nos GE. De fato, o que elencamos abaixo deve ser importante para qualquer grupo de astronomia que tenha interesse em produzir ciência com estes dois telescópios, e não têm como foco específico os GE apenas.

3.2.1 – Eventos, escolas: A organização de eventos científicos, ou escolas, com participação de pesquisadores envolvidos diretamente na concepção de instrumentação, e/ou do *staff* destes telescópios é altamente desejável. Isto possibilita tanto uma maior compreensão da instrumentação disponível quanto uma maior interação entre pesquisadores. Este tipo de apoio é importante tanto para os usuários quanto para usuários em potencial.

3.2.2 – Construção de novos instrumentos: A conclusão de instrumentos como o SIFS e o BTFi abrirão novas janelas de oportunidade para a comunidade astronômica como um todo. Como este é também um dos objetivos do INCT de Astrofísica, certamente trará impacto para os GE.

3.2.3 – Estímulo à interação entre pós-graduações: Existem editais que prevêm o apoio de pós-graduações nível 6 e 7 a pós-graduações emergentes (notas 3 e 4, principalmente), em que ambos os envolvidos recebem aportes financeiros para possibilitar a interação. Esta iniciativa depende única e exclusivamente do contato entre pesquisadores das instituições parceiras. Contudo, como mencionado no documento que deu origem ao INCT de Astrofísica, há espaço para o apoio do INCT a estas iniciativas, que não requerem aporte de recursos do Instituto propriamente dito, mas sim uma ação política. Esta ação poderia ser alinhavada pelo Comitê Gestor.

3.3 Alternativas

Os GE têm atividade científica diversificada, que não necessariamente incluem a utilização (imediate) dos telescópios Gemini e SOAR. Por outro lado, é preciso ressaltar também que o próprio INCT de Astrofísica tem como prioridade o desenvolvimento de projetos observacionais, que envolvem telescópios, rádio-telescópios e satélites, para os quais poderia ser destinado algum apoio, caso membros dos GE estivessem engajados nestes projetos. Este tipo de apoio surtiria efeito em um prazo superior aos que serão possíveis de serem observados no caso do apoio restrito aos pesquisadores que se utilizam dos telescópios Gemini e Soar, mas certamente contribuiria para manter os GE ativos, fazendo ciência de ponta. A forma de apoio a estes pesquisadores poderia dar-se nos mesmos moldes dos itens da seção II.

IV – Conclusões

O apoio aos grupos emergentes de astronomia do país foi sugerido na criação do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Astrofísica como uma das formas possíveis de se maximizar o retorno dos investimentos feitos nos telescópios Gemini e SOAR. Por outro lado, o perfil dos grupos emergentes inseridos no Instituto é diversificado. Explicitamente, aproximadamente metade dos grupos são ou pretendem ser usuários destas facilidades. Obtivemos estes números usando tanto os dados das publicações já existentes quanto através de contato direto com os grupos. Uma tentativa de conciliação entre a proposta inicial e o perfil dos grupos foi apresentada neste documento. Essencialmente, estamos sugerindo que grupos não usuários possam se beneficiar da estrutura do INCT de Astrofísica, desde que apresentem, em conjunto com suas demandas, um plano de atividade próprio que mostre seu real interesse em utilizar, de fato, estes observatórios. É possível criar mecanismos que permitam avaliar, em um determinado período, se de fato os recursos solicitados foram aplicados aos fins devidos.

Existe uma demanda de recursos financeiros por parte dos grupos emergentes. Em pesquisa realizada recentemente com os GE do INCT de Astrofísica,

obtivemos uma estimativa para o montante ideal, necessário para a manutenção e apoio à pesquisa destes grupos: algo em torno de R\$ 350.000,00 reais por ano (apenas 13 dos 20 grupos responderam às perguntas enviadas). Se projetamos (linearmente) as necessidades para todos os grupos (incluindo os 7 grupos que não nos responderam), obtemos algo em torno de R\$ 10.000,00 por pesquisador, por ano (excluindo as bolsas). Estas cifras estão próximas daquelas que um único pesquisador pode obter em um Edital Universal do CNPq, em sua faixa mais baixa (R\$ 20.000,00, por 24 meses). Também, equivale à taxa de bancada (anualizada) de um pesquisador nível 1 do CNPq. Em outras palavras, não se trata de um número absurdo se visto isoladamente. Entretanto, não devemos tratá-lo como objetivo do INCT de Astrofísica, que não tem o caráter de agência de fomento. É neste sentido que sugerimos que uma parte do apoio aos grupos emergentes seja respaldada pela utilização prévia, destes grupos, dos caminhos usuais para se obter recursos para a pesquisa no país, via submissão de projetos aos editais das agências de fomento.

Do ponto de vista científico, acreditamos que existem duas formas de aumentarmos as publicações dos grupos emergentes com os telescópios Gemini e SOAR: atraindo grupos que não utilizam estas estruturas e apoiando efetivamente os grupos que já utilizam. Para atrair novos grupos é preciso sanar as dificuldades que impediram a utilização, por estes grupos, destes telescópios até o presente momento. Estas dificuldades podem ser de infraestrutura (computadores, livros, periódicos) ou técnicas (áreas de atuação, *expertise*). Tanto uma quanto a outra podem ser apoiadas pelo INCT de Astrofísica, seja com a concessão de bolsas, compra de computadores ou realização de workshops voltados para ciência, atual ou futura, que se pode produzir com estes telescópios.

RELATÓRIO FINAL

Nome: Beatriz Leonor Silveira Barbuy

Processo no.: 1999/03744-1

Título: Construção de dois espectrógrafos ópticos para o telescópio SOAR

Vigência: 01/06/2000 a 31/10/2009

Introdução

O objetivo deste longo projeto foi o de construir o primeiro espectrógrafo brasileiro para um grande telescópio, além de participação no espectrógrafo Goodman, a qual foi pequena.

O espectrógrafo SIFS constituiu o instrumento brasileiro de primeira geração, e nos propiciou a ocasião de desenvolvermos nossas aptidões para essa difícil tarefa, através de formação e contratação de pessoal (em particular no Laboratório Nacional de Astrofísica, LNA/MCT), e instalação de laboratórios, que convergiram para serem centralizados no LNA/MCT.

A situação do país na área simplesmente mudou de uma condição insossa, para a situação atual, em que demonstramos agora capacidade de construção de um espectrógrafo complexo, envolvendo fibras ópticas. Em particular temos agora expertise em fibras ópticas, e o LNA/MCT já tem construído unidades de fibras ópticas para Observatórios no exterior.

O espectrógrafo foi transferido ontem (30/11/2009) para o aeroporto de VIRACOPOS, de onde embarcará esta semana para Santiago. A partir de Santiago, o Cerro Tololo Observatory tratará da transferência até o Observatório SOAR. A remontagem do espectrógrafo ocorrerá em 14-18/dezembro/2009, e os primeiros testes de observação ocorrerão a partir de janeiro/2010.

A seguir segue a descrição de todo o processo por que passamos para chegar agora à conclusão do instrumento, e no final deste texto seguem diversas fotos do instrumentos, e espectros de lâmpadas de neônio obtidas no laboratório do LNA, mostrando que o instrumento tem performance muito boa.

O espectrógrafo SIFS

A aprovação da participação do Brasil no projeto do telescópio SOAR de 4 m de diâmetro, após um processo de avaliação conduzido pela FAPESP em 1994, veio acompanhada de uma recomendação de que os pesquisadores do país se envolvessem na construção de parte dos futuros instrumentos do telescópio, de forma a garantir um retorno para o país em termos de desenvolvimento tecnológico. Foi então constituída uma comissão de representantes dos parceiros do telescópio SOAR, o SAC (Scientific Advisory Committee), que analisou cerca de 120 propostas de astrônomos das instituições parceiras, para definir o conjunto inicial de instrumentos do telescópio. O SAC levou em conta as motivações científicas e fez um levantamento do que existia de melhor na época em termos de instrumentação. Foi assim que surgiu a idéia do espectrógrafo de campo integral para o telescópio SOAR, hoje designado pela sigla SIFS (SOAR Integral Field Spectrograph).

O objetivo de um espectrógrafo de campo integral é produzir um espectro de cada ponto da imagem de um objeto astronômico. Assim, por exemplo, a imagem de uma nebulosa ou de uma galáxia é formada sobre um arranjo retangular de microlentes

instalado no foco do telescópio. Cada microlente, portanto, recebe a luz de uma pequena parcela do objeto, e a focaliza sobre a entrada de uma fibra óptica. Esta última transporta a luz até o espectrógrafo propriamente dito, que tem como função analisar a intensidade da luz em função do comprimento de onda, revelando as linhas espectrais presentes. No caso do SIFS, tomamos a decisão de utilizar um arranjo retangular de 26 por 50 microlentes, num total de 1300. Isto significa que a imagem de um objeto acaba sendo transportada por 1300 fibras ópticas. Uma das vantagens dos espectrógrafos que utilizam fibras ópticas é que eles não precisam ficar no foco do telescópio, mas podem ser instalados num lugar mais prático e espaçoso, sem limitações de peso e sem o problema de inclinação que varia com a posição do telescópio. O instrumento se divide naturalmente em duas partes, aquela que tem por objetivo alimentar a entrada das fibras ópticas, a “fore-optics”, instalada no foco do telescópio, e o espectrógrafo de bancada, montado em outro lugar, as duas partes estando interligados pelo cabo de fibras ópticas. No caso do SOAR, o espectrógrafo de bancada é fixado numa parede lateral da estrutura de movimentação altazimutal do telescópio, e o cabo de fibras tem 13 m de comprimento.

Uma das decisões fundamentais para a definição de todo o instrumento foi o diâmetro das fibras. Na entrada do espectrógrafo, ou seja, no lado de saída de luz das fibras, estas são rearranjadas em forma de uma única linha, constituindo o equivalente da fenda de entrada de um espectrógrafo clássico. Ao longo desta linha, as fibras são encostadas umas nas outras quase sem espaçamento. Quanto menor o diâmetro das fibras, menor o comprimento desse alinhamento de fibras, e em consequência, menores serão os componentes ópticos (muitas lentes e redes de difração) que constituem o espectrógrafo. Cabe lembrar que o custo de lentes ópticas depende fortemente de suas dimensões. Havia na época uma divergência de opinião entre grupos de pesquisa que achavam que as fibras não poderiam ter menos de 100 microns de diâmetro, sob pena de apresentarem perdas elevadas, e um grupo da Austrália que garantia que poderiam ser usadas fibras de 50 microns. Decidimos então construir um protótipo com um número menor de fibras, e com um espectrógrafo simples, para testar principalmente a viabilidade da tecnologia de fibras menores. O protótipo funcionou em 2000 no LNA (Laboratório Nacional de Astrofísica), e com isto decidimo-nos pelas fibras de 50 microns (chegando a 75 microns com o revestimento externo). O protótipo foi designado Eucalyptus em homenagem aos australianos que tiveram contribuição importante em sua concepção.

O número de fibras foi determinado principalmente pelas dimensões dos detectores CCD sobre os quais seriam formados os espectros. Os maiores CCDs possuem 2000 linhas de pixels, e construindo um mosaico quadrado de 4 CCDs se conseguiria um total de 4000 linhas. Com cerca de 1300 espectros (mais precisamente 1325, devido a um pequeno arranjo adicional de microlentes para medir o fundo do céu), cada espectro seria analisado por 3 linhas (ou melhor, duas linhas para o espectro de uma fibra e 1 linha de espaçamento entre 2 espectros). Tal grau de adensamento era considerado o limite do que seria viável.

O espectrógrafo é basicamente constituído de um colimador, sistema de lentes que capta a luz na saída das fibras e a concentra num feixe paralelo, de uma rede de difração, que tem por objetivo separar a luz em seus diferentes comprimentos de onda, e de uma câmera, cuja função é focalizar novamente a luz sobre o CCD no qual são registrados os espectros. As especificações recomendadas pelo SAC eram bastante severas, sugerindo que o “rendimento” do espectrógrafo fosse maior que 15% incluindo o efeito somado de todo o sistema, desde o telescópio até o CCD. O rendimento é a razão entre a energia efetivamente aproveitada pelo detector e a energia que incide sobre o espelho do

telescópio, na faixa de comprimentos de onda de 350 nm até 1000 nm. Para atingir essa meta, as principais condições a serem preenchidas foram: 1) um excelente projeto de todo o conjunto de lentes, 2) seleção adequada do material das fibras ópticas e cuidados no polimento e colagem das extremidades das mesmas para evitar “stress” nas fibras, que gera perdas, 3) tratamento anti-reflexivo das lentes, 4) adoção de redes de difração de transmissão do tipo “holográfica”. Faremos a seguir comentários sobre cada um destes itens.

O projeto óptico

Realizar um bom projeto óptico é algo que poucos projetistas no mundo sabem fazer. O colimador e a câmera têm no total 20 lentes, contando os componentes de dubletos ou tripletos de lentes colados entre si, incluindo-se lentes de fluoreto de cálcio. São utilizados dubletos ou tripletos para assegurar a acromaticidade, ou seja, o foco não deve mudar de posição em função do comprimento de onda. Rejeitamos dois projetos propostos inicialmente, porque não eram capazes de assegurar a qualidade da imagem da saída das fibras sobre o CCD para toda a faixa de comprimento de ondas. Foi utilizado o software traçador de raios ópticos ZEMAX para testar o resultado de projetos. O projeto proposto pelo australiano Damien Jones, já conhecido por outros projetos importantes para a astronomia, satisfaz as condições. Também são poucos os fabricantes de lentes capazes de cumprir as tolerâncias que foram especificadas para as lentes, e que se dispõem a fabricar lentes de fluoreto de cálcio, um material difícil de trabalhar e polir, por ser friável. Encontramos na firma Harold Johnson, nos EUA, a competência necessária.

O sistema IFU: microlentes e cabo de fibras ópticas

O cabo de fibras ópticas, com 1300 fibras acopladas de um lado a uma matriz de microlentes, e de outro justapostas ao longo de um linha que forma a fenda de entrada do espectrógrafo, como descrito acima, é a peça mais delicada e tecnologicamente avançada do espectrógrafo SIFS. Chamaremos a seguir esse sub-sistema de IFU (Integral Field Unit).

A construção da IFU foi baseada no conceito da IFU SPIRAL construída no AAO, *Anglo Australian Observatory*. O cabo de fibras ópticas da IFU Eucalyptus que se encontra atualmente em operação no OPD/LNA, e que foi o protótipo para a construção do SIFS, foi montado na Austrália com participação de brasileiros, num programa de colaboração bem sucedido. Enquanto que na IFU Eucalyptus as fibras ópticas são dispostas, no arranjo de entrada de luz, numa matriz de 16 linhas por 32 colunas, no SIFS o arranjo é de 26 linhas por 50 colunas.

O arranjo matricial apresenta-se como uma superfície polida que contém as fibras nas posições corretas. Um arranjo matricial de microlentes de sílica é colado então na superfície do arranjo matricial de fibras, casando cada fibra com uma microlente. O alinhamento em questão tem como objetivo superpor o eixo óptico principal de cada microlente do arranjo com eixo óptico principal de cada extremidade das fibras ópticas. O arranjo matricial de saída por outro lado é feito montando as terminações das fibras ópticas lado a lado, criando assim uma fenda luminosa para o espectrógrafo.

Embora o conceito não tenha sido mudado entre as IFUs SIFS, Eucalyptus e SPIRAL, a IFU SIFS requisitou uma gama imensa de inovações tecnológicas, dado o fato de utilizar 1300 fibras ópticas com 50 microns de diâmetro de *core*. O principal problema apresentado foi dispor as fibras ópticas em arranjos termicamente estáveis, precisos e robustos. No arranjo de saída a solução foi construir a *slit* ou fenda luminosa utilizando pequenos blocos, cada um com 50 fibras, disposto lado a lado integrando uma pequena curva exigida pelo projeto óptico do espectrógrafo. O material escolhido para fazer os

blocos foi o Quartzo para evitarmos qualquer problema de expansão térmica, dados os intensos gradientes de temperatura dos observatórios andinos.

Para resolver o mesmo problema no arranjo de entrada, foi necessário substituir as antigas placas de bronze micro perfuradas por um material menos susceptível a variações térmicas e com melhor aderência no processo de cementação com o arranjo de microlentes. Foi então necessário desenvolver um compósito cujo substrato básico é feito com o próprio epóxi utilizado na cementação das fibras ópticas. O compósito em questão utiliza granulagem de material refratário para se constituir em um material adequado a aderência, polimento e estabilidade térmica. A precisão de disposição das fibras no arranjo matricial de entrada foi conseguida usando um processo de guiagem com máscaras metálicas de níquel, com 100 micros de espessura, obtidas por processos de eletro erosão. O material compósito pode ser perfurado sem muita precisão, já que o que vai garantir a precisão final das fibras será a máscara. Depois da secagem do epóxi, o polimento remove a máscara metálica deixando apenas as fibras polidas, precisamente fixas numa matriz de 25 por 50 pontos. Todo esse processo requereu o desenvolvimento de tecnologia específica de polimento e montagem de fibras ópticas.

A fibra óptica escolhida foi a *Blue fibre* Polymicro 50/60/75/200. A IFU/SIFs foi construída com 1325 segmentos de aproximadamente 15 metros donde 1300 segmentos são dispostos numa matriz coletora de 25 por 50 fibras. Os 25 segmentos restantes são dispostos em uma matriz de 5 por 5 segmentos que compõem o que é chamado de coletor de amostra de céu. O comprimento total do tubo principal da IFU é de aproximadamente 14 metros. Um metro das fibras é acondicionado numa caixa de alívio que segue um desenho mecânico adequado ao alívio de tensão durante o movimento do telescópio. Outro fator característico da fibra óptica é sua degradação focal a qual é expressa pela quantidade de energia que se perde na saída de uma fibra óptica em função da relação entre o $F/\#$ de saída utilizado e a quantidade de luz total que sai da fibra, para um dado $F/\#$ de entrada. Foram feitas medidas de degradação focal efetuadas com várias amostras de fibras escolhidas para nossa IFU, para uma razão focal de entrada de $F/5.5$. O arranjo de microlentes produzido pela empresa alemã LIMO e que utilizamos na IFU tem razão focal de $F/5.5$ o que nos obriga a trabalhar com razão focal $F/5.5$ na saída das fibras. Isso revelou um aproveitamento médio de 80% para as fibras ópticas. Essa variação ocorre devido à degradação focal da fibra óptica. A degradação focal existe devido a dois fatores, o primeiro fator é intrínseco da fibra e o segundo é definido pelo manuseio e trabalho efetuado com a fibra em questão. Dessa forma foi de extrema importância desenvolver tecnologia que nos permitisse manusear as fibras ópticas sem incrementar sua degradação focal natural.

Nossa IFU foi construída de tal forma que os 1325 segmentos de fibras ópticas fossem previamente inseridas em tubos de proteção e condutos flexíveis. Dois tipos de tubos foram utilizados para compor o conduto de fibras. O primeiro é um tubo plástico flexível, fino e de dupla constituição, uma interna de polímero PTF e outra externa de plástico com separação intercapilar de micro-fios de seda. Esse tipo de tubo encerra 50 segmentos de fibras ópticas de aproximadamente 15 metros de comprimento. O segundo tubo é um conduíte com colunas anulares de aço flexível, encapado com malha de aço e serve para conter e proteger os tubos plásticos. Nesse esquema, foram montados 26 tubos do primeiro tipo com 50 fibras cada e 1 tubo com 25 fibras, e todos eles foram inseridos no conduíte de proteção. Conforme o telescópio se movimenta, o conduíte se estende ou se curva para o tipo de movimento. Portanto é de se esperar que as fibras tenham algum tipo de folga para se ajustarem dentro dos tubos plásticos. Para isso foi construída uma caixa de passagem próxima da extremidade de saída da IFU. Dentro da caixa de passagem foi feito um círculo com os conjuntos de fibras ópticas de modo que o alongamento ou encurvamento do conduíte permite que as fibras se ajustem pela diminuição ou aumento do raio do círculo. Cada grupo de fibras forma seu próprio círculo e é separado dos demais por placas de acrílico.

Finalmente, todo um conjunto de dispositivos mecânicos de ajuste de tilt e posição, juntamente com as caixas de proteção e chassis de suporte foi projetado e construído definindo toda a estrutura externa da IFU.

Isso garante sua completa instalação no telescópio obedecendo todos os requisitos de engenharia do grupo SOAR.

O projeto mecânico

Na fase de concepção do projeto, foram estudados o formato, dimensões e disposição e dos elementos mecânicos que constituem o “fore-optics” e o “espectrógrafo de bancada”, com auxílio de programas tipo AUTOCAD. Mais tarde o grupo contou com a participação de um engenheiro mecânico brasileiro (Fernando Santoro) que, antes de se aprofundar no projeto do SIFS, realizou um estágio em instrumentação óptica junto ao CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory, no Chile). Ele desenvolveu naquele observatório o ISB (Instrument Selector Box) do SOAR, um bloco que faz a interface entre o telescópio e os diversos instrumentos que ficam montados prontos para o uso. O ISB contém os sistemas de espelhos móveis que permitem jogar o feixe de luz do telescópio para um instrumento selecionado. Com isso, nosso engenheiro se familiarizou com as melhores práticas dos sistemas opto-mecânicos usados em telescópios, como também conheceu em detalhe o ISB e habitat no qual o SIFS seria instalado. De volta ao Brasil, Santoro realizou a transformação de projeto conceitual para projeto detalhado, com todos os problemas resolvidos, e dimensões precisas de cada elemento, ficando o projeto pronto para a fabricação. Esta fase também exigiu criatividade, sendo que várias soluções propostas anteriormente foram alteradas.

Faremos uma breve descrição da parte mecânica das duas partes principais do SIFS, ilustrados nas fotos. O fore-optics contém um sistema de troca do “ganho” da amplificação da imagem, sendo essa troca efetuada por controle remoto, pelo deslocamento da placa no qual estão montados os conjuntos de lentes. Substituindo as lentes que focalizam a imagem do objeto astronômico observado sobre a matriz de microlentes, pode-se optar entre duas magnificações do referido objeto. Isto permite ao astrônomo decidir se ele prefere dar prioridade a um maior campo observado, ou a uma maior resolução espacial. Foi reservado espaço para um terceiro sistema de lentes, caso uma opção adicional de ganho se mostre desejável no futuro. A caixa de “fore-optics” contém também uma roda de filtros, cuja finalidade é eliminar partes da faixa espectral que penetra no espectrógrafo e que poderia gerar superposição de ordens espectrais e confusão de linhas, no espectro final. Contém ainda um sistema óptico munido de uma pequena câmera que permite acertar o foco do telescópio, e os suportes de lentes fixas e dos IFUs principal e de referência do fundo de céu. Todos os suportes de lentes possuem ajustes para o alinhamento das mesmas.

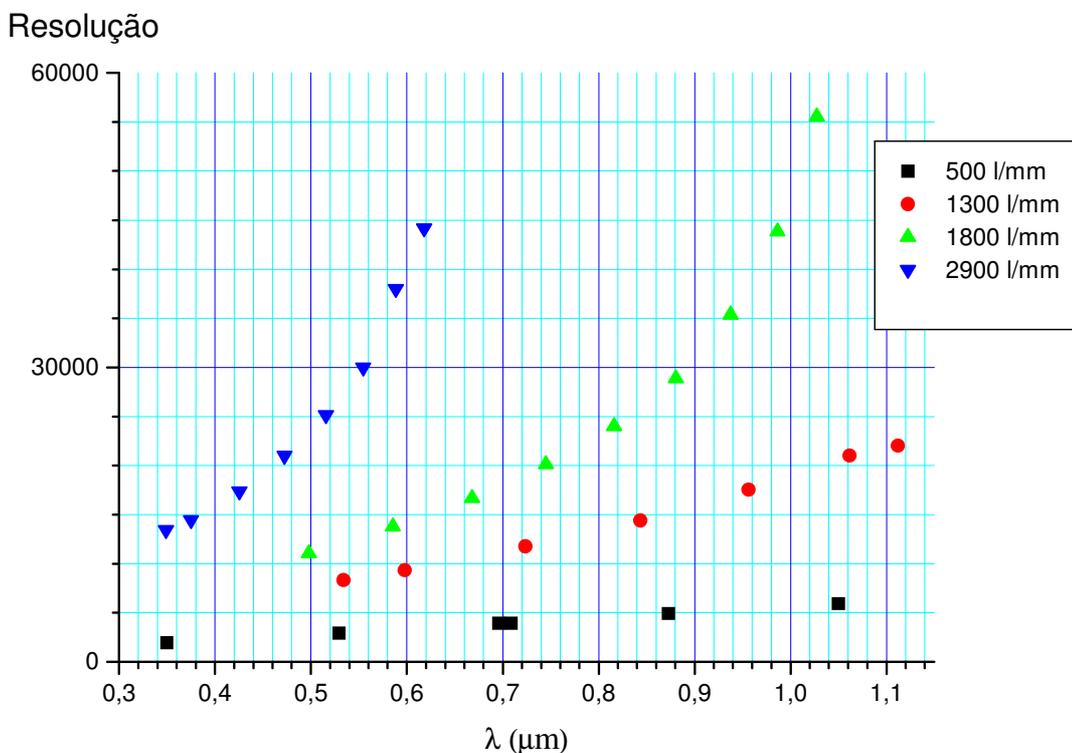
O espectrógrafo de bancada ou “bench spectrograph” é montado sobre uma ampla mesa de 3 m de lado, que é o equivalente de uma bancada de laboratório, no qual estão montados o colimador, o sistema trocador de redes de difração, a câmera e o suporte do “dewar” que contém o mosaico de detectores CCD. O trocador de redes, além de oferecer a possibilidade de escolher a rede a ser usada numa observação, permite ajustar o ângulo da rede com relação ao feixe incidente. Como o feixe é defletido pela rede de difração, a câmera também deve ter sua posição ajustada para cada rede e cada faixa de comprimento de onda que se pretende observar. Ou seja, tanto o trocador de redes quanto a câmera (junto com o suporte do dewar) são montados sobre mesas giratórias controladas por controle remoto. Ambas mesas deslizam sobre trilhos circulares fabricados pela empresa THK. A precisão de posicionamento angular é de 1 miligráu. Novamente, todos os suportes de lentes são ajustáveis, para alinhamento. No apêndice A é dada uma descrição mais detalhada da parte mecânica deste projeto.

Redes de difração

Foi tomada a decisão de se usar redes de difração do tipo Volume Phase Holographic (VPH), para serem utilizadas no SIFS, tendo em vista seu alto desempenho, embora essas redes fossem uma novidade e existissem apenas dois fabricantes na época, funcionando ainda numa base experimental. As redes VPH são construídas por um processo fotográfico no qual se produz franjas de interferência sobre uma superfície gelatinosa, que registra as mesmas, produzindo alternância de regiões com maior ou menor índice de refração. As redes operam no regime da lei de Bragg, onde o ângulo de deflexão, é igual ao ângulo de incidência. Isto implica que o deslocamento angular da câmera, com relação ao feixe vindo do colimador, será o dobro do deslocamento da rede de difração.

Usando o programa Gsolver, que usa o tratamento RCWA (Rigorous Coupled Wave Analysis), foram simuladas as redes. Uma vez escolhida a frequência da rede, e seu período, d , existem outros parâmetros que influenciam a curva de eficiência: a amplitude de modulação do índice de refração do material fotossensível, Δn , e a espessura deste material, D . No trabalho de simulação foi procurada a melhor combinação de Δn e D . Todos estes parâmetros foram passados para o fabricante, na especificação da rede.

Cada rede, especificada principalmente pelo número de linhas por milímetro, apresenta uma resolução que varia rapidamente com o comprimento de onda. Foi isto que nos levou a necessidade de oferecer várias redes, de forma que se pudesse encontrar uma que tivesse a resolução desejada, numa dada faixa de comprimento de onda. No final, as redes conseguem cobrir todo o espectro de maneira satisfatória: proporcionam alta eficiência e ampla faixa de resoluções, como ilustrado na figura.



Dificuldades e causas de atraso

Num projeto desta dimensão, com duração de vários anos, é normal que aconteçam dificuldades para se manter a equipe, além de imprevistos. Por exemplo um sério prejuízo para o projeto ocorreu quando, devido a alta do dólar, a FAPESP parou todas as importações por cerca de 1 ano e meio. Isto aconteceu justamente quando estávamos na fase de importação de componentes ópticos (lentes, redes de difração, fibras ópticas). Numa época posterior tivemos dificuldades com uma firma de São José dos Campos, com a qual tínhamos contratado a realização dos desenhos mecânicos detalhados e a fabricação das partes mecânicas. A firma quis aumentar por um fator importante seus preços depois de um ano de andamento do contrato, e nós não aceitamos. Houve um longo período de negociações até que a firma aceitasse entregar o que já tinha sido construído. Num outro momento, a descoberta de que a plataforma sobre a qual seria instalado o espectrógrafo, no telescópio, não possuía a rigidez necessária, obrigou a um redesenho de parte do suporte. Problemas de saúde e vencimento de contratos temporários completaram o quadro de dificuldades.

Principais responsabilidades

Responsável frente à FAPESP: Beatriz Barbuy (IAG-USP)

PIs (fase inicial) Jacques Lepine (IAG-USP) e Clemens Gneiding (LNA)

Responsável pelo projeto mecânico : Fernando Santoro (LNA)

Responsável pela construção do IFU e cabo de fibras ópticas: Antônio Cesar de Oliveira (LNA)

Concepção mecânica inicial, calculo das redes de difração: Militão Figueredo (IAG-USP)

Sistema de controle das partes móveis: Francisco Rodrigues

Gerenciamento do projeto na fase final: Keith Taylor e Antônio César de Oliveira

Software de redução de dados: Antônio Kanaan (UFSC)

Apendice A- Descrição mais detalhada da parte mecânica

O projeto mecânico do SIFS foi inicialmente conceituado pelo PI do projeto e pelo físico Militão Figueredo, contratado no IAG-USP para o projeto. Entretanto, dada a alta complexidade requerida no seu projeto opto-mecânico, ou seja, no desenvolvimento dos suportes de seus componentes ópticos, o projeto completo foi realizado por engenheiros do LNA, sob a direção de Fernando Santoro. Assim, seguindo a conceituação inicial do SIFS, este foi então dividido em três partes principais. Primeiro, o módulo do “fore-optics” que pode ser instalado em qualquer uma das portas laterais da caixa seletora de instrumentos do telescópio SOAR (“Instrument Selector Box” ou ISB) ou ainda na porta de instrumento visitante do instrumento SAM (“SOAR Adaptive Module”). Segundo, a IFU propriamente dita, que interfaceia com a parte traseira do chassis do “fore-optics”, percorre seu caminho ao redor da caixa seletora de instrumentos, desce através da plataforma Nasmyth e é convenientemente direcionado para o espectrógrafo de bancada suportado na lateral da estrutura de movimentação altazimutal do telescópio. Os componentes ópticos do “fore-optics” estão montados internamente a uma estrutura mecânica que tem as funções de: interface entre a ISB (através da sua flange de montagem) e a caixa de entrada da IFU (posicionada na sua tampa traseira); suporte estrutural para sub-conjuntos e mecanismos internos (o requisito primordial é estabilidade mecânica visto que o “fore-optics” pode ser rotacionado em até 360 graus durante operação); camera para isolamento térmico e de luz; e posicionamento de referências para alinhamento. Os componentes relativos a IFU principal estão posicionados no eixo óptico do instrumento. A IFU de fundo de céu é posicionada acima deste. Ambas IFUs são compostas por um conjunto de filtros, lente de magnificação, lente de campo e máscara. O projeto mecânico do “fore-optics”

possibilita a reconfiguração do SIFS com até três ampliações diferentes. Os filtros são montados em um mecanismo de posicionamento linear possibilitando o intercâmbio de até três filtros por IFU. Segue um mecanismo de posicionamento linear das lentes de ampliação e campo, e o mecanismo de máscaras das IFU montado logo a seguir. O alinhamento óptico do “fore-optics” foi facilmente alcançado com laser e luneta autocolimadora.

O projeto mecânico do cabo de fibras da IFU e de seus suportes de interface com o telescópio inclui uma caixa de entrada, uma caixa de saída e o cabo de fibras com 14 m de comprimento. Este projeto é bastante complexo principalmente devido ao movimento angular de derivação de campo da ISB. Tal movimento de rotação exige que o cabo de fibras seja parcialmente enrolado ao redor do suporte estrutural da ISB antes de ser direcionado através da plataforma Nasmyth. O projeto mecânico permite uma completa integridade das fibras ópticas. Foram ainda incluídos uma caixa de alívio de tensões e uma unidade de ajuste de comprimento das fibras ópticas.

O projeto mecânico do espectrógrafo de bancada foi estruturado a partir de seis subconjuntos, de acordo com funções bastante particulares no instrumento. Tais partes funcionais são descritas como segue.

(a)- Estrutura suporte da bancada: os componentes opto-mecânicos e de movimento estão montados sobre uma bancada óptica de precisão. A interface entre bancada e telescópio é dada por uma estrutura suporte que tem as funções de fornecer, ao instrumento, um ambiente estável e livre de vibrações sobre sua superfície de trabalho, ser de baixo peso, com centro de gravidade baixo e com posições definidas para acesso aos componentes internos para inspeção e montagem, ser suficientemente rígida e estável termicamente. A fim de garantir espaço adicional de acesso ao instrumento e alta rigidez com baixo peso, definiu-se uma bancada de seção octagonal de 2,4m de lado, projetada a partir de materiais compostos.

(b)- Sistema de movimento angular: Sobre a bancada óptica pode-se identificar quatro subconjuntos principais: dois de óptica fixa e dois de óptica móvel. Os conjuntos fixos são o conjunto colimador e o módulo de saída da IFU. Os conjuntos móveis são os mecanismos da camera-obturador (shutter)-criostato (Dewar) e o mecanismos das redes VPH. Os movimentos principais dos conjuntos móveis são duas rotações independentes em torno de um eixo vertical, passando pelo centro da bancada. Desta forma, adotou-se o uso de duas plataformas para a montagem dos componentes opto-mecânicos de cada conjunto. Tais plataformas são pivoteadas ao centro, solidárias ao seu respectivo sistema de movimento rotacional (em número de dois), e engastadas na outra extremidade, onde pode deslizar sobre uma guia circular. A rotação do sistema de movimento do conjunto camera-obturador-criostato é de duas vezes a rotação do sistema de movimento das redes.

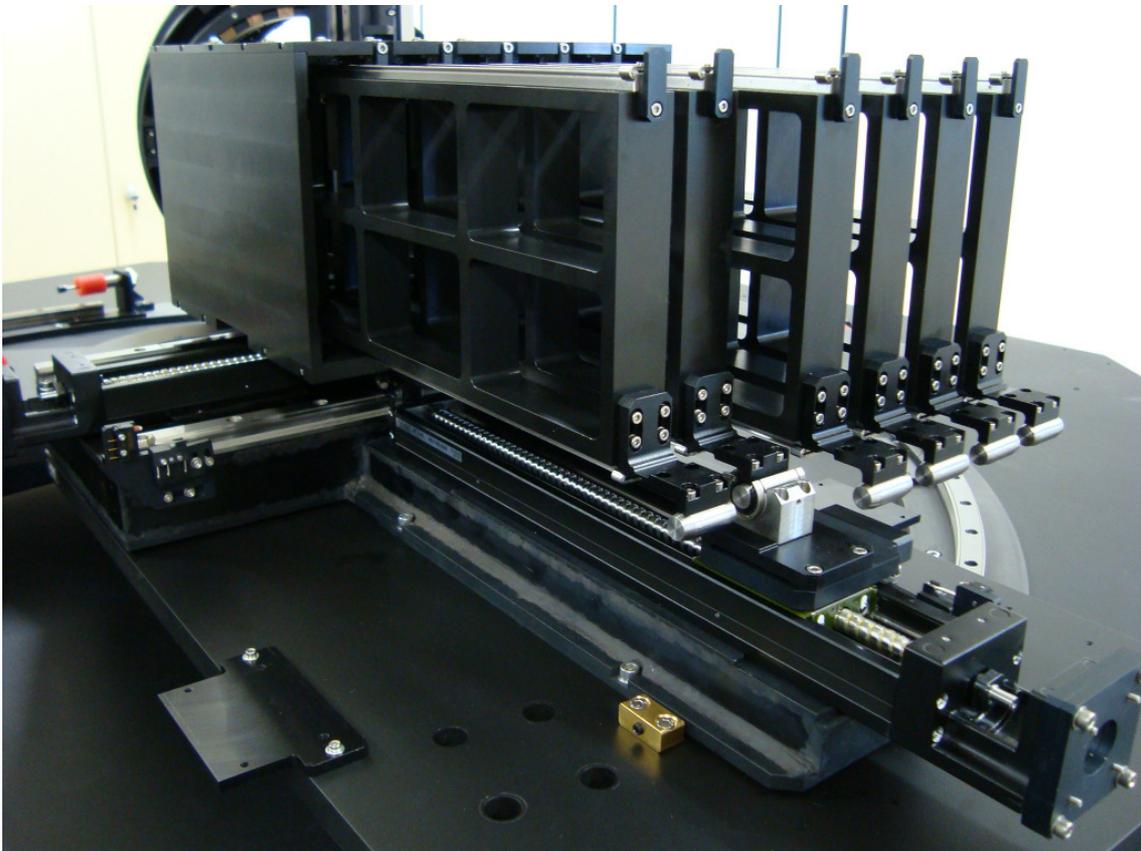
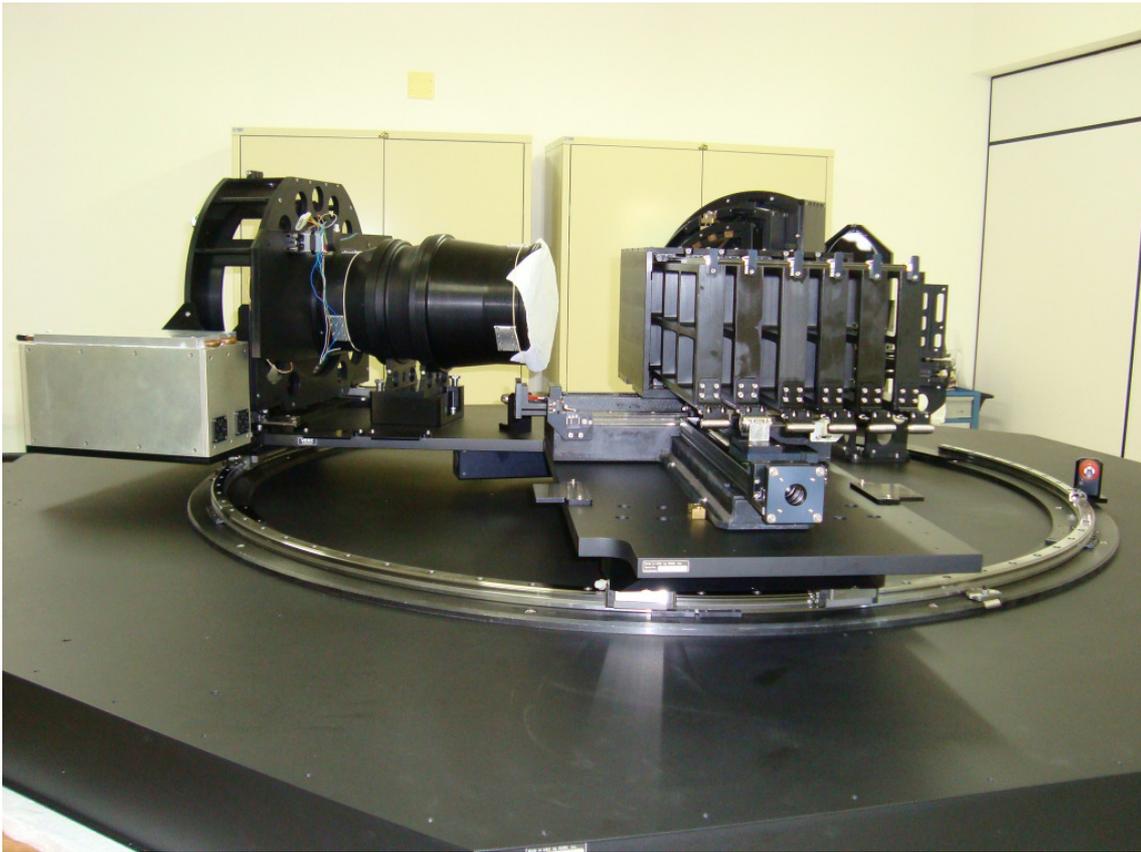
(c)- Conjunto colimador: É composto por um espelho e três lentes. Sendo um sistema catadióptrico fora de eixo e com razão focal dois, o alinhamento de seus elementos foi considerado como altamente crítico, o que quer dizer que não seria prudente esperar que se possa alcançar a precisão necessária como resultado do processo de fabricação. Ao contrário, todos os seus elementos necessitam se ajustados após montagem. Ajuste de descentragem foram incluídos no projeto.

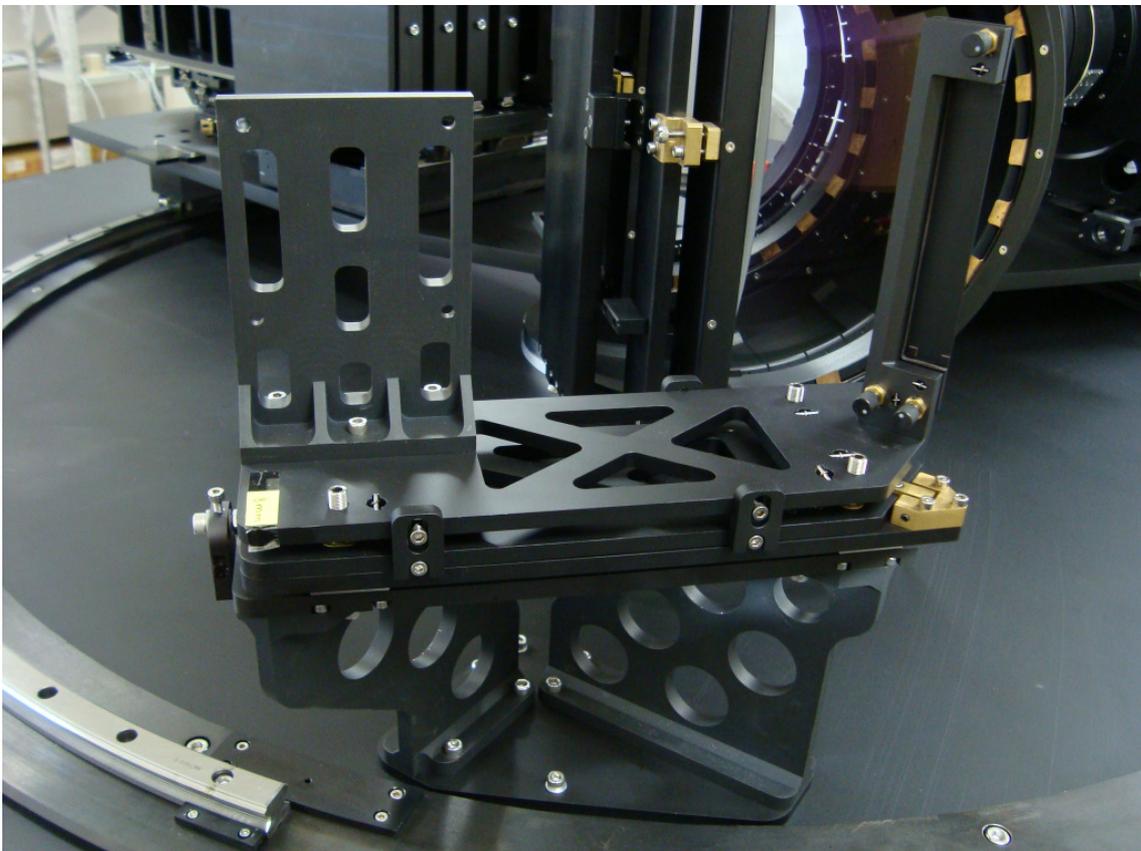
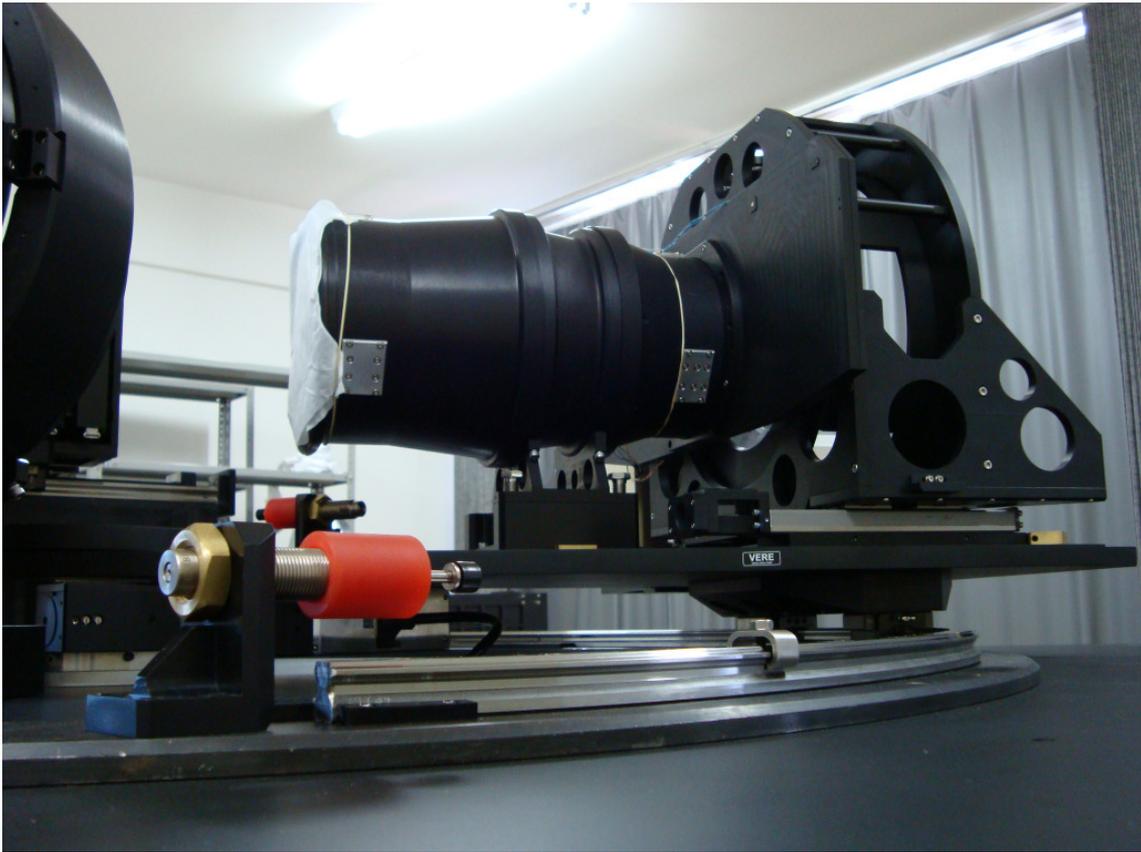
(d)- Conjunto camera-obturador-criostato: O conjunto é fixado sobre uma plataforma rígida, tendo liberdade de rotação sincronizada com o conjunto das redes VPH. A camera possui cinco componentes de diversos materiais, incluindo fluoreto de cálcio. O conjunto obturador, com acionamento remoto, é posicionado entre as lentes da camera. O criostato é posicionado a seguir, sendo montado sobre um sistema de movimento linear que permite ajustes remotos de foco.

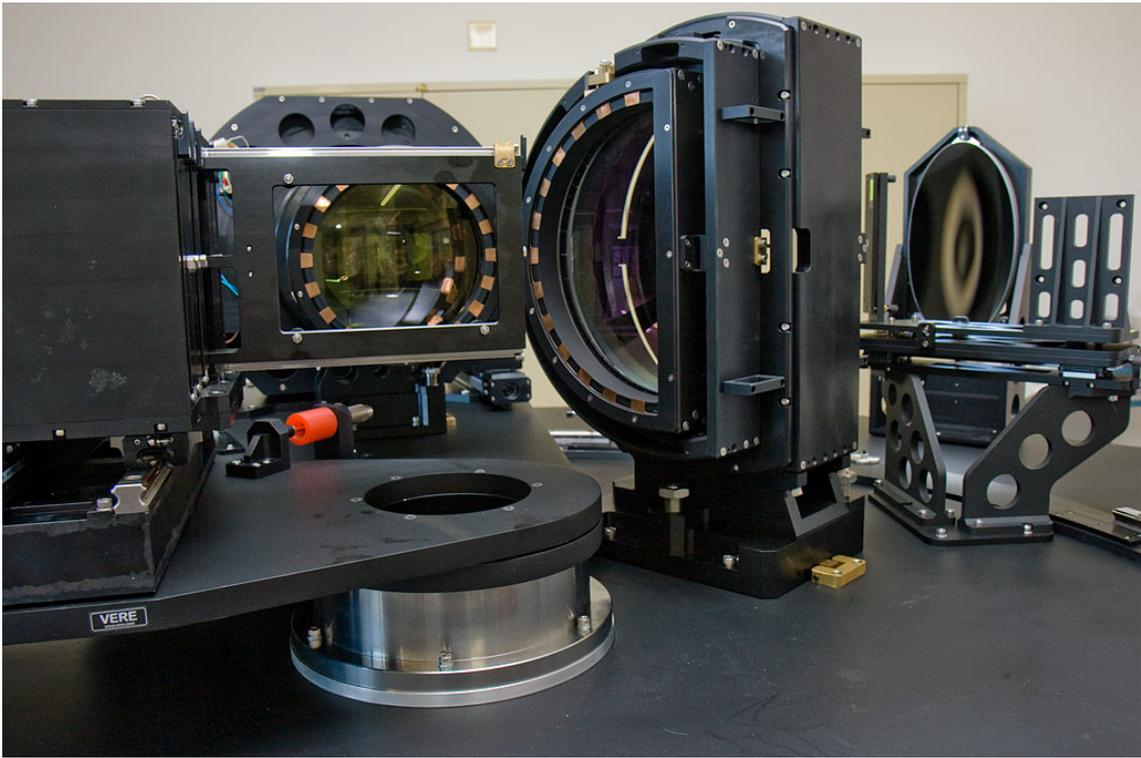
(e)- Mecanismo de intercâmbio das redes VPH: Este mecanismo é composto por três sistemas de movimento, controlados remotamente, sendo dois lineares e um angular. O primeiro, linear, é o mecanismo de intercâmbio das redes. É responsável por selecionar uma dentre as seis redes que estão disponíveis dentro de um magazine porta redes. O segundo, também linear, é um mecanismo responsável por posicionar a rede selecionada no centro da bancada, perfeitamente alinhada com os conjuntos camera-obturador-criostato e colimador. É requisito de projeto que tal posicionamento seja preciso e estável no que diz respeito ao posicionamento rede a rede, ou seja, as seis redes terão suas linhas ajustadas para serem coincidentes uma com relação às outras e todas com relação ao eixo óptico do espectrógrafo. O terceiro sistema de movimento, rotacional, permite que a rede selecionada mantenha um ângulo correto com relação aos conjuntos câmera-obturador-criostato e colimador (giro em torno do eixo central da bancada). É desta forma então que os conjuntos lineares serão montados sobre uma plataforma que, por sua vez, será montada sobre um estágio de rotação, em uma de suas extremidades. A outra extremidade será suportada por uma guia circular.

(f)- Cobertura: O telescópio SOAR está localizado em um sítio sujeito a rajadas de ventos. Estas rajadas carregam impurezas de diversas naturezas, exigindo que tanto os componentes ópticos de precisão, quanto os instrumentos periféricos sejam protegidos. Proteção contra contaminação de luz externa é uma exigência natural para a instrumentação científica, sendo conseguida através de armadilhas de luz. Para o espectrógrafo de bancada SIFS, dadas suas dimensões e posição de operação sobre a plataforma lateral do Telescópio SOAR, foi requisitado o desenvolvimento de projeto de uma cobertura com especificações bastante particulares. De uma forma geral, esta cobertura foi projetado como sendo leve, com razoável rigidez e com armadilhas de luz e poeira entre todas as peças que são passíveis de serem movidas. Além disto, permite fácil acesso a todos os componentes internos e possuir inércia térmica alta, visto que o espectrógrafo não deverá possuir controle térmico automatizado.

Seguem fotos do instrumento tiradas recentemente, após montagem final no LNA/MCT.







Caixa de entrada montada já com os arranjos de microlentes acoplados ao arranjo de fibras ópticas



Caixa de entrada com arranjo de entrada de luz nas fibras ópticas



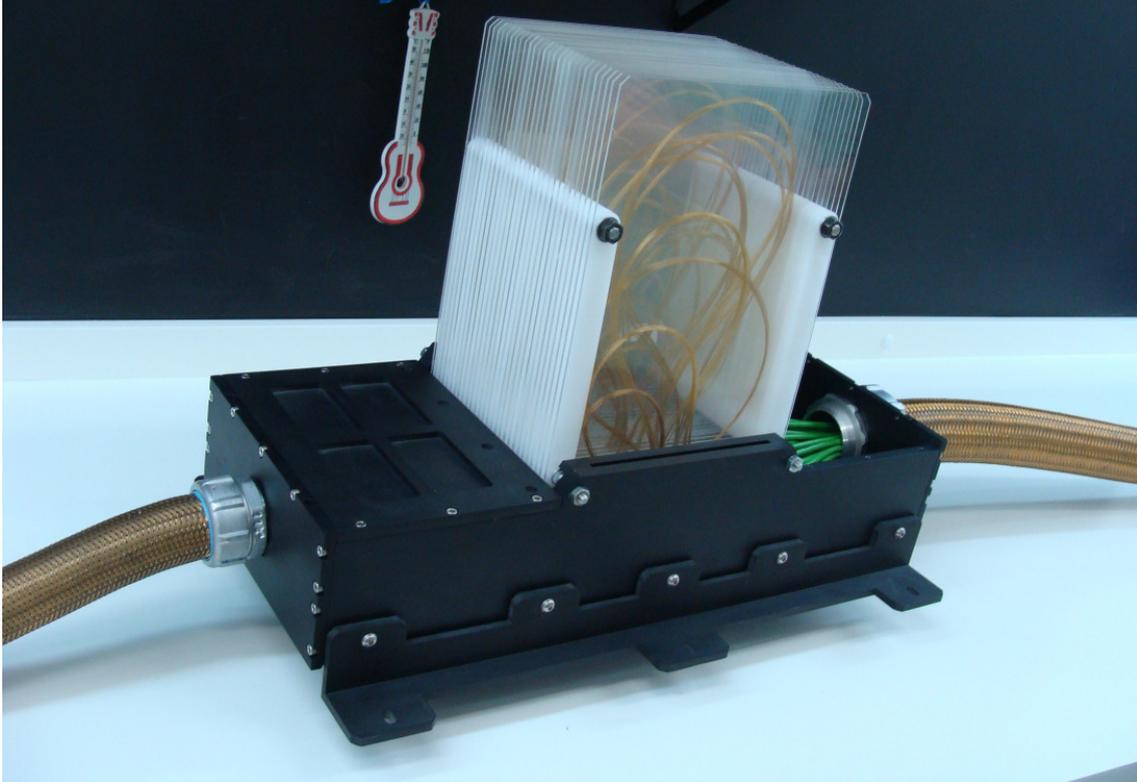
Caixa de alívio de tensão dos grupos de fibras ópticas da IFU SIFs



Detalhe visual das fibras ópticas dentro da caixa de alívio de tensão



Caixa de alívio de tensão para os grupos de fibras ópticas





Visão completa da IFU SIFs

Imagem da IFU SIFs mostrando a caixa de alívio e a caixa de saída



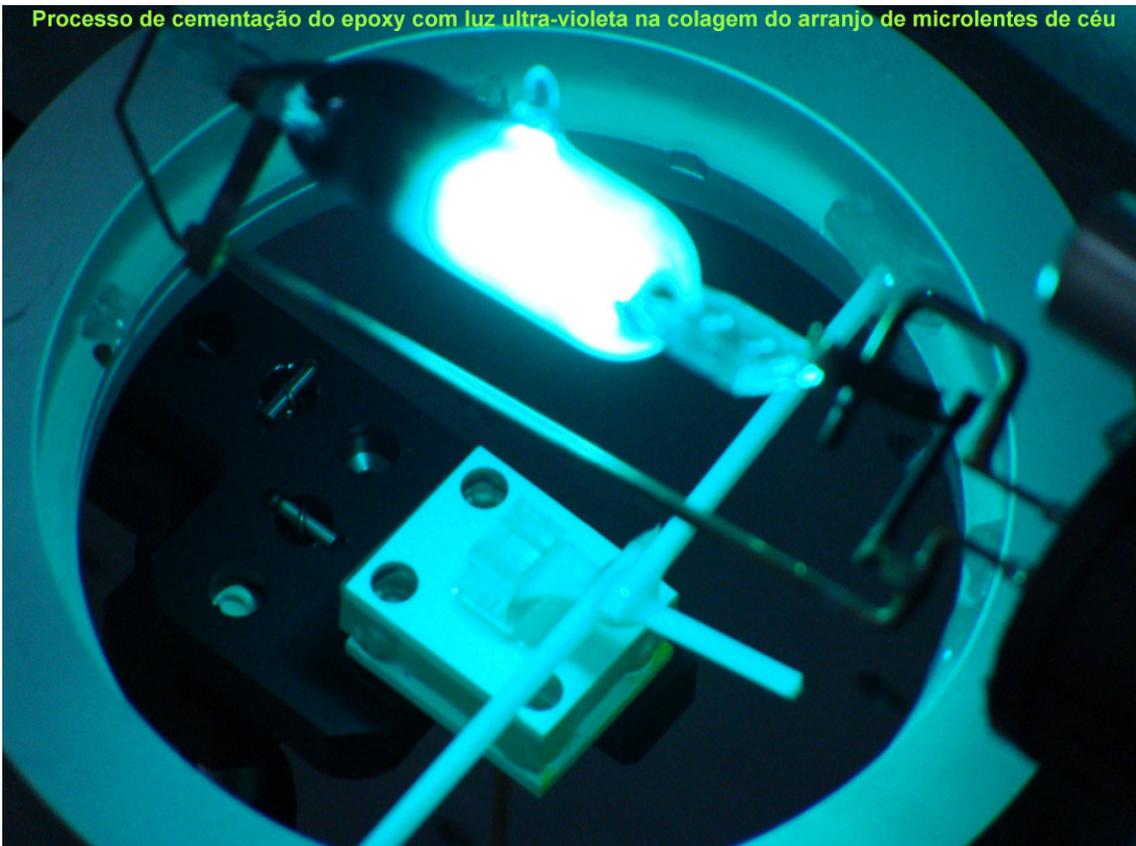
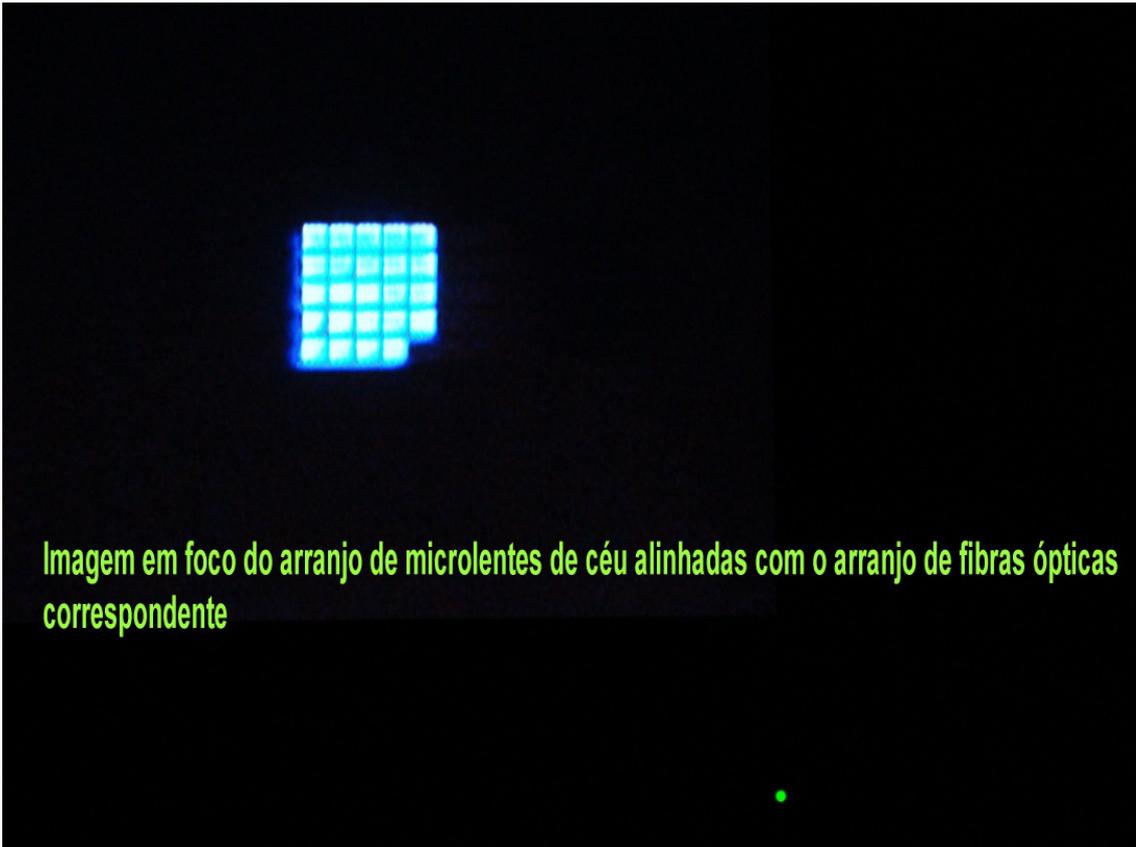
Imagem da caixa de entrada fechada, onde se situa o arranjo de microlentes acopladas as fibras ópticas



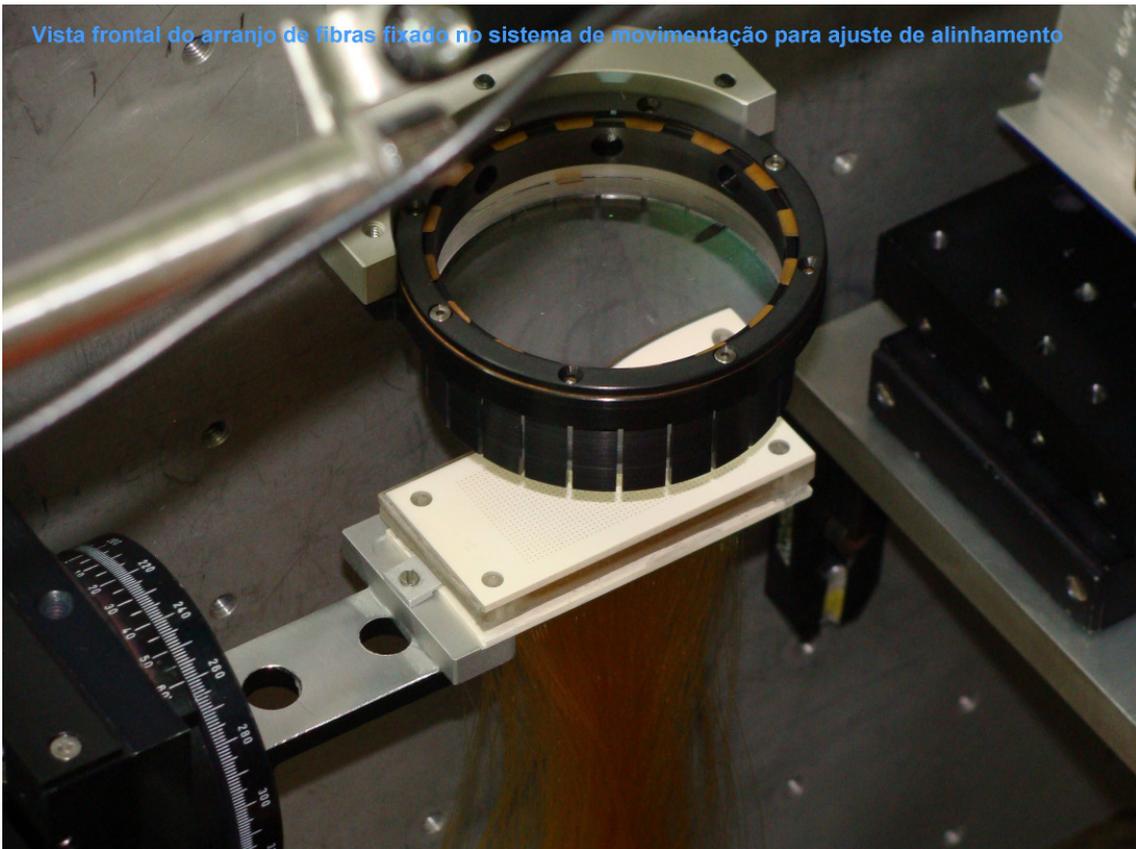
Arranjo de microlentes sendo colado no arranjo de fibras ópticas



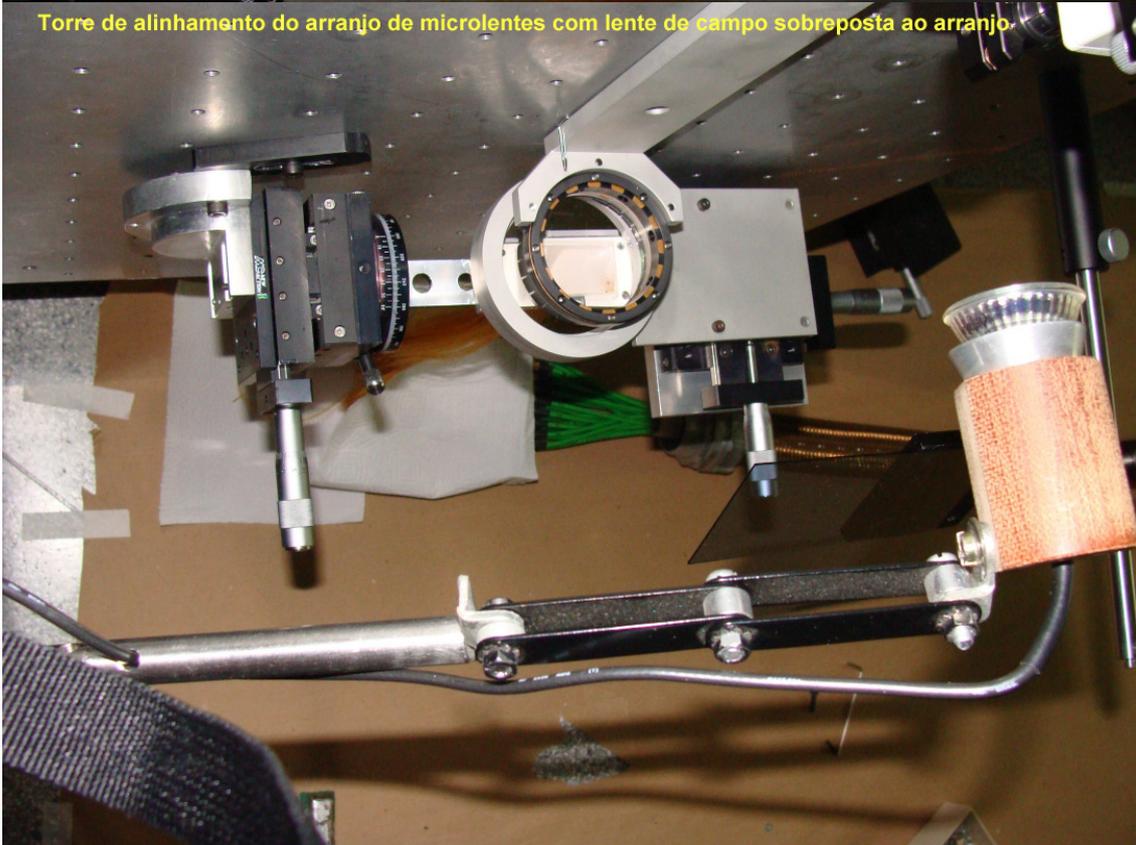
Imagem em foco do arranjo de microlentes alinhadas com o arranjo de fibras ópticas correspondente



Vista frontal do arranjo de fibras fixado no sistema de movimentação para ajuste de alinhamento

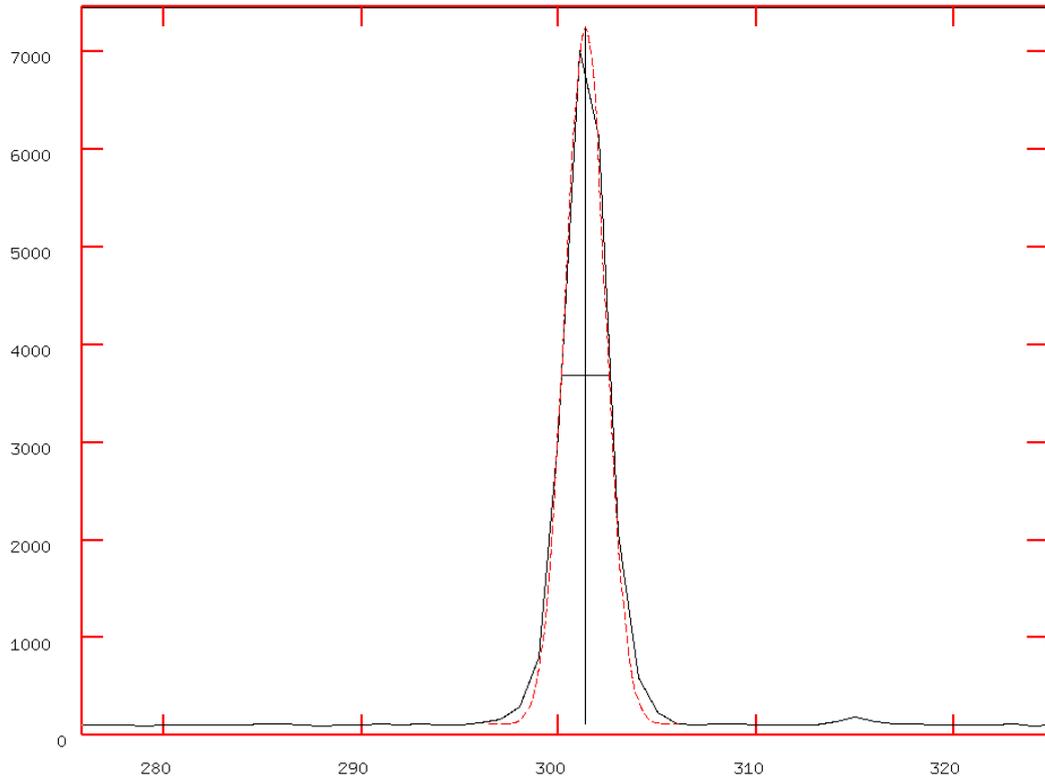


Torre de alinhamento do arranjo de microlentes com lente de campo sobreposta ao arranjo.

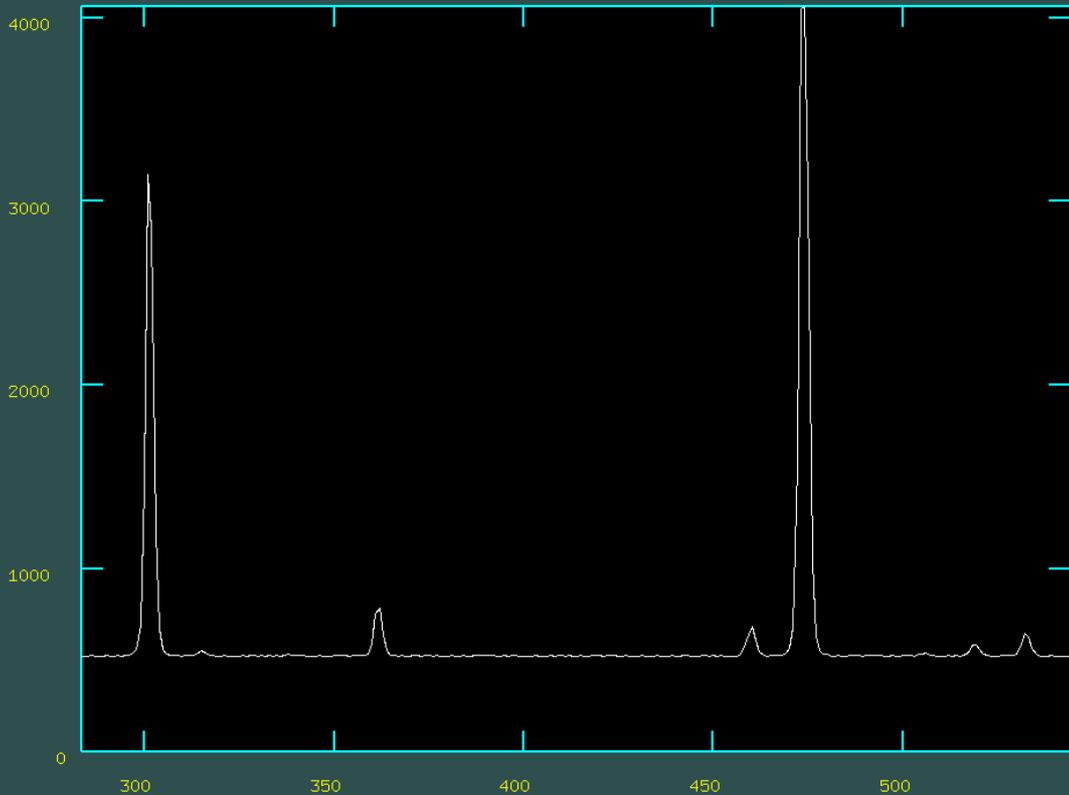


A seguir: espectros obtidos com o espectrógrafo SIFS, no LNA, com medida de lâmpada de neônio.

NOAO/IRAF V2.14.1 Pessoa1@Pessoa1-PC Sat 14:24:51 21-Nov-2009
[r1.fits[*],462,1]]: 0.5 ap:462 beam:0



NOAO/IRAF V2.14.1 Pessoa1@Pessoa1-PC Sat 17:19:16 21-Nov-2009
[r1[*],462,1]]: 0.5 ap:462 beam:0



White Paper

Participação Brasileira no Large Synoptic Survey Telescope

Kepler Oliveira

O LSST, Large Synoptic Survey Telescope, é um telescópio de 6,4m de diâmetro, de grande campo, que está sendo construído por um consórcio de parceiros americanos para ser instalado no Chile, no Cerro Pachon, ao lado do SOAR e Gemini, para fazer um levantamento fotométrico em 6 bandas fotométricas, até magnitude 26.5 final, mas atingindo magnitude 24 em 15s, e cobrindo todo o céu visível (10 000 graus quadrados) do local a cada 3 dias. Ele gerará 30 terabytes de dados por noite. Serão 200 mil imagens por ano, num total de 1.28 petabytes. A previsão de início de operações (primeira luz) é para janeiro/2015. Embora os dados tratados estarão disponíveis ao público, o acesso de alta velocidade às imagens, e a possibilidade de manter uma base de dados completa, será restrita aos parceiros. Neste momento somente instituições americanas, e o Chile, país onde será instalado o telescópio, são parceiras. A corporação está solicitando à National Science Foundation, dos Estados Unidos, o total de US\$ 389 milhões, sendo \$170 milhões para a construção do telescópio. Somente após o fim do US Decadal Survey, em abril de 2010, serão discutidas as possibilidades de parcerias internacionais. Fundos para operações serão considerados para parcerias internacionais, assim como parcerias para calibrações de dados. A corporação tem interesse que as parcerias internacionais sejam abrangentes em cada país, sem o favorecimento de um grupo em detrimento de outros. A maior dificuldade para o projeto será a transferência, manipulação, armazenamento e distribuição da imensa quantidade de dados, ponto em que o Brasil pode participar, se houver preparação e fundos adequados. A rápida escala de tempo de aquisição de dados e cobertura de todo o céu será crucial na detecção de asteróides que passam próximo à Terra e têm possibilidade de colidir com a Terra no futuro, além do estudo da variabilidade temporal de estrelas, galáxias e quasares. A profundidade das imagens também permitirá o estudo estatístico de nossa Galáxia e de outras galáxias, crucial para o estudo da matéria e energia escuras. Como o telescópio será instalado ao lado do Soar e Gemini sul, será de grande interesse de ampla parte da comunidade astronômica brasileira, desde o estudo de asteróides até do Universo como um todo, que poderá fazer estudos dos dados obtidos pelo telescópio diretamente, bem como realizar estudos detalhados posteriores com o Gemini e Soar, além dos telescópios menores no Brasil, se for o caso. Há portanto grande interesse de um grande número de pesquisadores de várias áreas na participação brasileira no projeto, tanto para ter acesso aos dados, quanto para capacitar o país a ter um centro de dados do projeto. Para o acesso à grande quantidade de dados diários, será necessário uma linha dedicada capaz de transferir os 30 terabytes diários desde o Chile até um centro de processamento de dados no Brasil, além de grande capacidade de armazenamento e processamento de dados.

Relatório de viagem

João Steiner (IAG-USP)
Albert Bruch (MCT/LNA)
Kepler Oliveira (UFRGS)

Objetivo:

Participação em reuniões com os projetos de ELTs (Extremely Large Telescopes) TMT (Thirty Meter Telescope) e GMT (Giant Magellan Telescope) em Pasadena, Califórnia. O objetivo da viagem foi de troca de informações sobre a possibilidade de participação brasileira em um desses projetos; coleta de informações para subsidiar a comunidade astronômica e o governo brasileiro no planejamento estratégico da astronomia brasileira.

Reuniões mantidas:

- 1 – Reunião do Science Committee do TMT; dias 27 e 28 de janeiro de 2010 no Caltech. Participou J.Steiner.
- 2 – Reunião com o Board of Directors do TMT; participaram J, Steiner, Albert Bruch e Kepler Oliveira, em 1 de fevereiro de 2010 no Caltech.
- 3 – Visita de J. Steiner ao laboratório de instrumentação do Caltech no qual está sendo construído o espectrógrafo infravermelho multi-fenda MOSFIRE, no dia 2 de fevereiro de 2010.
- 4 – Reunião de J. Steiner com a Presidente do Board od Directors do GMT, Wendy Freedman em 29 de janeiro de 2010, no Carnegie Observatories.
- 5 – Reunião com Matt Johns (Project Manager), Steve Schectman (Project Scientist) e Pat McCarthy (Project Director) do GMT. Participaram, J. Steiner, Albert Bruch e Kepler Oliveira em 31 de janeiro de 2010 no Carnegie Observatories.

Projeto TMT

1 – Reunião do Science Committee do TMT.

O TMT é um telescópio de 30 metros que vai ser construído em Mauna Kea, Hawai.

Participou dessa reunião um significativo número de pesquisadores americanos (quase todos do Caltech e da Universidade da Califórnia) e Canadenses. Participaram, também, dois pesquisadores japoneses e dois chineses, além dos responsáveis pelo projeto.

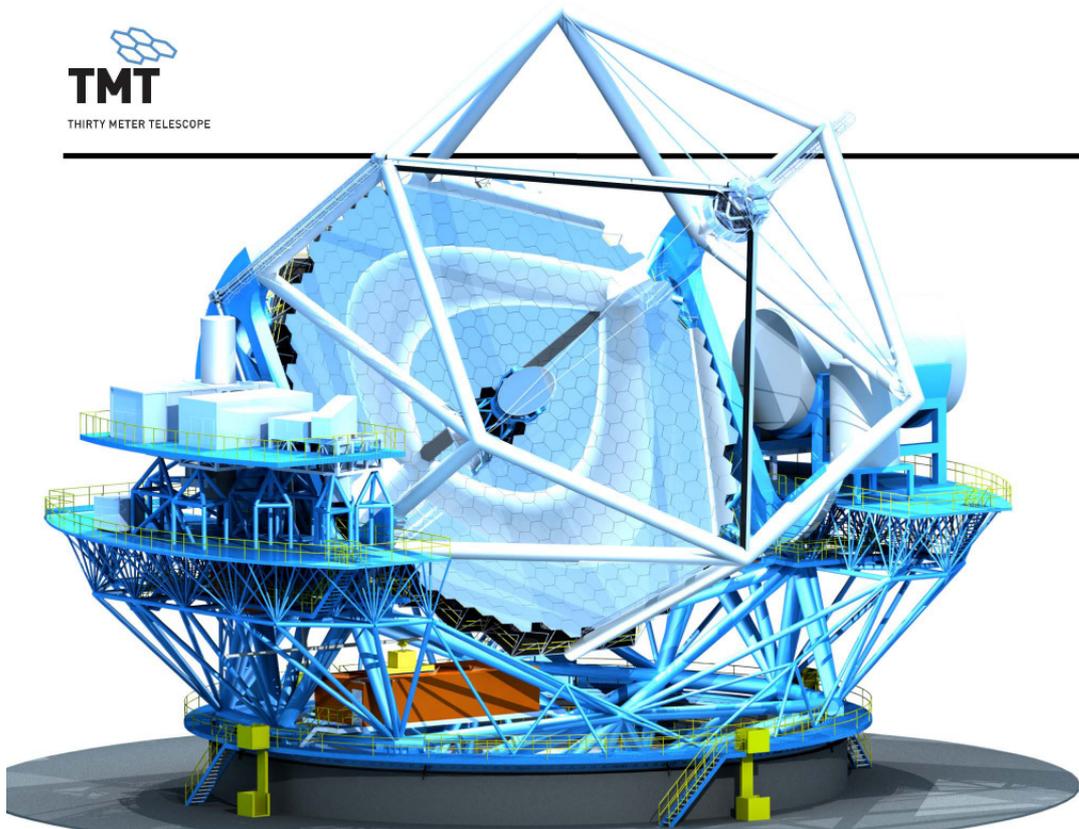


Figura 1 – O telescópio TMT

Foram revistos todos os custos dos equipamentos do telescópio, da óptica adaptativa e da instrumentação. Por recomendação do Board foi feito um exercício detalhado de propostas de corte de custos para um montante de 800 MUS\$ até a primeira luz. Entre as possíveis (mas improváveis) cortes de custos estão:

- Eliminação da base administrativa de Hilo (-12 MUS\$); seria alugado espaço temporário; o custo de construção em Hilo é absurdamente alto: 6 000,00 US\$/metro quadrado.

- Redução do FOV do telescópio de 15 arcmin para 10 arcmin; isso seria obtido com a redução do tamanho do espelho terciário (-10 MUS\$)

- Redução da óptica adaptativa com LGS. Isso reduziria de forma significativa (quase -100 MUS\$). Mas reduziria excessivamente a capacidade do telescópio no infravermelho o que gerou protestos sistemáticos da Andrea Ghez e outros. O telescópio

teria NGS na primeira luz e LGS seria implantado quando houvesse recursos para isso. Isso limitaria a cobertura do céu para AO a 1%.

- Instrumentos. Na primeira luz haveria apenas o WFOS (que não precisa de AO) e algum instrumento infravermelho (mas quase todos precisam de AO).
- Reduzir temporariamente a abertura do telescópio, excluindo os círculos exteriores de segmentos.

A avaliação geral, no entanto, é que o projeto será iniciado no final de 2011, com 986 MUS\$ incluindo AO com LGS e três instrumentos operando em primeira luz.

TMT Instrumentation

TMT instruments are currently divided into two categories: “Early Light” and “First Decade” Early light instruments are expected to be available at the start of TMT science operations. This category includes the following instruments:

- **Wide-Field Optical Spectrometer (WFOS)**
- **InfraRed Imaging Spectrometer (IRIS)**
- **InfraRed Multi-slit Spectrometer (IRMS)**

First decade instruments are expected to be commissioned within the first decade of TMT operations. They include (in no particular order):

- **Planet Formation Instrument (PFI)**
- **High-Resolution Optical Spectrometer (HROS)**
- **Mid-InfraRed Echelle Spectrometer (MIREs)**
- **InfraRed Multi-Object Spectrometer (IRMOS)**
- **Near-InfraRed Echelle Spectrometer (NIREs)**

Apresentação dos japoneses

Os japoneses fizeram uma apresentação muito impressionante. Eles estão muito bem estruturados, com um Project Manager e um Project Scientist. Eles avaliaram em detalhe cada componente do telescópio e da instrumentação e mapearam a capacidade da indústria japonesa de produzi-la.

Tendo em vista a capacitação da empresa Mitsubishi, entre outras, na construção do telescópio Subaru, a experiência deles é muito grande e de difícil competição.

O Japão submeteu um orçamento de 350 MUS\$ como sua contribuição para a construção do telescópio e de todos os 8 instrumentos previstos, mas não estão incluídos, aí, recursos para operação. Como os japoneses aspiram a participar com 22% a 25 % conclui-se que, na avaliação deles, o custo total do telescópio + 8 instrumentos é de 1.4 bilhões de dólares.

Apresentação dos chineses

Os chineses também possuem uma estrutura com Project Manager e Project Scientist. Eles aspiram a participar com um montante entre 12% e 18% do total do projeto.

Eles, no entanto estão muito menos organizados do que os japoneses. O principal problema, na opinião deles, é que eles não têm nenhuma experiência em telescópios grandes, sendo que o maior telescópio deles tem 2.5 m. Para sanar esse problema estão mantendo negociações com o CFHT, Palomar e Keck. Não foi mencionado, mas eles muito provavelmente vão adquirir uma fração dos ingleses no Gemini, principalmente se não conseguirem nada no Keck o que é bem provável.

2 – Reunião com o BOARD of Directors do TMT

Na reunião do Board a delegação brasileira teve a oportunidade de apresentar as aspirações básicas para a participação no TMT. Falou-se que nossa intenção inicial era de

- participar com 5% no projeto
- que considerávamos essencial a participação da indústria nacional na construção do telescópio
- e a participação da comunidade científica no desenvolvimento da instrumentação.

O Board deixou claro que o Brasil é muito bem vindo como parceiro, mas que, para que o Brasil pudesse ter assento no BOARD do TMT, a contribuição mínima teria que ser de 10%. O Board apóia a idéia de que se procure contratos com a indústria brasileira de até 70% da nossa contribuição.

O Board deseja concluir a parceria formal e iniciar a construção no final de 2011.

3 – Visita ao laboratório de instrumentação do Caltech no qual está sendo construído o espectrógrafo infravermelho multi-fenda MOSFIRE.

Na visita ao laboratório do Caltech, foi visto a montagem final do instrumento MOSFIRE. Trata-se de um espectrógrafo multi-fenda para o infravermelho próximo que está sendo construído para o telescópio Keck. Esse espectrógrafo possui 36 fendas ajustáveis em tempo real ao longo de 6 minutos de arco. Como ele tem a mesma razão focal que o TMT, ele poderia simplesmente ser clonado, com ligeiras modificações no “fore-optics”, passando a ter um FOV de 2 minutos de arco. O custo previsto é de 12 milhões de US\$ que, com um contingenciamento, passaria a 18 MUS\$.

Pelo fato de esse instrumento já ter seu projeto pronto, ele foi proposto como parte do pacote brasileiro para o TMT.

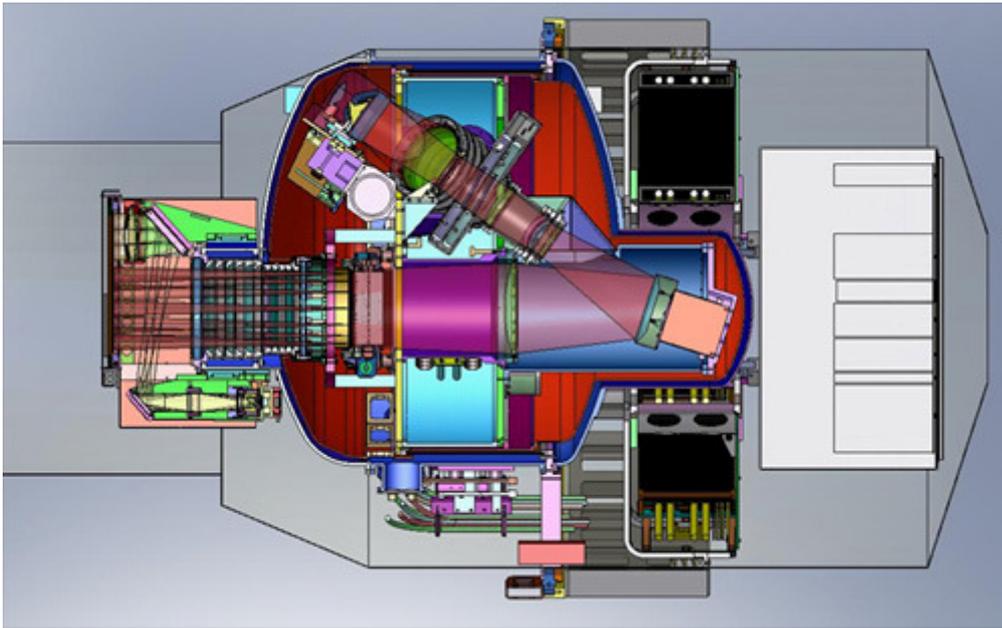


Figura 2 – Desenho do instrumento MOSFIRE

Projeto GMT

4 - Reunião com Wendy Fredman

Fomos contatados previamente pela Wendy Freedman (Diretora do Carnegie Observatories e Presidente do Board of Directors do GMT). Existe interesse do GMT em que o Brasil entre como sócio. O GMT já formalizou o consórcio, com regras estabelecidas, que conta com nove parceiros (entre eles a Austrália e a Coréia do Sul).

O objetivo inicial do consórcio era replicar a lógica dos telescópios Magellan, agora com 10 parceiros, cada um entrando com 10% dos custos (total de 706.1 MUS\$). Mas seriam aceitos parceiros com 5% e, também, com mais de 10%. Um parceiro poderia ter um ou no máximo dois membros e votos no Board. Para que um parceiro possa ter direito a voto, deve ter contribuído efetivamente com pelo menos 5% dos recursos comprometidos.

Perguntada explicitamente se o Brasil seria aceito com uma contribuição em capital de 35 MUS\$, a resposta foi expressamente positiva. Além disso foi perguntado se o Brasil poderia se envolver e, possivelmente, liderar a construção de um espectrógrafo óptico (a negociar) e ter envolvimento industrial na construção do telescópio em igualdade de condições com as indústrias de outros países, a resposta também foi positiva.

Quanto a contribuição industrial, o GMT contrata todos os itens pelo menor custo. Isso quer dizer que se a indústria brasileira se mostrar competitiva, ela poderia, por exemplo, ficar com todo o contrato do “Enclosure + Facility” para o que foram alocados 166.3 MUS\$ do projeto (isso inclui o projeto de engenharia, a ser realizado pela M3). Dada a proximidade do Chile e o custo da mão de obra no Brasil, aliados à experiência nesse tipo de empreendimento, não parece impossível se obter um contrato dessa natureza.

Ficou acertado que o Pat McCarthy e o Matt Johns farão uma visita ao Brasil na última semana de março ou na primeira semana de abril. A Wendy Freedman faria uma visita um mês depois.

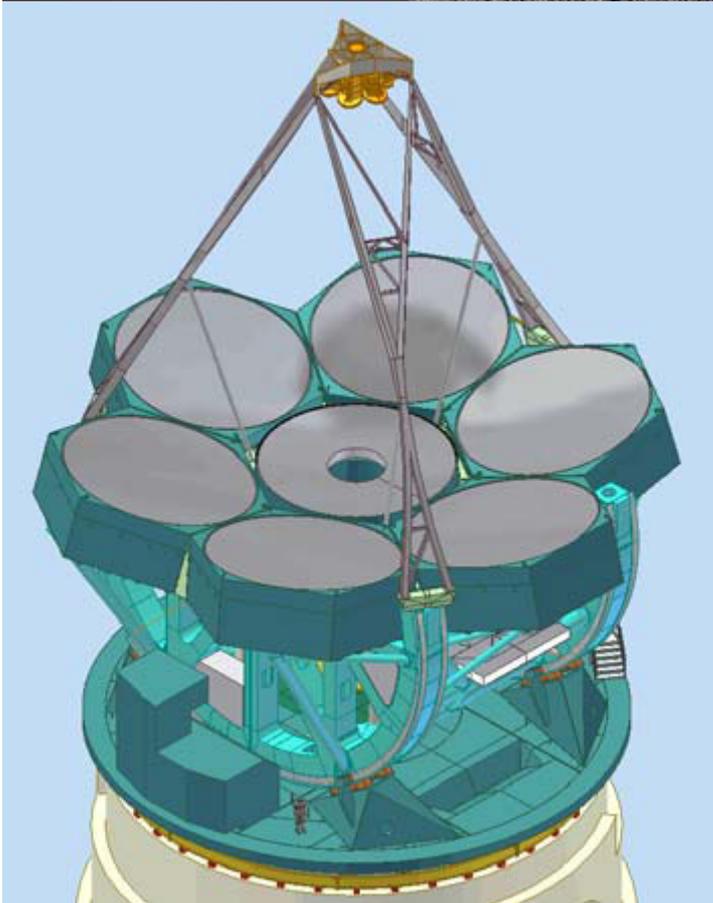
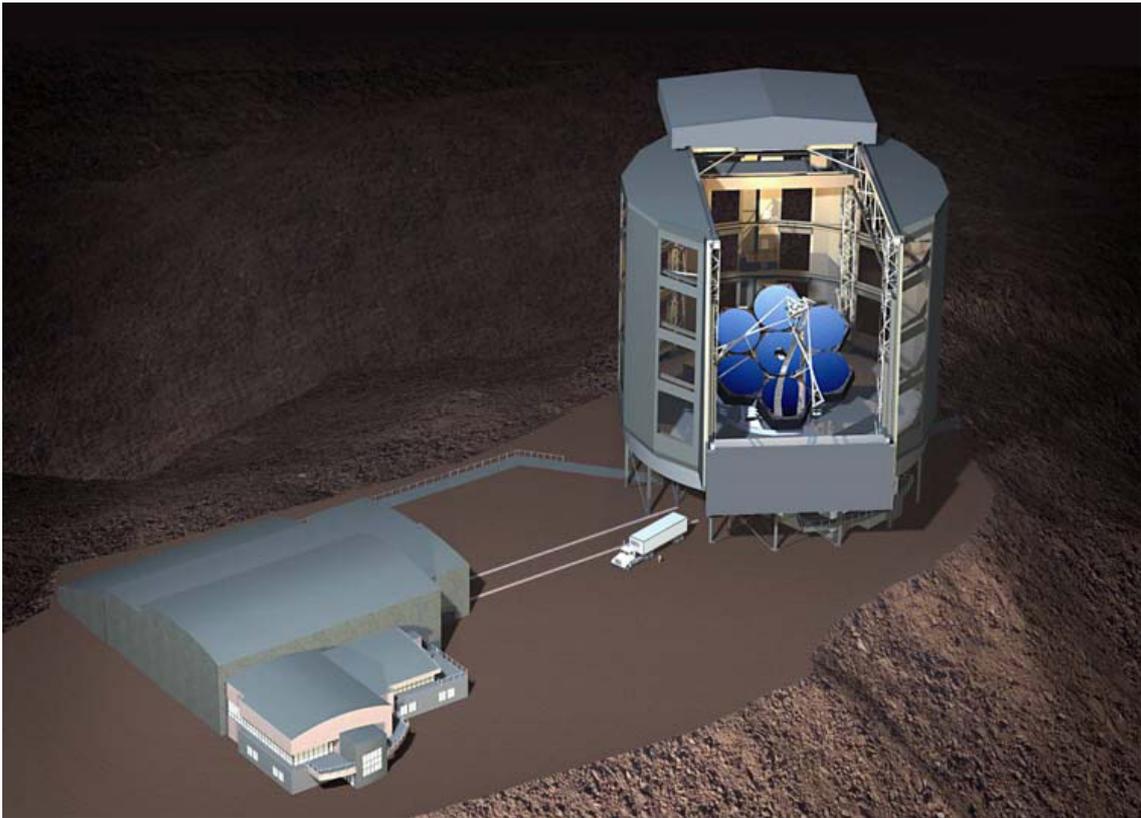


Figure 3 – O Telescópio GMT

5 - Reunião com Pat McCarthy, Matt Johns e Steve Schectman

Nessa reunião foram apresentados os detalhes técnicos, gerenciais e de motivação científica do projeto.

O GMT é um telescópio de espelho segmentado, com um segmento central de 8.4 m, 6 espelhos laterais off-axis também de 8.4 m e um espelho adicional rotativo para facilitar o coating. A área coletora será equivalente a um telescópio de 22 m e um poder de resolução de um telescópio de 25.4 m. O objetivo é obter imagens com resolução de 10 *mas* em 1 *micron*. O telescópio vai ser construído em Las Campanas.

O projeto tem um custo fixado em 706.1 MUS\$. O programa de instrumentação de primeira luz terá um total de 103.8 MUS\$ e viabilizará entre 2 e 4 instrumentos, mais provavelmente 3. O projeto de óptica adaptativa tem 83 MUS\$ e será feito nos 6 espelhos secundários gregorianos de 1.1 m, cada um com 672 atuadores e estará ativada em primeira luz.

O espelho central está em fase final de polimento no *Mirror Lab* da Universidade do Arizona. O objetivo é iniciar a construção no começo de 2012.

Os três espectrógrafos ópticos que deveriam ser olhados são:

- GMACS – Optical multiobject spectrometer – algo como o IMACS ou WFMOs (com menos resolução espectral) e poderíamos usar a experiência desse para estudar possível participação.

- QSpec – High resolution optical spectrometer. Trata-se de um espectrógrafo echelle de alta resolução $R=30K$. Uma espécie de super-STELES. A experiência do Steles poderia ser de grande utilidade para elaborar uma proposta brasileira.

- SHARPS – Optical high resolution (Doppler) spectrometer. Espectrógrafo Coudé de alta resolução ($R=150 K$) para estudos de exoplanetas.

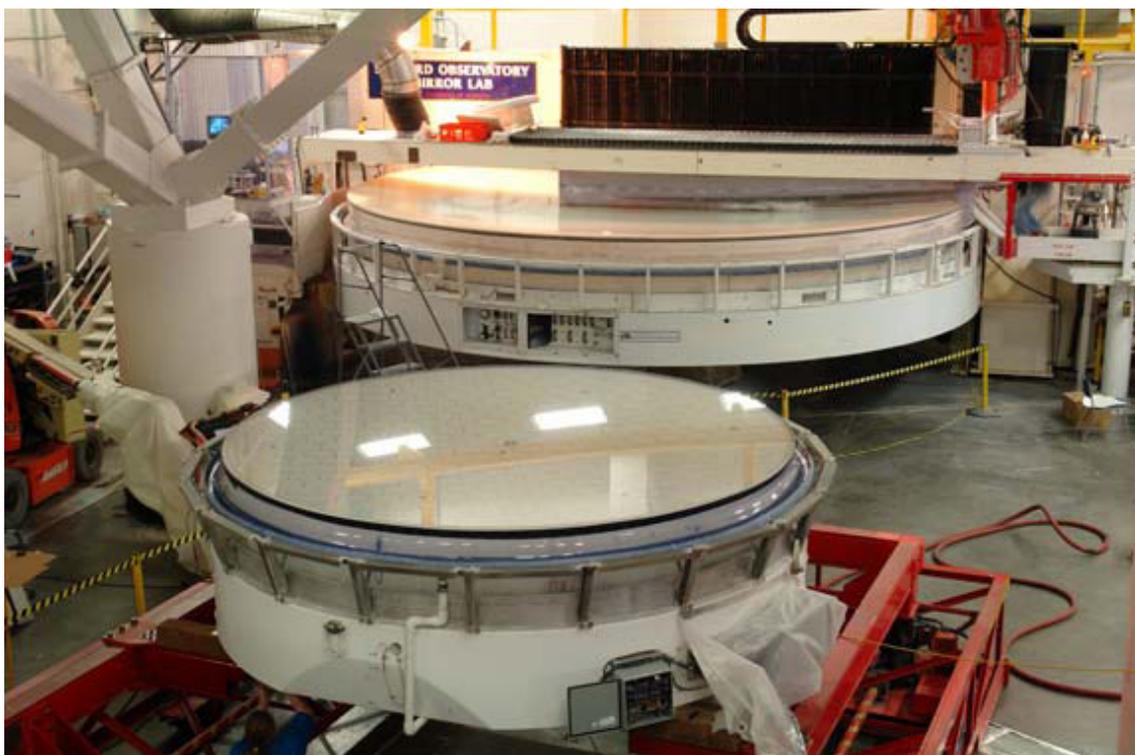


Figura 4 – O espelho-segmento central do GMT está em fase final de polimento no Mirror Lab da Universidade do Arizona.

Instrument	Function	λ range (microns)	Resolution	FOV
GMACS	Optical Multi-Object Spectrometer	0.35-1.0	250-4000	64-200 arcmin ²
NIRMOS	Near-IR Multi-Object Spectrometer	1.0-2.5	Up to ~4000	49 arcmin ²
QSpec	Optical High Resolution Spectrometer	0.3-1.05	30K 1" slit	3" + fiber mode
SHARPS	Optical High Resolution (Doppler) Spectrometer	0.4-0.7	150K	7 x 1" fibers
GMTNIRS	Near-IR High-Resolution Spectrometer	1.2- 5.0	25K-100K	Single object
MIISE	Mid-IR Imaging Spectrometer	3.0-25.0	1500	30"
HRCam	Near-IR AO Imager	0.9-5.0	5-5000	30"
GMTIFS	NIR AO-fed IFU	0.9-2.5	3000-5000	3"

À guiza de conclusão

Na tabela abaixo mostramos um quadro comparativo entre o GMT e o TMT. A título de completude incluímos os dados do E-ELT.

O grande desafio para nossa participação no projeto TMT será, além do seu elevado custo, conseguir contratos com a indústria brasileira que sejam minimamente competitivas com propostas principalmente do Japão e da China. O Japão está preparado para os pacotes de maior conteúdo tecnológico, com os quais dificilmente podemos competir. Já para os pacotes de conteúdo tecnológico inferior, a China será muito agressiva. Devemos levar em conta que nesse segmento ainda teremos a Índia que também estuda participar do projeto (com prováveis 10%). A participação efetiva em instrumentação será, provavelmente, muito pequena, a não ser que seja aceitável fazermos a integração do MOSFIRE. Trata-se de um instrumento bastante sofisticado, mas todos os componentes teriam que ser fabricados no exterior, com exceção das partes mecânicas, já que não temos experiência dessa magnitude no infravermelho. Restaria, ao Brasil, fazer a integração e testes. Mesmo assim, parece que não temos laboratórios nem estrutura administrativa que possam conduzir um empreendimento dessa complexidade. Certamente investimentos adicionais teriam que ser feitos.

Quanto ao GMT deveríamos estudar a possibilidade de, antes de formalizar uma eventual adesão do Brasil, termos um entendimento que garanta pleno acesso da

indústria brasileira a todos os itens de fabricação e um compromisso de proatividade do projeto em colocar contratos aqui. Igualmente deveríamos propor a liderança na construção de um dos espectrógrafos ópticos. Para finalizar deveríamos exigir que o Brasil venha a ter tratamento exatamente igual ao da Coreia do Sul e Austrália, mesmo aderindo posteriormente a eles.

	D m	Custo Telesc MUS\$	Custo ops MUS\$	Instrum MUS\$ /ano	FOV	Reflexões quentes	Hemisf	
GMT	22-25.4	706.1	20	13	20´	2	S	
TMT	30	1.000	27	15-25	15´	3	N	
E-ELT	42	1.400	84	?	10´	5	N/S	

Por fim, nos parece oportuna a idéia de que o Brasil elabore um “Business Plan” para a participação da nossa indústria em cada um dos três projetos em discussão.

WHITE PAPER: GRANDES TELESCÓPIOS DA PRÓXIMA DÉCADA

I. INTRODUÇÃO

A Astronomia se caracteriza por buscar continuamente novas fronteiras, que permitam resolver enigmas surgidos pelo avanço feito a um dado momento. À medida que novos instrumentos são construídos, respostas são obtidas, e ao mesmo tempo novas fronteiras são atingidas, e novas perguntas são formuladas. É portanto uma área cujo dinamismo exige capacidades tecnológicas.

II. ASPECTOS HISTÓRICOS – EVOLUÇÃO DA ASTRONOMIA BRASILEIRA E SUA INFRAESTRUTURA ATUAL

A Astronomia profissional começou no Brasil apenas nos anos 70. A comunidade astronômica brasileira tem tentado desde então seguir a evolução mundial da ciência e mais recentemente também da tecnologia astronômica. Alguns dos passos importantes nessa direção foram: formação de doutores no exterior (ocorrido principalmente com bolsas do CNPq nos anos 60 e 70); a criação da pós-graduação no país nessa área, e posterior orientação de novos doutores no Brasil; a instalação do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) no Pico dos Dias em 1981, com telescópio de 1.6m; a associação aos projetos Gemini, com participação de 2.5% em 2 telescópios de 8m no Chile e Havaí a partir de 1994, e observações a partir de 1999, e do consórcio SOAR, telescópio de 4m no Chile, com participação de 34%, com observações a partir de 2004; e finalmente a construção de instrumentos para o telescópio SOAR, este último esforço muito grande devido ao grande atraso tecnológico em que nos encontrávamos até o final dos anos 90: o espectrógrafo SIFS já está no Chile e sendo instalado no telescópio SOAR, e os espectrógrafos BTFi e STELES seguirão em 2010 e 2011 respectivamente.

A comunidade astronômica mundial está no momento preparando projetos de grandes telescópios com espelhos de 30 a 40m, e estão sendo desenvolvidos os projetos tecnológicos de tais telescópios e seus instrumentos, e os projetos científicos almejados e sua factibilidade.

As facilidades observacionais de que dispõe a comunidade astronômica brasileira atualmente não são suficientes, apesar dos avanços obtidos, e os esforços da comunidade em participação no desenvolvimento de instrumentos e conhecimentos tecnológicos decorrentes disto, assim como sua produção científica de qualidade, seriam muito prejudicados se não participarmos de algum dos projetos de grandes telescópios.

III. OS PROJETOS DE GRANDES TELESCÓPIOS

Por essa razão, iniciamos conversas com os projetos de grandes telescópios existentes atualmente. Há 3 projetos de telescópios de grande porte atuando no Óptico-infravermelho, que visam observar o Universo em profundidade. Estes são o Extremely Large Telescope (ELT) com espelho de 42m de diâmetro, a ser instalado no Chile, o Giant Magellan Telescope (GMT), de 24m, a ser instalado no Chile, e o Thirty Meter Telescope (TMT), de 30m, a ser instalado no Havaí.

Nas tabelas 1, 2 e 3 seguem os instrumentos projetados para o ELT, TMT e GMT respectivamente.

IV. OBJETIVOS CIENTÍFICOS DOS GRANDES TELESCÓPIOS, DE INTERESSE DA ASTRONOMIA BRASILEIRA}

Os objetivos científicos são inúmeros, e discutimos a seguir alguns deles que interessam à comunidade brasileira.

1) *Medida direta da taxa de expansão do Universo:* O redshift (z) de uma dada fonte varia lentamente com o tempo devido à aceleração (ou desaceleração) do Universo. Embora seja uma das formas mais simples de se medir a função $z(t)$, o efeito é tão pequeno que sua medida é impossível com os atuais recursos tecnológicos. Embora o desvio de z que se espera numa escala de tempo de 10 anos seja da ordem de alguns cm/s, o redshift é um dos observáveis medidos com maior precisão. Além disso, o efeito pode ser observado aumentando a estatística significativamente quando espectros são tomados ao longo da linha

de visada de QSOs onde o número de linhas de Ly α é em torno de centenas. Este É um exemplo emblemático da ciência a ser feita com os grandes telescópios.

2) *Medida de variação de constantes fundamentais, e energia escura*: os estudos da natureza da energia escura seguem principalmente duas direções, uma delas verifica se pode ser identificada a uma constante cosmológica, ou

Sigla	Instrumento	$R=\lambda/\Delta\lambda$	$\lambda\lambda$	FoV	coment.
CODEX	High Res Stab Spec	115,000	0.37-0.72 μ m	0.82'	1cm/s
EAGLE	Multi IFU	4,000=10,000	0.8-0.45 μ m	7.3'	
EPICS	Planet Imager/Spec	125-1500-21,000	0.6-1.8 μ m	3"	
HARMONI	SingleField Wide Band Spec	4,000-20,000	0.8-2.4 μ m	0.51x1.02,1.28x2.56"	
METIS	MidIRImagerSpecw / AO	10,000-100,000	2.9-13.8 μ m	18",IFU:0.4x1.6"	
MICADO	DiffrLimitIRCamera	3000-5000	0.8-2.4 μ m	53"	
OPTIMOS-EVE MOS	High Res Stab Spec	5000(300obj),20,000 (80obj),40,000(25obj)	0.37-1.7 μ m	7'	Super-Flames
OPTIMOS-DIORAMAS	Wide Field Visual	-	0.37-1.7 μ m	7',IFU:2x3"	
SIMPLE	High Res IR Spec	100,000	0.8-2.5 μ m	0.45",4"	

Tabela I: **EXTREMELY LARGE TELESCOPE: Diâmetro: 42m, FoV=10'**: 8 instrumentos previstos para o ELT. OPTIMOS tem 2 vertentes. A lista de primeira fase deve ser decidida em abril/2010.

Sigla	Instrumento	$R=\lambda/\Delta\lambda$	$\lambda\lambda$	FoV	coment.
IRIS	NIR IFU SpecImager	4000	0.8-2.5 μ m	3"	
WFOS	WideFieldOptSpec	1000-5000	0.31-1.1 μ m	92.4'²/1300"	
IRMS	MultiSlitNIRSpec	2000-5000	1.0-2.5 μ m	30"-2'	
MIRES	MidIREchelleSpec	5000-100,000	4.5-25 μ m	3"	
ExAOI	Planet Formation Imager	70-500	1.1-2.4 μ m	2x2x2.2"	
HROS	HighResOptSpec	30,000-50,000	0.34-1.0 μ m	20"	
WIRC	MCAO imager	5-100	0.37-2.5 μ m	30"	Super-
NIRES	NIR Echelle Spec	5000-30,000	1-5 μ m	2"	
CASA	HighResMultiObj	30,000?	0.37-1 μ m		NOT SELECTEC

Tabela II: **THIRTY METER TELESCOPE – TMT: Diâmetro: 30m, FoV=20'**: 8 instrumentos previstos para o TMT. Os 3 primeiros foram selecionados para a primeira fase.

Nº	Instrumento	$R=\lambda/\Delta\lambda$	$\lambda\lambda$	FoV	modos
1	Visible WF MOS	500-5000	0.4-1.0 μ m	60-150'²	MOS / IFU / TF / Imager
2	NIR MOS	1500-5000	0.9-2.5 μ m	25-100'²	MOS / IFU / TF / Imager
3	Visible Echelle	20000-100,000	0.3-1.0 μ m	30"-2'	SingleObj / MOS / Icell
4	MidIR Imager	5-3000	5.0-24 μ m	2'x2'	MidIR AOImager / Spectr
5	40,-100,000	0.8-5.0 μ m	30"	LTAO	NIR Echelle
6	NIR Imager	5-5000	0.9-5.0 μ m	30"	ExAO / LTAOimager

Tabela III: **GIANT MAGELLAN TELESCOPE – Diâmetro: 24m, FoV=20'**: 6 instrumentos são previstos para o GMT.

se está ligada a campos escalares. Uma das questões fundamentais da física atual É saber se há campos escalares fundamentais na natureza. Neste caso há constantes que podem variar com o tempo, implicando também em variações

da massa de núcleons, e em todas as escalas de massas de partículas, incluindo a massa do elétron. Investigam-se linhas de absorção de quasares para verificar variações de constantes fundamentais com redshift, em particular vem-se estudando a constante de estrutura hiperfina $\alpha = h/2\pi Ie^2 = 1/137.03599911(46)$, e a razão de massa do próton sobre massa do elétron $\mu=me/mp$. Para tal são necessários espectros de alta resolução ($R \sim 150,000$) de objetos muito fracos, portanto grandes telescópios são necessários para se obter alto sinal/ruído (S/N) de tais espectros.

3) *As primeiras estrelas massivas e suas explosões como supernovas*: Um dos principais objetivos destes instrumentos É a observação dos primeiros objetos. Estes começaram a se formar a partir de 180 milhões de anos após o Big Bang, e teriam sido estrelas de alta massa, que a seguir explodem como supernovas, ou colapsam e formam um buraco negro. Esses buracos negros passam a acretar gás e estrelas do seu entorno,

formando mini-quasares, e após um certo tempo transformando-se em quasares, agora encontrados no núcleo de galáxias. As primeiras estrelas mais brilhantes teriam uma magnitude estimada em $V \sim 36$: estas seriam difíceis de detectar, porém suas supernovas deveriam ser detectadas em abundância. Até o presente momento só foram detectadas 3 supernovas de alto redshift, através de detecção pelo satélite SWIFT em raios- γ , vistas em redshifts $z=6.4, 6.9$ e 8.2 . Estes objetos devem corresponder a supernovas de tipo Ic, que correspondem a uma pequena fração das supernovas.

4) *As primeiras estrelas de baixa massa*: Os telescópios de grande porte atuando no Óptico-infravermelho, visam observar o Universo em profundidade dessas 2 maneiras. A observação do Universo em profundidade pode ocorrer olhando-se o passado remoto onde se encontram os objetos distantes, ou localmente os objetos mais fracos. Na Via Láctea, a procura de estrelas de metalicidade zero, em maior profundidade, seria possível para magnitudes mais fracas por diversas ordens, e há indicações de que há mais estrelas de baixa metalicidade em maiores distâncias no halo Galáctico. A espectroscopia de alta resolução de estrelas de baixa metalicidade é um objetivo claro dos grandes telescópios.

5) *Supernovas e a história de formação estelar no Universo*: A procura e identificação sistemática de supernovas de altos redshifts trará uma melhor medida da história de formação estelar em função do redshift. Estima-se que num campo de 2×2 minutos de arco, 4 a 7 supernovas seriam detectadas por ano, até redshifts 5 a 8. Metade delas seriam de tipo Ia, que só seriam vistas até um redshift da ordem de 3 a 5, pois levam da ordem de 2 Ganos para se formarem, e a seguir supernovas de estrelas mais massivas, de tipos II, Ib/c, Iip. Isto permitiria estabelecer a taxa de formação de estrelas até redshift $z \sim 10$, de maneira direta e independente de outras medidas.

6) *Espectroscopia de galáxias distantes, formação de galáxias e populações estelares*: Uma diferença com os outros instrumentos, é a possibilidade de realizar espectroscopia em grandes distâncias. Portanto, será possível estudar populações estelares das galáxias mais distantes. As galáxias mais distantes (com redshifts $z > 10$) poderão ser identificadas com surveys em profundidade com o satélite JWST ou os grandes telescópios, e em espectroscopia será possível atingir galáxias de magnitudes integradas da ordem de $V=28$. De fato, no final dos anos 90, os telescópios da classe de 8-10m abriram a possibilidade de realizar espectroscopia de galáxias distantes, identificando galáxias normais em redshifts $z \sim 7$. Porém, logo se atingiu o limite do que se pode obter em espectroscopia de resolução moderada ($R \sim 1000$) de galáxias de alto redshift. Nos anos 80 obtivera-se que o plano fundamental definido pelas galáxias elípticas e a relação Tully-Fisher para galáxias espirais, indicavam que fusão de galáxias já compostas de estrelas (chamada fusão seca), não pode ser o processo dominante da formação de galáxias, ou seja, fusão de galáxias ricas em gás, provocando nesse processo formação estelar intensa deve ser o processo dominante. Os grandes telescópios se fazem necessários para realizar espectroscopia de galáxias distantes de alto z , tal que se possa derivar suas populações estelares e dinâmica dos gás, a fim de melhor definir os processos de formação de galáxias e de suas estrelas.

7) *Populações estelares resolvidas*: Ao mesmo tempo será possível estudar populações estelares resolvidas através de diagramas cor-magnitude atingindo as estrelas mais fracas (das gigantes vermelhas até as anãs da sequência principal), e deduzir as populações estelares em galáxias a alguns Megaparsecs, desde que se tenha um campo de 10×10 segundos de arco, combinados com amostragem espacial de mili-segundos de arco. Pretende-se obter imageamento e diagramas cor-magnitude de populações estelares à distância de Virgo (17 Mpc).

Formação estelar e ondas de densidade: Observações recentes nas bandas J, H, K e Bry com o VLT+ISAAC e VLT+OKA-I com limite de brilho de $M_K = 19$ mg indicam que os aglomerados ionizantes de grandes regiões HII, com brilho intrínseco $M_K > -12$ mg mostram um sensível alinhamento com os braços espirais das galáxias de acordo com uma perturbação por onda de densidade, e regiões menos intensas mostram uma distribuição mais estocástica. Observações com telescópios ELT permitiria ver se estes limites são alterados em galáxias a distâncias substancialmente maiores em função de parâmetros intrínsecos como intensidade da onda de densidade, a massa total da galáxia ou sua metalicidade ou extrínsecos, como as interações com outras galáxias, mais frequentes no passado.

8) *Buracos negros no centro de galáxias*: A detecção de presença de buracos negros, e estimativa de suas massas,

em núcleos de galáxias em diferentes distâncias e em diferentes tipos de galáxias, permitirá compreender se os buracos negros massivos cresceram por acreção ou via fusão de galáxias. Resolução espacial é o ingrediente necessário para medir a cinemática de gás e estrelas nas regiões nucleares. Um censo dos núcleos de galáxias até a distância de Virgo seria possível, tal que se possa estabelecer a relação entre a massa do buraco negro e o tamanho do bojo, estendido a galáxias anãs.

9) *Formação de estrelas e sistemas planetários*: Outro dos principais objetivos é observar o nascimento de estrelas e sistemas protoplanetários. Estes contêm grandes quantidades de poeira, que emitem no IV e em ondas de rádio. As observações devem envolver estudos espectroscópicos de atmosferas de anãs marrons, e

revelar a composição e cinemática de discos protoplanetários. Estudos de binárias da pré-sequência principal, levará a determinar a órbita de binárias com separações de 8 UA ($d=140$ pc), usando Laser como estrela guia e Óptica adaptativa.

10) *Procura de planetas extrasolares*: Até o momento 400 planetas extrasolares foram detectados utilizando método de variação de velocidade radial. Estes planetas têm massas entre 6 Terras e 18 Jupiters, períodos orbitais entre 2 dias e 12 anos. Concluiu-se que planetas são mais comuns em estrelas de baixa massas, períodos orbitais maiores e altas metalicidades. Estrelas estudadas até o momento têm tipicamente $V < 9$, e as observações têm precisão das velocidade radiais de alguns m/s. Com os telescópios gigantes pretende-se observar estrelas até $V \sim 13$, e precisão na velocidade radial de cm/s (ver instrumento CODEX-ELT). A detecção direta por imageamento também será alcançada para um número maior de candidatos, onde o objetivo é observar planetas com separações < 10 UA em torno de estrelas da sequência principal de alguns Ganos (procuram-se terras em torno de sóis).

11) *Completando o inventário do Sistema Solar*: dos TNOs à nuvem de Oort: Desde 2002, quando o primeiro Objeto Transnetuniano (TNO) foi descoberto, a região mais externa do Sistema Solar tem revelado uma complexidade de estruturas e objetos inimagináveis. Hoje conhece-se mais de 2000 objetos, em geral grandes, como por exemplo Eris, maior do que Plutão. Para entender a formação e evolução na região, e consequentemente do Sistema Solar como um todo, faltam estimativas mais realistas sobre a distribuição de tamanhos e composições na região. Vale ser ressaltado de que os TNOs são particularmente difíceis de serem observados devido ao fato de, por serem objetos frios, sua magnitude aumenta de forma drástica com a distância ao Sol. Apenas grandes telescópios poderão ajudar a mapear esta região, em particular encontrar a resposta a perguntas como: a) qual a massa inicial e a extensão radial do cinturão transnetuniano?; b) como a massa foi perdida?; c) como foram espalhados objetos grandes tipo Sedna?; d) porque o cinturão transnetuniano clássico (baixas inclinações e excentricidades) tem um corte abrupto em 48UA?; e) quão similar a outros discos em torno de outras estrelas era o cinturão transnetuniano original?

12) *Espectroscopia de alta resolução de estrelas do halo e bojo Galáctico, galáxias anãs e estrelas em outras galáxias*: Com os telescópios de 8-10m atuais, É possível obter espectros de alta resolução espectral para estrelas até da ordem de $V \sim 17$. Com os grandes telescópios será possível chegar a $V \sim 21$ (TMT) e $V \sim 23-24$ (ELT). As primeiras estrelas de baixa massa, e pobres em metais do halo mostram em sua atmosfera a composição química resultante das primeiras supernovas. Conhecemos apenas 3 delas com metalicidade $[Fe/H] < -4.0$, mas espera-se identificar 100 delas com o projeto SEGUE, as quais serão fracas na sua maioria com $V < 17$. O bojo galáctico apresenta estrelas gigantes mais brilhantes com $V \sim 16$, portanto para analisar outras fases evolutivas serão necessários os grandes telescópios. Em particular estudos do Li em anãs do bojo será de grande interesse para complementar nossos conhecimentos de seus estudos no halo, aliados a cálculos de difusão nas atmosferas. Abundâncias químicas ao longo da sequência evolutiva de aglomerados globulares, feitas até agora somente para os 2 aglomerados mais próximos (47 Tuc e NGC 6397) também serão possíveis. Anãs brancas com sequência de resfriamento até $V \sim 29$ vêm sendo detectadas em estudos fotométricos, e será claramente de interesse observar seus espectros ao longo da sequência de resfriamento. Galáxias anãs apresentam suas gigantes mais brilhantes em $V \sim 17$, portanto igualmente ao bojo, a análise de estrelas ao longo de sua sequência evolutiva, ou mesmo gigantes com alto S/N, só serão possíveis com os grandes telescópios. O halo de M31 contém estrelas com $V \sim 22$ portanto só atingíveis com os grandes telescópios. Note-se finalmente que vêm sendo aprimoradas grades de espectros de estrelas de comparação, assim como de populações compostas, o que vem permitindo aperfeiçoar estudos de populações estelares com baixa ou média resolução, a fim de se estudar galáxias distantes.

V. POSSIBILIDADES DE PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA

Relatamos aqui o resultados das conversas iniciais: Inicialmente contactamos o GMT e o E-ELT dado o nosso interesse maior em um telescópio no hemisfério sul.

a) GMT - o consórcio já tem 10 parceiros, que contribuirão com US\$ 70 milhões cada, e não lhes interessa contribuição *in-kind*. Pela razão principal de não aceitarem contribuição *in-kind*, mas também pela multiplicidade

de parceiros, esta opção foi descartada.

b) ELT - o European Southern Observatory (ESO) aceita discutir pagamento *in-kind*: nossa proposta É realizar a construção civil do sítio do ELT, com construtora brasileira. Esta proposta está sendo estudada por nós, i.e., como viabilizar, como se paga, se há possibilidade de obter redução em preços de aço brasileiro, para o que é necessário investigações junto às construtoras e produtoras de material de interesse, processo que já começamos, e estará sendo discutida com o ESO. Uma possibilidade futura que pode ficar em aberto no momento, É nos associarmos ao E-ELT cortar ESO, considerando a contribuição à construção do E-ELT como a jóia de entrada no ESO.

c) TMT - Embora a ser instalado no Havaí, dado o estágio avançado do projeto, o preço mais baixo, e o fato de também aceitarem até 90% de contribuições in-kind nos motivou a abrir conversações também com este grupo. Estamos investigando como viabilizar esta colaboração através da fabricação de suportes, atuadores e sensores para os

espelhos M1, M2 e M3 e a montagem do suporte para a cúpula por empresas no Brasil.

Em todos os casos, planejamos futuramente participar também de construção de instrumentos de tecnologia sofisticada.

VI. CUSTOS, CONDIÇÕES, E VANTAGENS EM CADA CASO:

ELT :

Custo total: Euro 1 bilhão (custo aproximado):

Fração: Participação de 5% ou 10% no E-ELT. Há também a possibilidade de entrada no ESO (ver Apêndice.)

Instrumentação: o valor de construção inclui Euro 100 milhões para os primeiros instrumentos. Para os instrumentos a seguir, o valor do hardware (não incluindo a mão de obra), está embutido no custo de operações, ou seja, as verbas voltam aos países membros, em porcentagens proporcionais a sua fração como membros, no caso de construírem instrumentos.

Tempo de observação: para 5% do ELT, o tempo de observação seria de 4.3% (14 anos de operações) a 4.6% (30 anos de operações). A diferença é devida a verbas do ESO usadas no projeto.

%Se formos membros do ESO, a fração sobe aos 5%.

Tipo de pagamento: Proporção substancial do pagamento (>80%) poderá ser in-kind, utilizando indústrias/construtoras brasileiras

Itens considerados para pagamento in-kind: construção civil, com empréstimo parcial do BNDES, itens em aço na construção civil, cúpula e outros estão sendo estudados. Reunião em 4-5/fevereiro ocorrerá no IAG-USP, para avançar nessa discussão.

Modelo de gestão: se houver membros do ELT que não estão no ESO, será criado um Board of Directors do ELT Staff Científico: haverá staff científico

Vantagens do ELT:

- o espelho É o dobro do TMT
- localizado no Chile (provavelmente)
- por sua localização torna-se competitivo para construção de instalações e construção e envio de equipamento de aço pesados (peso do aço necessário É de 4.000 toneladas)
- terá staff científico
- possibilidade de usar o valor pago para participação no ELT, como jóia de entrada no ESO

TMT:

Custo total: US\$ 1 bilhão (estimativa recente É de US\$ 986 milhões):

Fração: Participação de 5% ou 10%

Instrumentação: 3 primeiros instrumentos estão incluídos, os outros terão que ser pagos em separado

Tempo de observação: para 5% do TMT, o tempo de observação seria de 4.5%

Tipo de pagamento: Proporção substancial do pagamento (90%) poderá ser in-kind, utilizando indústrias/construtoras brasileiras

Itens considerados para pagamento in-kind: está sendo estudada a fabricação de suportes, atuadores e sensores para os espelhos M1, M2 e M3 e a montagem do suporte para a cúpula por empresas no Brasil. Reunião em 8-9/fevereiro ocorrerá no IAG-USP, para avançar nessa discussão.

Modelo de gestão: há um Board of Directors

Staff Científico: não haverá staff científico

Vantagens do TMT: - custo mínimo da operações, em 5%, será de 1.35milhões, sem incluir instrumentos

ANO	Construção	Operações	Instr.	Total
(1) Percentagem de 5%				
2010	5.56			5.56
2018	6.51			6.51
2019		1.61	1.20	2.81
2030		2.01	1.49	3.49
(2) Percentagem de 10%				

2010	11.12			11.12
2018	13.02			13.02
2019		3.22	2.40	5.52
2030		4.02	2.98	6.98

Tabela IV: TMT: Considerando valor total de US\$1bilhão. Os valores são em US\$=R\$1.75; percentagem: 5 ou 10%

VII. CONCLUSÕES

O nosso principal intuito é não ficar fora dessa nova era da Astronomia Óptica/infravermelha, e suas tecnologias.

As discussões com os diferentes projetos apenas começaram, e devem prosseguir ao longo de 2010, e possivelmente entrando em 2011.

Esperamos poder aderir a algum dos projetos, mas consideramos que o exercício aqui enfrentado por nós, embora bastante pesado, é importante para o futuro da Astronomia Brasileira.

ANO	Construção	Operações	Total
(1) Percentagem de 5%			
2010	5.56		5.56
2018	6.51		6.51
2019		3.00	3.00
2030		3.71	3.71
(2) Percentagem de 10%			
2010	11.12		11.12
2018	13.00		13.00
2019		6.00	6.00
2030		7.14	7.14

Tabela V: ELT: Considerando valor total de Euro 1 bilhão. Os valores na tabela são dados em Euro=R\$2.6, para percentagem de 5 ou 10%

White Paper apresentado por sub-comitê do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Astrofísica (INCT-A):

Beatriz Barbuy (IAG-USP) - coordenadora

Albert Bruch (LNA/MCT)

Bruno Castilho (LNA/MCT)

Daniela Lazzaro (ON/MCT)

Horácio Dottori (IF-UFRGS)

Kepler de Oliveira (IF-UFRGS)

Luiz Paulo Ribeiro Vaz (CCEX-UFMG)

Marcos Perez Diaz (IAG-USP)

Reinaldo de Carvalho (INPE/MCT)

Roberto Cid Fernandes (IF-UFSC)

APÊNDICE A: POSSIBILIDADE DE ENTRADA NO ELT E ESO

O capital para pagamento de fração brasileira do ELT, pode ser usado também como a jóia de entrada no European Southern Observatory (ESO). Este observatório É um consórcio de 14 países, e tem a) 3 telescópios, de 2.2m, 3.5m e 3.6m, em funcionamento em La Silla, b) 4 telescópios de 8m (VLT), um

telescópio de imageamento infravermelho (VISTA), um telescópio de 2.5m de imageamento no Óptico VST, além de telescópios de 1.8m para uso no modo interferométrico do VLTI em Paranal, c) o radiotelescópio ALMA em Chajnantor, d) ELT será provavelmente nas imediações do VLT, e) instituição sede em Munich.

A nossa entrada no ESO poderia ocorrer de 2 maneiras:

1) *Entrada no ELT, com possibilidade de futura decisão de entrada no ESO*

Entramos inicialmente no ELT, com construção civil do sítio, no valor da ordem de Euro 60 milhões, este com empréstimo BNDES a ser pago em 20 anos, e outros itens da construção do telescópio que estão sendo identificados. Notar que juros pagos posteriormente de volta ao BNDES são considerados como pagamento pelo ESO.

Assim entraríamos com 5% ou 10% do ELT no momento. Deixaríamos estabelecida uma data (ou datas no futuro) em que tomaríamos (ou não) a decisão de entrada no ESO. O valor da jóia de entrada porém será bem mais alta, pois é baseado no patrimônio do ESO e já incluirá o ELT.

2) *Entrada no ELT, e no ESO inicialmente com fração de 5%, mas com comprometimento de, no futuro, passarmos a membro integral.*

O capital inicial seria igualmente ao caso 1) acima, a entrada no ELT. A jóia de entrada no ESO é proporcional ao seu patrimônio, e portanto ao ter completado o ELT, o valor será maior. Por essa principal razão, pode ser bem mais interessante aderir ao ESO, por exemplo em 2011 e, nesse caso, a jóia é fixada atualmente.

A nosso pedido, foi proposta uma entrada como membro parcial por alguns anos, chamada de *Phased Membership*, com fração de 5%, enquanto que a participação no ESO sendo feita com base no Produto Interno Bruto (PIB), o Brasil

corresponde a uma fração de 10%. Em alguns anos (por exemplo, o que seria melhor para nós, dentro de 15 anos ou 20 anos) passaríamos a membro pleno. Na tabela é apresentado um cenário favorável a nós, que precisa ser discutido com o ESO, caso essa opção seja aventada. De qualquer maneira, deve haver ainda muita discussão e detalhamento, essa foi a apenas a primeira interação havida com o ESO, e ainda não houve tempo hábil de verificar o que se pode obter com indústrias (por exemplo, se for possível executar a construção por valor mais baixo, a diferença fica para o Brasil). O ponto mais importante da discussão nos parece ser de fato o custo de operações a longo prazo, que é muito alto, resta saber se o Brasil ascenderá ao status de um país como a Itália por exemplo, dentro de 15 ou 20 anos. Por esta razão precisa também ser mantida a opção de continuar só com participação no ELT.

É necessário finalmente deixar claro que o ESO aprova os projetos por seu mérito, mas ao mesmo tempo trata de manter a fração de tempo de telescópios de cada país.

ANO	Budget ESO	Jóia entrada		Operações	Total
		Construção BNDES(20 ^a .)	32mi(15 ^a .)		
2010	131.27	5	2.1	6.8	13.9
2011	133.90	5	2.1	7.06	14.16
2012	136.58	5	2.1	7.32	14.42
2013	139.31	5	2.1	7.60	14.70
2014	142.10	5	2.1	7.88	14.97
2015	144.94	5	2.1	8.18	15.28
2016	150.79	5	2.1	8.49	15.59
2017	153.81	5	2.1	8.81	15.91
2018	156.88	5	2.1	9.14	16.24
2019	160.02	5	2.1	9.25	16.35
2020	163.22	5	2.1	9.71	16.81
2021	166.49	5	2.1	10.2	17.3
2022	169.82	5	2.1	10.7	17.8
2023	169.82	5	2.1	11.2	18.3
2024	173.21	5	2.1	11.8	19.0
2025	176.68	5	-	12.3	17.3
2026	180.21	5	-	13.0	17.9
2027	183.82	5	-	13.65	18.65
2028	187.49	5	-	14.33	19.33

2029	191.23	5	-	15.05	20.05
2030	195.07	-	-	31.60	31.60

Tabela VI. Cenário de entrada no ELT+ESO, otimizado para nossos interesses de postergar ao máximo a entrada como membro integral. Valores são em Euro=R\$2.6. A tabela mostra percentagem: membro em 5% por 20 anos; contribuição de 100 milhões de Euros para construção com empréstimo do BNDES, com pagamento em 20 anos; 32milhões/ano para completar jóia de entrada em 15 anos. Ao nos tornar membro inteiro, o custo de operações dobra (idealmente ao final do pagamento do ELT e jóia de entrada, ou seja, em 2030: membro integral. Os custos de operações foram calculados com aumento de 2% ao ano.

The Virtual Observatory - A New Era for Astronomy

Albert Bruch (4)(7), Haroldo F. Campos Velho (2)(7), Alex C. Carcioffi (3)(7), Hugo V. Capelato (1)(7), Reinaldo R. de Carvalho(1)(7), Roberto Cid Fernandes(5)(7), Iranderly Fernandes (4)(7), Claudia B. Medeiros(6), William Schoenell (5)(7)

Executive Summary

There is a new paradigm in astronomy, the Virtual Observatory (VO). We trace it from the early developments only a decade ago to its current state. In a few years, astronomy will accumulate an unprecedented amount of data, on the order of 100 Pb, and growing at rate of 2-4 PB/year. This is an astonishing five orders of magnitude higher than it was in 2000. The VO is a response to the astronomical community's demands for improved and homogenized access to these data, combined with the tools to manipulate and exploit them. It is a complex enterprise with a decentralized, web centric nature, implying that astronomers need to rethink the old way of conducting their scientific programs. Most projects related to the VO started in the late 90's, and today an international effort is coordinated by the International Virtual Observatory Alliance (IVOA). The combination of growing data volumes and data complexity, coupled with computational and algorithmic advances, has made the VO a necessity. In Brazil, the National Institute for Science & Technology (INCT-Astrophysics) recently created by the Ministry of Science & Technology (MCT) is taking the lead in the VO development (BRAVO - BRAZILIAN Virtual Observatory). BRAVO is concentrating the effort on three distinct aspects of the VO development: 1) Database Development and Basic Infrastructure; 2) Data Grid & Processing Grid; and 3) Data mining. This white paper focuses some key VO-enabling technologies in Brazil, ranging from the hardware and software infrastructure needed, to databases and computational algorithms. A common theme among all these developments is the dire need for computational resources (CPUs, storage and network), software, and the expertise to design, install, and bring to life these complex systems. The international nature of astronomy implies that everyone can benefit, and everyone should contribute to this enterprise. VO's are a prime example of so-called eScience initiatives, which are basically multidisciplinary research efforts to develop computational tools and technologies that allow scientists to do faster, better or different research. We provide a basic and certainly not exhaustive outline of the components of the VO, and describe the specific contributions that the Brazilian astronomical and computer science communities have made and will be making to this effort. Our growing partnerships in large telescopes and unfettered access to large public datasets demand that we develop our own tools and expertise to leverage these investments and strengthen our scientific output. Finally, we describe the necessary next steps in terms of hardware, software, and personnel to advance BRAVO from an incipient program to a fully functioning project.

(1) Divisão de Astrofísica (DAS) - INPE

(2) Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC) - INPE

(3) Departamento de Astronomia - IAG-USP

- (4) Laboratório Nacional de Astronomia
- (5) Departamento de Física - UFSC
- (6) Instituto de Computação - UNICAMP
- (7) Comitê BRAVO

1 Introduction

For more than two decades, the international astronomical community has witnessed an exponentially growing capacity for accumulating astronomical data. Today, information is gathered in large surveys from the ground and from space, covering virtually the entire electromagnetic spectrum, from X-rays through the ultraviolet, optical, infrared, and beyond. Individual projects yield complementary data through specific, targeted scientific programs. Much of these data are made available to the community through public servers, usually in several different formats, and distributed at many institutions. Data, metadata, interfaces, and user accessibility needs are heterogeneous, with varying quality since each project typically curates its own data, presents it in a custom database, and even data formats in astronomy are instrument dependent with little effort made to unify them. In fact similar questions pervade the majority of areas of scientific research, as thoroughly discussed in [1]. Handling the data deluge and scientific modeling are two of five Grand Challenges in Computer Science for the decade proposed by the Brazilian Computer Society [2]. Astronomy is now an enormously data-rich science, and currently produces terabytes of raw data per day, with a few petabytes already in various archives. Both the data volume and data rate are increasing exponentially, with a doubling time of ~ 1.5 years. Even more important is the growth of data complexity (expressed, e.g., as the dimensionality of the parameter space spanned by the measurements of the detected sources) and heterogeneity. These data are now being federated in a global data grid under the umbrella of the Virtual Observatory (VO) paradigm. Computational hardware requirements are just one small part of the issues that arise when dealing with vast datasets. Processing takes a lot of time, so once completed, it is of paramount importance that querying and retrieving data be done quickly. This requires investment in not only database software, but the astronomical and computational expertise to design and implement efficient and scientifically useful data models and data structures supporting these models. This information, once structured in such a database, needs to be retrieved efficiently. This demands, on one side high-speed internet connections to which most research centers in Brazil do not have access; on the other side, it requires research on the design and development of a new generation of data mining algorithms, for which we must associate with computer scientists. For these reasons, our top priorities include implementing grid computing to enable the processing of massive datasets; creating a dedicated network for astronomy to enable access to the resulting data, and establishing a network of cooperative research between computer scientists and astronomers to develop these tools to produce cutting-edge science.

2 The Status of Information and Communication Technologies (ICT) in Brazilian Astrophysics

The new era of large data sets and the co-requisite data processing needs led to the recognition two years ago that we must modernize the tools for astrophysics in Brazil. In addition to the large photometric and spectroscopic surveys being carried out in both hemispheres, Brazil has committed significant resources to new facilities (including SOAR, Gemini, BDA, etc). As a result, we have access to extraordinary amounts of data in all portions of the electromagnetic spectrum, but without standard techniques for storage, retrieval, distribution, processing or analysis. Thus, the underlying concept of BRAVO is to federate these resources, using a common framework, standard interfaces, computational infrastructure, and analysis tools. In fact, in our conception, BRAVO should take on charge the planing of the VO activity in Brazil, orchestrating and coordinating the specific developments of different VO branches located at

various universities and institutes. All of these developments are embraced within the concept of Information and Communication Technologies, encompassing all means for processing and communicating information. ICT is often used to describe digital technologies including methods for communication, transmission techniques, communications equipment, and techniques for storing and processing information. The term has gained popularity partially due to the convergence of information technology (IT) and telecom technology. A major enterprise to develop the Brazilian VO is to understand our current hardware/software and personnel resources and their ability to meet our needs both today and in the future. The partners in this project comprise the totality of Brazilian astronomical institutes. We may conceive that the central repository of knowledge about computational hardware, software and personnel to be organized within a network as a Processing Grid in Astronomy (see also Section 5). Some concrete propositions on that have been given in [3], based on a census they conducted on the capabilities of institutes comprising the INCT-A showing the extreme deficiency of the current hardware, software and network infrastructure in Brazil. Moreover, an often overlooked (and underfunded) aspect of any computational project is the need for personnel with expertise in all aspects of the program. We cannot expect a computer scientist with experience in other scientific domains (e.g., bioinformatics) or even on commercial database applications to understand and implement astronomical databases without new training. Similarly, we would not expect an astronomer to develop efficient computational algorithms for, say, clustering analysis or pattern matching, without learning about recent advances in such applications.

3 Database Development and Basic Infrastructure

The current “gold standard” of databases in astronomy is the Sloan Digital Sky Survey. The imaging catalog has almost half a billion objects, in five filters, with nearly 500 columns of data on each object. While the volume of this single table (many Tb) is itself daunting, the SDSS database has nearly 100 unique tables, with an additional 50 views offering easy access to scientifically useful subsets of specific tables. The complexity of this database required years of consideration and cooperation between top researchers in astronomy and computer science, to design a workable schema, decide on which columns to generate indices to speed queries, understand how to load and update tables with new data, and how to provide public access. Just writing a portion of the table documentation was a full time job for a postdoctoral researcher for almost two years. Beyond the nearly 20Tb of catalog data, SDSS also allows users to access a comparable volume of images.

While the SDSS is quite complicated for an astronomical database, it pales in comparison to those from next-generation projects. Upcoming surveys such as Pan-STARRS and LSST will yield a comparable amount of data - every time they survey the sky. These projects will create a new “SDSS” every few months. Not only do they produce multi-filter imaging, which must be processed, cataloged, stored, and distributed, they will also produce time series. Every object detected in one 3 image must be matched to its corresponding detection in all earlier images of that same area.

Optimal methods for differencing images must be developed to look for astronomical sources that vary or move. An entire pipeline is necessary to take moving objects, find them at different locations in images taken at different times, associate them, and generate orbits. Light curves for both stationary and moving objects must be created. All of this must be done almost instantaneously, because rare, one-time events such as supernovae must be found and notifications for follow-up observations disseminated before they fade. This means processing one gigapixel image every minute. The resulting database is correspondingly more difficult to model and populate. A “static” sky database must be created with everything detected, and updated as repeated observations allow for the creation of ever deeper images. Variable and moving objects

must have all of their detections stored so that light curves and orbits can be derived. This scenario offers countless research challenges not only to astronomers but also to database experts.

4 Proposed Actions

In the past two years we have gained important experience and knowledge of VO development. New collaborations were established in all aspects of our planned investment. Within this context the priority must be to devise a roadmap for the near future to coherently invest in hardware software and, most importantly, *peopleware* that can meet our needs. BRAVO aims to create this synergy and contribute in strategic areas of the global VO. Below we list the main strategic points of this enterprise. We emphasize that besides developing a national VO structure, the actions that will be proposed below have all the same underlying principle: capacitation and enablement.

4.1 Investment on human resources

Its clearly essential for developing such a broad aimed project, to have a team of CS experts – for instance on database modeling and implementation, in programming, grid configuration and quality monitoring. It would be essential to create mechanisms capable of assuring such an expertise for all the research groups engaged in VO developing and VO science.

4.2 Establishing the VO culture within the Brazilian community

The Virtual Observatory is an emerging framework to harness the power of the Information technology for the astronomy of the next decade. Moreover, VO is an inherently multidisciplinary activity, involving not only Astronomy but also Computational Sciences, Information Technologies, Statistics and Applied Mathematics. It is therefore of paramount importance that we begin to promote this new kind of scientific culture - the VO culture - within our scientific community. Various kinds of actions may be envisaged:

- promoting National/International VO Schools, in which scientists would be trained not only on the VO techniques themselves, but, most important, to the VO way of doing science.
- promoting International Symposia and/or Conference with a focus on VO Science .
- To constitute a working group to study the pathways to bring VO education for under-graduate students
- Promoting small schools on basic computational principles and programming for undergraduate students to foster cooperation between astronomers, computer scientists and other scientists, needed to promote the VO culture through multidisciplinary research.

4.3 Investment on infrastructure

In order to succeed, a national VO structure should be established in terms of hardware. Ideally we should envisage such a hardware as a high performance distributed grid with high capacity storage, capable to be easily and quickly accessed using a high throughput network from any of the Brazilian research institute.

In contrast, the IT census demonstrates the level of insufficiency of the hardware, and more especially that of the network being used by a considerable portion of the scientific community in Brazil, particularly for astronomers. While it was possible to picture out an immediate solution for the question of hardware (see below), it is not clear how to handle the problem of the poor network actually linking the research institutes. It seems likely that the community should press RNP (“Rede Nacional de Pesquisa”) asking for better performing facilities.

4.3.1 Developing a Brazilian grid for Astronomy

Establishing such a grid is a task involving both hardware and software and most of all, man power and expertise. We propose as a first step on establishing the proper Brazilian grid for astronomy, to take advantage of the facilities already put in place by LNCC (Brazilian National Lab for Scientific Computing), offering a national grid for high performance computing and storage. Notice that this action strongly depends on man power which we do not have at present. Particularly, it requires expertise on computer networks, web-based algorithms and parallel programming. This kind of expertise is at a premium all over the world, and falls back to action 4.1.

4.3.2 Network Infrastructure

The results of the IT census point out the level of insufficiency of the network used by the scientific community in Brazil, especially for astronomers. High speed and secure network connections are of paramount importance not only for simple tasks in our daily work but also for establishing a national grid processing facility. In our view the community should immediately initiate a discussion with people from RNP (Brazilian National Research and Education Network) in view of the development of a plan aiming to increase the accessibility of the astronomical community in Brazil to a higher level. This is one of the main points of this project - to conduct a study of the current situation and move to a modern network infrastructure.

4.4 Investment on New Technologies on data processing and management

- *Astro-Wise (AW) as a national environment for data reduction and analysis.*

Critical issues in VO development include the large amount of data and how it is to be processed - transformed from raw images to reduced data suitable for further analysis. We must be able to process raw images either on an individual basis or in a pipeline. Also, as more and more sophisticated algorithms for object detection, star-galaxy separation, photometric redshift estimates, morphological analysis and more flourish, there is an increasing pressure for having flexible pipelines capable to absorb new technologies as for reprocessing old, high quality data. The AW system [4,5] provides a general environment for image processing on large datasets, a problem that is inherent in the VO concept. The implementation of AW federated over the different institutes may represent a major step towards providing the community with an environment for *large* amounts of data processing. It is important to notice that AW is the only general facility being planned at BRAVO. AW is currently extant only in Europe in compliance with IVOA standards.

This would be the first AW node in South America.

REFERENCES

- [1] Hey, Tansley & Tolle (eds), 2009, *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*, http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/4th_paradigm_book_complete_lr.pdf.
- [2] A.C.P.F. Carvalho et al. *Grand Challenges in Computer Science Research in Brazil - 2006-2016*. Available from <http://www.sbc.org.br>, 30 pages.
- [3] R.R. de Carvalho, R. Gal, H.C. Velho, H.V. Capelato, F. La Barbera E.C. Vasconcellos, R. Rocha, J.L. Kohl-Moreira, P.A.A. Lopes, M. Soares-Santos, 2010, JCIS (in press)
- [4] <http://www.astro-wise.org>
- [5] Valentijn et al, 2007, <http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/0702189>