

1. **Nome do INCT:** INCT do e-Universo (INCT e-U).¹

2. **Coordenador e vice-coordenador:** Luiz Alberto Nicolaci da Costa e Rogério Rosenfeld.

3. **Comitê Gestor:**

Nome Completo	CPF	Instituição
Basilio Xavier Santiago	821.483.257-87	UFRGS
Eduardo Bezerra	028.488.847-89	CEFET/RJ
Luiz Alberto Nicolaci da Costa	664.112.977-20	ON
Marcio Antonio Geimba Maia	303.623.260-53	ON
Marcos Vinicius Borges Teixeira Lima	888.952.621-15	USP
Roberto Vieira Martins	091.768.456-72	ON
Rogério Rosenfeld	021.641.858-54	UNESP

4. Descrição do grupo com o detalhamento das atividades e responsabilidades de cada membro da equipe

O INCT é composto por um misto de pesquisadores seniores e jovens, tendo em vista a ênfase em preparar uma nova geração de pesquisadores nas áreas de astronomia, física e ciência da computação, para enfrentar os grandes desafios da próxima década, marcada pela ciência dos grandes volumes de dados, e participar pro-ativamente na fronteira do conhecimento em suas respectivas áreas de atuação. As áreas de pesquisa incluem cosmologia, astronomia extragaláctica e galáctica e do sistema solar. Na área de tecnologia da informação os tópicos de relevância são os de tecnologia para a transferência e o processamento de grandes volumes de dados (*big data*), arquitetura de banco de dados, mineração de dados e *workflows* científicos. Refletindo essas atividades o time tem os seguintes participantes:

EQUIPE CIENTÍFICA

Nome	CPF	Atividades / Responsabilidades
Angelo Fausti Neto (LIneA)	673.382.590-20	Coordenador da equipe técnica. Atua na interface entre as equipes técnica e científica. Arquitetura do portal científico do LIneA.
Aurelio Carnero Rosell (ON)	061.670.737-16	Estrutura em grande escala do universo: Calibração e caracterização dos dados observacionais e evolução de galáxias.
Basilio Xavier Santiago (UFRGS)	821.483.257-87	Populações estelares da Galáxia e de seus satélites: planejamento de atividades, orientação de alunos, coordenação de grupos de trabalho; apoio a atividades executivas do LIneA. Membro do Comitê Gestor.
Décio Cardozo Mourão (UNESP)	260.898.808-33	Análise dos processos de formação, estabilidade e evolução orbital de pequenos corpos e sistemas de anéis, através de simulações numéricas baseadas na distribuição conhecida de elementos orbitais de TNOs e que requerem contrapartida observacional para validação/refinamento.
Eduardo Bezerra da Silva (CEFET/RJ)	028.488.847-89	Modelagem de <i>workflows</i> científicos e mineração de dados (detecção de eventos, análise de séries temporais, simulações). Membro do Comitê Gestor.
Érica Cristina Nogueira (UFF)	255.252.328-55	Formação e evolução do sistema solar: migração planetária, simulação numérica. Ensino inclusivo e popularização da ciência.
Fabien Jean Francois Lacasa (UNESP)	236.745.098-65	Modelagem da covariância entre observáveis de estruturas em grande escala. Desenvolvimento de pipelines para determinação de parâmetros cosmológicos a partir de observações.
Felipe Braga Ribas (ON)	040.022.789-48	Fotometria, ciências planetárias. Estudo da física de objetos do cinturão de Kuiper.
Fernando Saliby de Simoni (UFF)	078.623.557-84	Desenvolvimento de algoritmos de análise de estruturas em grande-escala tanto para levantamentos fotométricos como espectroscópicos e para o estudo das distorções no espaço de redshift.
Júlio Ignácio Bueno de Carmargo (ON)	094.192.208-18	Astrometria, processamento de imagens, referenciais celestes, desenvolvimento de softwares, determinação de órbitas de asteróides a partir de observações.
Luiz Alberto Nicolaci da Costa (ON)	664.112.977-20	Coordenador do INCT.

¹ No link a seguir está uma lista de acrônimos usado neste documento.

http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Lista_de_acr%C3%B4nimos_do_INCT.pdf

Marcio Antonio Geimba Maia (ON)	303.623.260-53	Análise de dados em Estrutura em Grande Escala, Evolução de Galáxias e Transientes e Variabilidade. Validação de pipelines científicos. Popularização da ciência. Membro do Comitê Gestor.
Marcos Vinicius Borges Teixeira Lima (USP)	888.952.621-15	Cosmologia, Teoria, Métodos Estatísticos, Métodos Computacionais, Estruturas em Grande Escala, Aglomerados de Galáxias, Redshifts Fotométricos. Membro do Comitê Gestor.
Nicolas Guillermo Busca (ON)	062.522.077-30	Medição de BAO utilizando sistemas de Lyman-alpha.
Paulo Sergio Souza Pellegrini (ON)	337.624.147-34	Estudos sobre propriedades, formação e evolução de galáxias, Redshifts fotométricos, Validação de pipelines científicos.
Rafael Sfair de Oliveira (UNESP)	043.423.949-60	Análise dos processos de formação, estabilidade e evolução orbital de pequenos corpos e sistemas de anéis, através de simulações numéricas baseadas na distribuição conhecida de elementos orbitais de TNOs e que requerem contrapartida observacional para validação/refinamento, processamento de imagens astronômicas.
Ricardo Lourenço Correia Ogando (ON)	082.639.507-40	Aglomerados de Galáxias, Redshifts Fotométricos, Controle de Qualidade de Dados e Workflows Científicos.
Roberto Vieira Martins (ON)	091.768.456-72	Mecânica celeste, astrometria, ciências planetárias. Ênfase em satélites naturais, sistemas de referência, estudo de asteróides duplos, transnetunianos, atmosferas planetárias e satélites. Coordenação do grupo de Sistema Solar. Membro do Comitê Gestor.
Rodney da Silva Gomes (ON)	347.760.447-49	Simulações numéricas baseadas na distribuição de parâmetros orbitais de TNOs e que requerem contrapartida observacional para validação/refinamento, formação e evolução do sistema solar, migração planetária, tratamento analítico de processos dinâmicos.
Rogério Rosenfeld (UNESP)	021.641.858-54	Desenvolvimento de modelos teóricos para energia escura e testes desses modelos a partir de dados observacionais. Vice-coordenador do INCT e Membro do Comitê Gestor.
Uéverton dos Santos Souza (CEFET/RJ)	057.816.147/88	Desenvolvimento de algoritmos para análise de grandes volumes de dados relacionais (grafos).

ALUNOS

Nome	CPF	Atividades / Responsabilidades
Adriano Pieres (UFRGS)	551.828.520-53	Análise e modelagem de diagrama cor-magnitude estelares; aglomerados estelares; caracterização de amostras estelares.
Anna Barbara de Andrade Queiroz (UFRGS)	024.090.790-67	Deteção e caracterização de sub-estruturas Galácticas: correntes estelares, aglomerados e galáxias anãs.
Caio Pumar Freitas (UFF)	123.811.547-01	Identificação de Aglomerados de Galáxias.
Carlos Arturo Basante Erazo (ON)	062.687.107-70	Determinação de órbitas de asteróides.
Carlos Magno Oliveira de Abreu (CEFET/RJ)	022.212.247-10	Desenvolvimento e manutenção do Sagitarii.
Douglas Darcie Oscar (UFRGS)	022.980.860-36	Simulações de populações estelares resolvidas; ajuste de modelos Galácticos; estrelas de baixa massa.
Eduardo Augusto Novo Machado (CEFET/RJ)	006.213.477-95	Mineração de dados (deteção e caracterização de transientes).
Eduardo Balbinot (UFRGS)	011.605.410-78	Análise e modelamento de diagramas cor-magnitude estelares; desenvolvimento de softwares científicos.
Elmer Fidel Luque Canaza (UFRGS)	859.386.485-64	Deteção e caracterização de subestruturas Galácticas; galáxias anãs; observações de follow-up.
Gustavo Benedetti Rossi (ON)	338.751.948-61	Astrometria, fotometria, estudo dos objetos do cinturão de Kuiper.
Henrique Rubira (USP)	418.603.548-23	Desenvolvimento e aperfeiçoamento de programas para cálculo de redshifts fotométricos e ferramentas de análise estatística.
Hugo Orlando Camacho Chavez (USP)	235.303.198-64	Desenvolvimento e aperfeiçoamento de programas para extração de vínculos cosmológicos usando observáveis de estrutura em grande escala, como a função de correlação de galáxias.
Jéssica Silvano Martins (UNESP)	036.964.141-82	Medida do espectro de potência angular a partir de simulações cosmológicas e de dados observacionais de grandes levantamentos.
Julia de Figueiredo Gschwend (ON)	108.177.407-08	Evolução de galáxias: estudo de funções de massa e luminosidade. Portal Científico: Desenvolvimento de workflows e pipelines. Photo-z: Implementação de algoritmos e criação de Value Added Catalogs.
Martin Valentin Banda Huarca (ON)	062.446.607-81	Desenvolvimento de ferramentas para identificar asteróides conhecidos nas imagens astronômicas oriundas de grandes surveys, como DES e LSST.
Michel Agüena da Silva (USP)	326.372.498-38	Desenvolvimento de software para análise cosmológica de aglomerados de galáxias.

Murillo Guignoni Dutra (CEFET/RJ)	115.027.397-63	Análise de séries temporais.
Rebecca Pontes Salles (CEFET/RJ)	148.323.947-03	Análise e monitoramento do desempenho de workflows científicos.
Rodrigo Voivodic (USP)	373.275.108-26	Estudos teóricos de modelos de gravidade modificada. Uso de programas para análise cosmológica de voids.

COLABORADORES EXTERNOS

Nome	CPF	Atividades / Responsabilidades
Christophe Benoist (OCA, França)	Passaporte	Desenvolvimento de algoritmo de identificação de aglomerados de galáxias. Análise de dados.
Cristina Chiappini Moraes Leite (AIP, Alemanha)	125.802.408-02	Desenvolvimento de modelo químico da Galáxia.
Flavia Sobreira Sanchez (Fermilab, EUA)	051.300.846-24	Desenvolvimento de ferramentas para análise cosmológica incluindo mapa de profundidade e implantação de análises baseadas em MCMC.
Leo Alberto Girardi (OAPD, Itália)	561.339.600-00	Simulações de observáveis da Via Láctea. Modelagem da Via Láctea e aplicação aos dados do levantamento DES.

EQUIPE TÉCNICO-ADMINISTRATIVA

Nome	CPF	Atividades / Responsabilidades
Ana Marcela Xavier da Silva (ON)	122.698.237-96	Operação do helpdesk, registro de usuários e manutenção de procedimentos da equipe técnica.
Andréa Caminha Medawar (LIneA)	810.811.627-91	Gerenciamento de Projetos, preparação de cronogramas e orçamentos, planejamento e controle de aquisições e custos.
Carlos Adean Souza (LIneA)	054.495.587-08	Desenvolvimento de software, gerenciamento do banco de dados do DES e pacotes de software.
Cristiano Biral Peixoto (LIneA)	119.970.737-65	Operação do centro de dados e registro de eventos do sistema.
Cristiano Pires Singulani (ON)	111.938.707-80	Desenvolvimento de software, gerenciamento do banco de dados do portal científico e operação do Quick Reduce.
Glauber Costa Vila Verde (LIneA)	117.945.497-90	Desenvolvimento web do portal científico e ferramentas de visualização de dados.
Patricia Bitencourt Egeland (LIneA)	104.356.727-54	Gerenciamento dos releases e instalação do portal científico, processamento de dados e planejamento do centro de dados do LIneA.
Rafael Brito Loureiro (LIneA)	124.873.357-69	Desenvolvimento web do portal científico e manutenção dos sítios web do LIneA. Teste de software.
Rosane Florentina de Melo (LIneA)	814.998.507-78	Controle e solicitações de Viagens, Visitas e Reuniões. Emissão de Ofícios, solicitação de material de informática e escritório.
Valéria de Oliveira Moraes (LIneA)	073.503.107.06	Apoio administrativo, supervisão do Google Agenda, acompanhamento de datas críticas e manutenção dos arquivos eletrônicos no DOC DB.
Valter Machado da Costa Júnior (ON)	057.803.197-31	Desenvolvimento web do portal científico e manutenção dos sítios do LIneA.

5. Estrutura organizacional e funcional do instituto

A estrutura deste INCT baseia-se na experiência acumulada no âmbito do Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA)² e das colaborações internacionais apoiadas pelo mesmo. O LIneA foi criado em 2010 para prover a infraestrutura logística, técnica e computacional necessária para permitir a participação de pesquisadores brasileiros em grandes levantamentos astronômicos internacionais como o *Dark Energy Survey* (DES)³ e o *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS)⁴. Esta colaboração é feita através de consórcios de pesquisadores de diferentes instituições brasileiras (*DES-Brazil*⁵ e *Brazilian Participation Group* - BPG⁶). O LIneA tem a participação direta de três unidades de pesquisa do MCTI (LNCC, ON e RNP) e conta com o apoio do LNA. O instituto contará com: *i*) Um **Coordenador Geral**. *ii*) Um **Comitê Gestor** formado pelos representantes das linhas de pesquisa científicas e tecnológicas que deve se reunir virtualmente a cada 15 dias. Este comitê será responsável pelo acompanhamento da aplicação de recursos, acompanhamento e revisão de metas, e demais assuntos de interesse coletivo do instituto.

² <http://www.linea.gov.br/>

³ <http://www.darkenergysurvey.org/>

⁴ <https://www.sdss3.org/>

⁵ <http://des-brazil.linea.gov.br/>

⁶ <http://bpg.linea.gov.br/>

iii) Um **Comitê Científico** incluindo pesquisadores mais jovens, os quais coordenarão grupos de trabalhos nas distintas áreas e projetos apoiados pelo instituto. As reuniões virtuais serão quinzenais. **iv)** Uma **Secretaria** para apoiar os setores de gestão, administrativo, financeiro e contábil formada por: **a)** um *Gerente de Projeto* responsável pela manutenção do cronograma integrado contendo as metas e os entregáveis de cada linha de pesquisa previstos ao longo dos seis anos de operação do instituto; **b)** uma *Secretária* para apoio administrativo em geral (ex.: agendamento de reuniões e compra de passagens); **c)** um *Analista em C&T* para apoio na parte financeira e contábil, e para o gerenciamento da documentação gerada pelo INCT; **v)** uma **Equipe de TI** responsável pelo desenvolvimento de software, apoio aos pesquisadores, manutenção de *web sites*, operação dos diferentes *sites* disponíveis aos membros do INCT.

Além do cronograma geral mantido pelo Gerente de Projeto cada área fará uso de ferramentas colaborativas (já em uso pelos afiliados do LIneA) para acompanhar o progresso das atividades com maior granularidade no tempo, independente de sua natureza, permitindo a detecção antecipada de desvios significativos no cronograma.

Os participantes do instituto terão acesso a ferramentas colaborativas, entre elas: **i) GoToMeeting** - sistema de web conferência a ser usado em *webinars*, reuniões de comitês, de subgrupos, e até reuniões virtuais do instituto como um todo. Com esta facilidade, mantemos no âmbito do LIneA uma série de *webinars* semanais com convidados de todos os grandes centros de pesquisa, ajudando a manter os corpos técnico e científico atualizados sobre as novidades internacionais. **ii) Trello** - Um “quadro de avisos” virtual que permite o acompanhamento de sub-projetos, suas tarefas, prazos, e membros envolvidos. O mesmo é útil tanto para atividades de pesquisa e desenvolvimento como administrativa, e vem sendo usado com sucesso pelos membros do LIneA. **iii) Sistema de e-mail próprio** - o *webmail* mantido pelo LIneA tem se mostrado robusto e eficiente, possuindo sistema de backup diário e será disponibilizado aos integrantes do instituto. **iv) Servidor de listas** - usado para atender os diversos subgrupos do instituto, mantendo o histórico de comunicações (ex.: linhas de pesquisa, setor administrativo, comitês). Atualmente, mais de uma centena de listas são mantidas para atender as necessidades de comunicação. **v) Wiki** - sistema de gerenciamento de conteúdo disponível para que os membros de cada projeto e sub-projeto possam colocar informações relevantes e formar a base de conhecimento de fácil acesso aos membros (ex.: relatórios, resultados de pesquisa, minutas de reuniões, links importantes, proformas de compras). **vi) Banco de documentos** - ferramenta desenvolvida pelo Fermilab que permite o gerenciamento de documentos (rascunhos de artigos, apresentações, relatórios técnicos e científicos, teses). Atualmente, mais de 300 documentos estão armazenados no sistema mantido pelo LIneA. **vii) Helpdesk** - sistema de comunicação entre usuários e mantenedores da infraestrutura computacional (provida pelo LIneA) para atender as demandas do time científico, minimizando as dificuldades dos pesquisadores no uso dos sistemas. **viii) Repositório de códigos (GIT)** - um repositório de códigos centralizado mantido pelo LIneA. Este será um importante legado do instituto pois além de permitir o desenvolvimento colaborativo manterá o histórico dos algoritmos desenvolvidos por alunos e pós-doutorandos. **ix) Centro de Dados do LIneA** - Os participantes do INCT terão acesso a esta facilidade para o processamento, armazenamento, e desenvolvimento de software. Terão também acesso aos dados disponibilizados aos participantes das colaborações internacionais (ex.: SDSS, DES). **x) Doodle e SurveyMonkey** - sistemas de consultas para as mais variadas atividades (ex.: agendamento de reuniões, enquetes, elaboração de relatórios padronizados). **xi) MS Project** - Ferramenta usada pelo Gerente de Projeto para registrar e acompanhar as atividades do INCT a médio e longo prazo, indicando datas e metas a serem alcançadas.

Esta moderna infraestrutura é utilizada em colaborações internacionais como o SDSS e o DES e permitirá aos membros do INCT se familiarizar e desenvolver esta metodologia de trabalho. Para o acompanhamento mais ágil, o Comitê Gestor nomeará um Comitê Executivo que se reunirá semanalmente. Este comitê será responsável pela triagem dos assuntos.

Cada grupo de trabalho se reunirá pelo menos quinzenalmente a critério de seus membros. Semestralmente serão organizadas uma reunião remota e uma presencial com todos os participantes do instituto, intercaladas de três meses, para tratar tanto de assuntos científicos como os de natureza técnica e administrativa. Nestas reuniões a situação do INCT será revista pelo Coordenador em conjunto com os coordenadores de área. Este material será usado na preparação de relatórios periódicos, que serão disponibilizados no site do INCT.

6. Definição das tarefas de cada entidade participante

Ao ON caberá: *i)* a cessão das instalações físicas para a sede no INCT; *ii)* o apoio logístico e administrativo ao projeto; *iii)* a cessão de auditórios para realização de congressos e reuniões de grupos e de colaborações científicas nacionais e internacionais. **Ao LNCC caberá:** *i)* a cessão de espaço físico no seu CPD para manutenção de uma ambiente de P&D do Portal Científico; *ii)* apoiar na tarefa de testar diferentes arquiteturas de banco de dados; *iii)* facultar o uso do SINAPAD ⁷. **A RNP caberá:** *i)* a cessão do espaço físico no seu Internet Data Center (IDC ⁸) em Brasília ⁹; *ii)* garantir a qualidade de serviço na transferência de dados entre o IDC e as diferentes instituições parceiras (ex.: Fermilab, LBL, NCSA, CTIO, NOAO, SLAC); *iii)* participar no provisionamento de uma conexão de 40-100 Gbps entre Santos e Miami, uma importante contribuição que facilitará a participação de toda a comunidade brasileira no projeto, como já proposto ao MCTI. **Ao LInEA caberá:** *i)* prover as ferramentas colaborativas descritas anteriormente; *ii)* prover acesso às facilidades computacionais do LInEA que incluem: **1)** cluster de processamento com mais de 500 núcleos; **2)** um sistema de armazenamento de dados com 500 TB; **3)** conexão internacional de 10 Gbps; **4)** ambiente para desenvolvimento de software; **5)** repositório de códigos com versionamento; **6)** sistema diário de backup; **7)** manutenção de bibliotecas científicas e sistema para a criação de gerenciamento de pacotes de software; **8)** interfaces para o fácil acesso aos dados dos levantamentos apoiados pelo LInEA (DES, SDSS-III e a partir de 2015 o SDSS-IV ¹⁰); *iii)* prover acesso ao portal científico que integra o banco de dados aos *workflows* científicos; *iv)* contar com o apoio da equipe de TI que atualmente consiste de dois operadores, cinco programadores (python, web), um analista de sistema e três astrônomos dedicados ao desenvolvimento de aplicações científicas, totalizando 11 pessoas; *v)* um gerente de projetos; e *vi)* prover os serviços de uma secretaria com duas pessoas que darão apoio para as atividades do INCT. **Ao CEFET/RJ caberá:** *i)* facultar o uso do cluster *Beowulf* composto por 80 computadores quade-core que será usado como ambiente de testes de *workflows* de análises antes de adoção no ambiente de produção; *ii)* prover expertise em modelagem e desenvolvimento de *workflows* científicos para mineração de dados por meio do aplicativo de gerenciamento de *workflows Sagitarii*; *iii)* prover expertise sobre algoritmos para mineração de dados em grandes bancos de dados, particularmente sobre dados provenientes do DES e do *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST ¹¹); *iv)* colaborar na divulgação científica das atividades do INCT e-Universo por meio da Semana de Pesquisa e Extensão do CEFET/RJ, evento anual aberto às comunidades interna e externa dessa instituição. **À UNESP caberá:** *i)* atrair e selecionar estudantes de pós-graduação e pós-doutores; *ii)* disponibilizar o uso do cluster de computadores GridUNESP ¹² para cálculos de alto desempenho visando à determinação de parâmetros cosmológicos. O Prof. Rogerio Rosenfeld continuará organizando escolas internacionais de cosmologia no âmbito do ICTP-SAIFR ¹³. **Aos participantes da USP, do ON, do CEFET/RJ, da UNESP, USP e da UFRGS caberão:** a atração e seleção de estudantes e pós-doutores com capacidade e motivação para se desenvolverem dentro de uma carreira científica internacional, explorando as oportunidades naturalmente oferecidas nos projetos do INCT. **Ao Planetário-RJ ¹⁴ caberá** o apoio para as atividades de transferência de conhecimento para

⁷ <https://www.lncc.br/sinapad/>

⁸ <http://portal.rnp.br/web/servicos/internet-data-center>

⁹ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/carta_apoio_RNP_INCT.pdf

¹⁰ <https://www.sdss3.org/future/>

¹¹ <http://www.lsst.org/lsst/>

¹² <http://unesp.br/portal#!/gridunesp>

¹³ <http://www.ictp-saifr.org/>

¹⁴ <http://www.planetariodorio.com.br/>

a sociedade, através da organização de palestras, exposições, vídeos educativos, Portal da Fundação Planetário do Rio de Janeiro, palestras com transmissão pela internet e com sessões de observações sobre os temas de pesquisa do INCT.

7. Descrição dos mecanismos para promover a interação entre os grupos de pesquisa participantes

Uma das vantagens deste INCT é que a maioria de seus participantes já trabalham de forma colaborativa utilizando ferramentas modernas de interação, uma consequência natural do envolvimento em grandes levantamentos internacionais. A estruturação local (nacional) em grupos de trabalho, emulando os existentes nas colaborações internacionais, permite um melhor foco e racionalização das atividades. Os membros do LInEA participam quase que diariamente de tele-conferências (via GoToMeeting, Skype) que permitem manter interações tão efetivas quanto às de pessoas fisicamente presentes em uma mesma instituição. Estas reuniões permitem atualizações dos resultados científicos, do desenvolvimento de software, e planejamento contínuo de novas metas. No contexto deste INCT, estas boas práticas serão continuadas e expandidas.

A equipe científica será dividida em grupos de trabalho temáticos coordenados preferencialmente por pós-doutores que se reunirão pelo menos a cada 15 dias para rever as atividades realizadas pelo grupo. Estas atividades incluem: *i)* a participação nas telecons internacionais; *ii)* o desenvolvimento (aprimoramento) e testes de algoritmos de análise; *iii)* a leitura de material pertinente; *iv)* o acompanhamento da construção, integração e testes de pipelines de interesse do grupo no Portal Científico; *v)* a participação na validação dos dados para as atividades do grupo; *vi)* a indicação de nomes para os webinars promovidos pelo INCT; *vii)* a indicação de nomes para a participação em reuniões nacionais e internacionais; *viii)* a validação de apresentações feitas em nome do INCT seguindo as normas de cada colaboração internacional.

Tendo em vista a grande demanda de desenvolvimento de software, a equipe técnica necessita de metodologias desenvolvimento ágeis. As reuniões da equipe técnica são mais frequentes dependendo do progresso das tarefas distribuídas semanalmente. Além desta, a equipe realizará, pelo menos, uma reunião geral por semana para avaliar o progresso global do esforço da semana, para garantir que todos tem uma visão geral do projeto e rever prioridades usando a ferramenta *Trello* para este acompanhamento. Além dessas reuniões internas, a equipe de TI terá uma reunião em conjunto com representantes do corpo científico do INCT para alinhar o desenvolvimento de software às necessidades de cada grupo científico. Este procedimento já vem sendo adotado pelo LInEA há algum tempo. Finalmente, a cada três meses o cronograma de desenvolvimento será revisto levando em consideração as demandas de cada grupo, do progresso feito, e as recomendações feitas por usuários do sistema e por comissões de avaliação externos. Uma revisão do trabalho por uma comissão internacional será feita pelo uma vez por ano, a exemplo do que já vem acontecendo com o portal científico sendo desenvolvido para o projeto DES, para o qual já foram realizadas seis avaliações desde 2010.

8. Detalhamento do programa de formação de pessoal

A imersão no ambiente descrito acima permitirá aos estudantes e jovens pesquisadores uma experiência única e servirá de base para inserção destes nos projetos internacionais. Os pesquisadores associados a este INCT estão, em sua grande maioria, vinculados a programas de pós-graduação de suas instituições e supervisionam alunos de graduação, mestrado e doutorado.

Fazendo parte deste INCT, os alunos irão efetivamente participar de todas as fases de um projeto científico, desde as observações ao desenvolvimento de ferramentas de análise, sua aplicação a grandes volumes de dados (fundamental para os projeto considerados), a extração da ciência, a preparação de apresentações internacionais e a redação de artigos sob o escrutínio não só de seu supervisor mas de toda uma comunidade formada por experts nas áreas consideradas.

No processo, esses jovens pesquisadores serão também expostos à prática de gestão, participação em tele-conferências e apresentações públicas para diferentes audiências. Isto dará um amadurecimento sem paralelo aos estudantes e aos jovens pesquisadores brasileiros. Também importante será a experiência de trabalhar em colaboração, tanto ao se beneficiar do trabalho da equipe como contribuindo para objetivos comuns. Isto é possível graças à infraestrutura do LIneA, que permite o uso de um repositório de códigos e a integração de *workflows* científicos validados no portal, preservando desta forma o conhecimento adquirido. Este legado pode então ser capitalizado por novos membros além da vigência deste INCT. Tudo isto é uma mudança de paradigma na formação de profissionais, onde a comunidade brasileira não está plenamente preparada para atender este novo tipo de demanda, e este INCT se propõe a preencher esta lacuna. Isto será feito colocando estudantes e pós-doutores envolvidos nos projetos DES, SDSS-IV, *Dark Energy Spectroscopic Instrument* (DESI ¹⁵) e LSST, atuando nos grupos de trabalho internacionais e coordenando grupos de trabalho nacionais. Espera-se que, ao longo dos anos, estes venham, com a experiência acumulada, a ocupar posições de destaque nos projetos internacionais, a exemplo do que já acontece rotineiramente no SDSS há mais de 20 anos, e no DES há 10 anos. Mesmo no exterior, existe uma profunda preocupação na formação de profissionais habilitados para atender a crescente demanda da chamada de ciência de *big data*, a qual permeia todas as áreas de conhecimento, sendo que empresas como *Google*, *Facebook*, *Linkedin*, *Twitter*, e *Microsoft* estão continuamente promovendo programas para criar uma ponte entre a área científica e a de *big data* na busca de soluções para problemas em comum.

Nosso INCT terá um programa para participação dos jovens pesquisadores nas reuniões das diferentes colaborações. Pretendemos que ao menos dois jovens participem em cada reunião, pelo menos uma vez ao ano. Se necessário isso será feito na forma de rodízio, priorizando aqueles com resultados mais expressivos a serem apresentados. Além das viagens para as reuniões de colaborações, um importante objetivo do INCT é o de estimular a ida de jovens talentos para temporadas no exterior condicionadas à identificação, junto aos grupos de trabalho, de atividades a serem realizadas em sintonia com seus projetos de tese ou de pesquisa. Isto será complementado com a vinda de pesquisadores ao Brasil, de forma a consolidar as colaborações em andamento.

Outro elemento na formação de pessoal é a série de *webinars* promovida pelo LIneA, que possibilita a participação de palestrantes de qualquer parte do mundo. Isto é vital para manter os membros do INCT e da comunidade sempre a par dos últimos desenvolvimentos. É importante enfatizar que todos os projetos e áreas de atividade do INCT serão beneficiadas. Pretende-se ainda usar o sistema *GoToMeeting* como um veículo de apresentações feitas por alunos, na forma de um *journal club* virtual, com o intuito de prepará-los para fazer apresentações e desenvolver as boas práticas no uso de ferramentas de tele e videoconferências.

Complementando a formação, o INCT irá propor organizar reuniões internacionais dos projetos apoiados a exemplo do que já foi feito em relação ao DES (2009) e ao SDSS-III (2012) ¹⁶. Estas serão mescladas com reuniões mais técnicas seguindo o sucesso da reunião *XLDB Workshop South America* em 2014 ¹⁷ tratando de problemas relacionados a *big data*. Neste sentido está previsto uma nova reunião do XLDB em 2018, e o INCT pretende se candidatar para realizar uma reunião da série *Astronomical Data Analysis Software and Systems* ¹⁸ (ADASS), procurando dar mais visibilidade ao projeto do portal científico sendo desenvolvido para o DES, e que se espera seja também de utilidade para o LSST.

O INCT montará um programa de iniciação científica, utilizando mecanismos oferecidos pelos diferentes institutos e agências financeiras. Estes jovens pesquisadores serão supervisionados preferencialmente por pós-doutores, com a expectativa de que eles venham mais tarde a se engajar nos programas de mestrado e doutorado. A escala de tempo é perfeita para que estes jovens venham a ser os pós-doutores na era do LSST.

¹⁵ <http://desi.lbl.gov/>

¹⁶ <http://sdss3-meeting.linea.gov.br/>

¹⁷ <http://xldb-rio2014.linea.gov.br/>

¹⁸ <http://www.adass.org/>

Para atrair estes talentos, o INCT em conjunto com os projetos internacionais, irá estabelecer um programa de divulgação e estimular a absorção do público das descobertas astronômicas. Estas atividades complementam os cursos formais sistematicamente oferecidos nos vários programas de graduação e/ou pós-graduação das instituições de membros do INCT.

O INCT também fará um esforço para atrair novos talentos. Isto será feito através de um programa de divulgação a ser estabelecido em colaboração com o grupo de *Education and Public Outreach* (EPO) do LSST em conjunto com planetários internacionais. Neste sentido o Planetário-RJ está aderindo a este INCT e deverá participar ativamente do desenvolvimento deste programa. Ferramenta desenvolvida pelo LIneA já despertou interesse por parte deste grupo atuando no LSST ¹⁹. Um dos participantes do INCT (M.A.G. Maia) organizou dois ciclos “Astronomia para Poetas” ²⁰ na Casa da Ciência - UFRJ²¹ dentro do programa “Ciência para Poetas” ²², com ampla participação do público leigo. Outro participante (B.X. Santiago) é vice-coordenador do “Observatório Educativo Itinerante” ²³ com a proposta de levar a astronomia para professores do ensino fundamental e médio em cidades do interior.

Os projetos internacionais possibilitam estágios de curta e longa duração no exterior em todos os níveis, permitindo uma absorção de políticas científicas e de fomento nas instituições internacionais que lideram as pesquisas nas áreas de atividade deste instituto. Visões diversificadas de se fazer ciência são fundamentais para a quebra de preconceitos e vícios locais, permitindo que, os estudantes em especial, tenham uma visão mais ampla e crítica de seus trabalhos e possam aplicar isso ao retornarem ao Brasil. A interação com os grandes centros de pesquisa lidando com os problemas de *big data* também são fundamentais no encontro de soluções que se adaptem às condições locais.

O corpo técnico também tem a possibilidade de aprimoramento através da colaboração com as equipes de gerenciamento de dados associados aos grandes centros como NCSA, NOAO, LBL, Fermilab, SLAC e LSST. Esta interação é de fundamental importância na busca de soluções locais para enfrentar o desafio de gerenciar grandes volumes de dados e manter um moderno centro servindo dados de diferentes tipos e origens. Esta colaboração já existe no âmbito do LIneA e no momento está sendo firmado um acordo entre o LIneA e o time de gerenciamento de dados do projeto LSST para estender esta colaboração ²⁴ com a ida de um dos tecnólogos do LIneA e membro deste INCT para a sede do NOAO por um período de um ano para trabalhar na parte de validação de dados usando as lições aprendidas com a câmera DECam sendo utilizada pelo DES.

9. Descrição detalhada do programa do instituto

O INCT tem como objetivo preparar membros da comunidade científica brasileira atuando nas áreas de astronomia, cosmologia, física das altas energias e tecnologia da informação para usufruir, em última instância, de projetos como o DESI e o LSST desde o início de suas operações, previsto para o final desta década. De particular interesse é o projeto LSST. Este é sem precedentes e consiste, ao mesmo tempo, da construção de um telescópio de 8 metros, da construção da maior câmera digital (3.8 Gigapixels) para observações astronômicas e de um projeto científico cobrindo várias áreas da astronomia, com ênfase particular em determinar a natureza da energia escura. O estudo da energia escura é fundamental tendo em vista a implicação dos resultados para a física, sendo um desafio tanto para a física de campos e partículas quanto para a teoria de gravitação. Dada a importância destes tópicos de física fundamental e do desenvolvimento da área de *big data* (com possível impacto em tecnologia e empresas locais), pesquisadores brasileiros não podem ficar fora destes grandes experimentos.

¹⁹ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter_of_Support_EPO_LSST.pdf

²⁰ <http://www.casadaciencia.ufrj.br/CienciaParaPoetas/ciclos.html>

²¹ <http://www.casadaciencia.ufrj.br/>

²² <http://www.casadaciencia.ufrj.br/CienciaParaPoetas/index.html>

²³ <http://www.if.ufrgs.br/oei/>

²⁴ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-Support-LSST-20140829.pdf>

O estudo da energia escura requer o exame de grandes volumes de espaço exigindo portanto levantamentos astronômicos profundos e cobrindo grandes áreas. Isto requer o uso dedicado de telescópios e a construção de instrumentos especialmente desenhados para atingir os objetivos. Esses projetos naturalmente fornecem mais material do que só o para estudo da energia escura. Assim, uma série de levantamentos foram desenhados envolvendo um grau crescente de sofisticação instrumental. Entre esses se encontram projetos baseados em levantamentos espectroscópicos, como o SDSS, o BOSS, o eBOSS, e o DESI; e fotométricos como o DES e o LSST. Estes projetos formam o portfólio do *Department of Energy* (DoE) americano para o estudo da energia escura. A escala de tempo é de 20 anos, sendo que o LSST tem o início de operação previsto para 2021.

O objetivo do INCT é o de preparar jovens interessados, ao longo dos próximos seis anos, para atuarem em condições de igualdade da análise científica dos dados gerados pelo LSST. Isto será feito patrocinando e dando apoio logístico e computacional à participação de membros do INCT nos projetos SDSS-IV, DES, DESI e LSST. Os primeiros dois projetos servem para a formação de jovens já inseridos no contexto internacional e para testar conceitos e algoritmos em dados reais. A entrada imediata nas colaborações DESI e LSST viabilizará a participação de pesquisadores e estudantes nos diferentes grupos de trabalho, permitindo a familiarização com os dados esperados das observações através das sofisticadas simulações sendo realizadas, além de participar do desenvolvimento do ferramental de análise necessário. Essas ferramentas serão construídas a partir da experiência acumulada nos projetos em andamento ao longo da duração deste INCT, que antecede o início de operação do LSST. Esta inserção internacional permitirá aos alunos e jovens pesquisadores uma visão mais ampla da área e uma interação permanente com cientistas dos principais centros de pesquisa do mundo.

A participação nos projetos SDSS-IV, DES e DESI será valiosa para a construção de um centro para o armazenamento, processamento, distribuição e mineração de dados, permitindo a gradual expansão do sistema. A formação de pessoal especializado na operação desse centro, na resolução de problemas de transferência de dados, na arquitetura de banco de dados e no desenvolvimento de interfaces de usuários que permitam o eficiente gerenciamento do grande volume e da variedade de dados envolvidos já está em andamento no LIneA. Isto será feito através de um planejamento que resultará no Centro Regional para acesso aos dados do LSST, alinhando-se as necessidades imediatas do DES às de longo prazo do sistema de gerenciamento de dados do LSST, já em andamento.

Uma série de vantagens podem ser mencionadas com relação ao envolvimento de pesquisadores brasileiros nos projetos internacionais mencionados acima e que serão apoiadas por este INCT: **i)** apoio do *National Science Foundation* (NSF) e do DoE; **ii)** participação dos laboratórios nacionais americanos (LBL, SLAC, Fermilab, NCSA, NOAO); **iii)** todos os levantamentos são colaborações internacionais sólidas, envolvendo um grande número pesquisadores com experiência em projetos similares; **iv)** todos os levantamentos têm tempo de telescópio dedicado; **v)** o investimento de entrada pode ser feito em parcelas; **vi)** baixo risco e excelente razão custo/benefício; **vii)** os levantamentos geram produtos nas mais diversas áreas científicas. Estes fatos garantem a viabilidade dos projetos, permitindo aos pesquisadores brasileiros participar dos principais projetos científicos que procuram responder questões fundamentais sobre as forças da natureza. É importante lembrar, por exemplo, que o LSST será o único grande projeto de astronomia apoiado com recursos do governo americano pela próxima década. Igualmente singular é a dedicação do telescópio *Mayall* de 4m em *Kitt Peak* ao projeto DESI, mostrando a força e importância dada pelas agências americanas a estes dois levantamentos. A entrada do Brasil nesses grandes levantamentos proporciona uma visão de quase duas décadas de pesquisa de ponta que pode ser realizada por cientistas brasileiros, deixando um sólido legado científico e uma geração de cientistas engajados a um custo extremamente baixo, principalmente quando comparado à compra de participação em grandes telescópios.

10. Detalhamento das principais linhas de pesquisa

Os Grandes Levantamentos

A descoberta em 1998, por dois grupos de astrônomos, de que o Universo está atualmente em expansão acelerada confirmaram um cenário já indicado pela análise da distribuição em grande escala das galáxias e do campo de velocidades peculiares, ambos sugerindo um Universo de baixa densidade. Essa descoberta implica necessariamente uma nova física, com as alternativas mais prováveis sendo: *i)* um novo tipo de energia ou, *ii)* uma nova teoria da gravitação. O DoE convocou um grupo de trabalho *Dark Energy Task Force* (DETF ²⁵) para avaliar a melhor forma de entender a natureza desta nova componente, cunhada de energia escura, caracterizada por uma pressão efetiva negativa. O DETF apresentou conclusões e recomendações em 2006 ²⁶, classificando os projetos em andamento ou propostos na época, em quatro fases, dependendo da precisão com a qual os parâmetros que caracterizam a equação de estado desta nova componente podem ser determinados e que, por sua vez, refletem o custo e complexidade dos mesmos.

A evolução tecnológica e demandas científicas por grandes volumes de dados produziram uma nova forma de colaboração na astronomia, a exemplo do que já ocorria na física de partículas. Consórcios internacionais foram e estão sendo formados, envolvendo dezenas de instituições e centenas de astrônomos, físicos, engenheiros e técnicos para operação de telescópios dedicados com objetivos científicos bem definidos. Ao fim do século passado emergiu uma questão fundamental para a cosmologia com importantes consequências para a física: O que está fazendo o Universo se expandir de forma acelerada? Hoje, uma série de colaborações internacionais tenta responder esta pergunta, que fundamentalmente requer observações astronômicas.

O primeiro levantamento nos moldes descritos acima é o SDSS, iniciado há mais de duas décadas, que tornou-se um dos mais bem sucedidos projetos da astronomia pelo impacto de seus resultados em diferentes áreas de pesquisa. O projeto contabilizou até junho de 2013 mais de 5.000 publicações arbitradas que foram citadas cerca de 200.000 vezes. O SDSS representa na prática a transição para uma era de grandes colaborações internacionais e uma nova sociologia na forma de interação entre cientistas. O grande número de autores nos trabalhos produzidos é o resultado natural de uma aglutinação de alta capacitação (científica e técnica) e de recursos financeiros com objetivos comuns.

Com o interesse, não só do estudo da energia escura, mas de outras áreas que estes levantamentos possibilitam, grupos brasileiros aderiram aos consórcios DES e SDSS-III. Com esta experiência bem sucedida, traçamos uma estratégia para continuar com os investimentos humanos, tecnológicos e científicos alcançados até o momento.

O Dark Energy Survey (DES)

O DES [28] é um experimento de Fase III como definido pelo DETF, aprovado para financiamento norte americano pelo NSF e DoE e gerenciado através de um acordo estabelecido entre os laboratórios nacionais americanos Fermilab, NCSA, LBL e o NOAO. A colaboração DES envolve ~300 participantes de 25 instituições. As principais metas do projeto incluem: *i)* a construção de uma câmara imageadora de alta eficiência, de 570 megapixels; *ii)* a reforma do telescópio de 4m do CTIO, onde o projeto tem mais de 500 noites de observação alocadas, *iii)* a implantação um sistema de redução dos dados utilizando o *grid* disponível no NCSA; *iv)* a instalação de equipamento adequado para armazenamento e processamento de dados no LInEa; *v)* a implantação de um sofisticado Portal Científico desenvolvido pelo LInEa para análise de dados; *vi)* a observação de 5000 graus quadrados do céu em 5 filtros (*grizY*), cobrindo área e profundidade sem precedentes, entre 2013 e 2018. O comissionamento e a verificação científica da DECam foram realizados em 2012 e, em 2013 teve início à primeira temporada de observações para o projeto. Em setembro de 2014 será feito o *release* do primeiro ano de dados do levantamento DES para seus membros. O levantamento DES utiliza quatro metodologias produzindo medidas de parâmetros cosmológicos de forma independente. Quando combinados, estes métodos servirão para vincular com mais precisão os parâmetros que caracterizam a energia escura. São eles: *i)* a distribuição de aglomerados de galáxias acima de uma dada massa em função do tempo; *ii)* a escala

²⁵ <http://www.nsf.gov/mps/ast/detf.jsp>

²⁶ <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0609591>

característica da distribuição da matéria bariônica através do efeito da oscilação acústica de bárions (BAO); *iii*) medidas estatísticas do efeito de lentes gravitacionais fracas e; *iv*) a relação distância-redshift usando supernovas do tipo Ia.

O conjunto de dados do DES, quando concluído, é estimado em alguns petabytes e conterá cerca de 300 milhões de galáxias, 20 mil aglomerados de galáxias, 2 mil detecções de supernovas, assim como dezenas de milhões de estrelas da Via Láctea, além de objetos do sistema solar. Este acervo viabilizará estudos numa grande diversidade de temas na área de astronomia. O Brasil tem participantes neste levantamento através do consórcio DES-Brazil ²⁷.

O Sloan Digital Sky Survey III

O projeto SDSS-III, uma das extensões do projeto original SDSS, consistiu de quatro levantamentos: *i*) BOSS, que mapeou a distribuição espacial de galáxias, quasares e sistemas *Lyman-alpha* para detectar a escala característica das oscilações acústicas de bárions; *ii*) SEGUE e *iii*) APOGEE, para o estudo no óptico e no infravermelho, respectivamente, da estrutura, cinemática e química da Via Láctea e, por fim, *iv*) MARVELS, para a busca e caracterização de planetas extra-solares e/ou de estrelas de baixa massa (anãs marrons) e de suas estrelas hospedeiras, contribuindo para estudos sobre a formação de sistemas planetários. O SDSS-III encerrou as observações e os resultados de análise estão sendo publicados. Brasileiros participaram em todos os experimentos através do consórcio BPG ²⁸.

O Sloan Digital Sky Survey IV

O projeto SDSS-IV ²⁹ é uma continuação do trabalho sendo feito no SDSS-III. Em particular, dois dos levantamentos (eBOSS ³⁰ e APOGEE ³¹) são extensões naturais dos levantamentos realizados no SDSS-III. O projeto inclui ainda, um novo levantamento (MaNGA ³²) de 10.000 galáxias próximas utilizando pacotes de fibra óptica que geram cubos de dados, onde a terceira dimensão é o espectro obtido por cada fibra na posição sobreposta na galáxia, permitindo estudar de uma só vez sua distribuição de luminosidade e química, bem como suas propriedades cinemáticas. Um anúncio do projeto foi feito para a comunidade brasileira e houve a manifestação de interesse de 12 pesquisadores, um reflexo do sucesso da iniciativa do LInEA em apoiar a participação no SDSS-III. O ON pagou a primeira parcela e no momento estamos terminando o memorando de entendimento com a colaboração e de um termo de compromisso que cada pesquisador brasileiro terá com o BPG que representa os interesses desse consórcio. Este termo tem como objetivo garantir a efetiva participação dos membros no projeto.

O Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) ³³

Este é um levantamento dedicado a observações espectroscópicas de dezenas de milhões de objetos para o estudo da energia escura. As observações serão feitas durante cinco anos com o telescópio *Mayall* de 4m do *Kitt Peak National Observatory* e devem iniciar em 2019. Para atingir os objetivos científicos será construída uma lente corretora que permitirá um campo de visada de 8 graus quadrados. Além disso, será construído um espectrógrafo de média resolução com três divisores de luz que criam feixes encaminhados para detectores no infravermelho, no vermelho óptico e azul óptico. O instrumento terá um posicionador robótico de cinco mil fibras configuradas em menos de um minuto, permitindo uma alta cadência e baixo *overhead*. Esta combinação torna o DESI 15 vezes mais poderoso que o instrumento usado para o levantamento BOSS ³⁴.

Para perscrutar o Universo espectroscopicamente até redshifts $z \sim 3.5$ serão utilizadas distintas classes de objetos. Para o intervalo de *redshift* $z=0.4-1.0$, serão observadas 4 milhões de LRGs; no intervalo $z=0.7-$

²⁷ <http://des-brazil.linea.gov.br/>

²⁸ <http://bpg.linea.gov.br/>

²⁹ <https://www.sdss3.org/future/>

³⁰ <https://www.sdss3.org/future/eboss.php>

³¹ <https://www.sdss3.org/future/apogee2.php>

³² <https://www.sdss3.org/future/manga.php>

³³ <http://desi.lbl.gov/>

³⁴ <https://www.sdss3.org/surveys/eboss.php>

1.7, 23 milhões de ELGs; no intervalo $z=1.0-2.2$, 1.4 milhões de QSOs; e no intervalo $z=2.2-3.5$, 0.6 milhões de sistemas Lyman-alpha. A área total de céu coberta pelas observações será de 14 mil graus quadrados. Este experimento, da Fase IV como definido pelo DETF, é sem precedentes e se propõe a impor vínculos fortes sobre modelos de energia escura e de gravidade modificada que tentam explicar os efeitos observados da expansão acelerada do Universo. Examina-se a utilização do telescópio em noites enluaradas para projetos de estudo da Via Láctea. Participantes deste INCT estão em negociações para participação no DESI.

O Large Synoptic Survey Telescope (LSST)

O LSST ³⁵ é um novo tipo de telescópio. Com uma capacidade coletora de luz entre as maiores do mundo, ele detectará objetos muito fracos com pequenos tempos de exposição. Seu grande campo de visada permitirá observar uma grande região do céu e o desenho compacto e ágil o fará mover-se rapidamente entre apontamentos sucessivos. Adquirindo mais de 800 imagens panorâmicas a cada noite, ele cobrirá todo o céu duas vezes por semana. Os números são extraordinários: **i)** cada imagem corresponderá a 6.5 GB; **ii)** cada noite de observação gerará de 15-18 TB (correspondendo a 30 TB de dados reduzidos) que serão transferidos para o NCSA para a redução; **iii)** a cada noite serão gerados ~5 milhões de eventos que terão que ser classificados e distribuídos para diferentes grupos para observações de *follow-up*.

Um sistema de análise de dados irá comparar as novas imagens com aquelas obtidas anteriormente para detectar mudanças no brilho e posição de objetos. Centenas de imagens de cada parte do céu vão ser utilizadas para construir um filme. Apenas como um exemplo, esta capacidade será usada para detectar e rastrear asteróides potencialmente perigosos. Os dados do LSST serão utilizados para criar um mapa 3D do Universo com profundidade e detalhe sem precedentes, que rastreará a misteriosa matéria escura e caracterizará as propriedades, da ainda mais misteriosa, energia escura. Tal como aconteceu com os avanços tecnológicos do passado, que abriram novas janelas para descobertas, um sistema tão poderoso para explorar o Universo distante e transiente, sem dúvida, nos trará surpresas.

O LSST será o único projeto de astronomia a ser financiado pelo governo americano nos próximos dez anos e tem o apoio da comunidade astronômica *New Worlds, New Horizons in Astronomy and Astrophysics* ³⁶ e da física de altas energias *Building for Discovery* ³⁷. O custo para a entrada de um pesquisador no projeto é de US\$ 200 mil, dando o direito a incluir quatro pesquisadores jovens.

A conexão entre os levantamentos

Enfatizamos que tanto eBOSS como APOGEE2 serão precursores do projeto DESI. Além disso, já existe um acordo de colaboração entre o projeto eBOSS e DES, onde o DES proverá ao eBOSS dados que para a seleção de alvos das observações espectroscópicas. Em contrapartida, os dados espectroscópicos ficarão disponíveis para a colaboração DES e serão usados principalmente para calibrar os *redshifts* fotométricos. Inicialmente, será feito um projeto piloto uma área de ~10 placas do eBOSS, que produzirá ~10.000 espectros. Dependendo do sucesso dessa iniciativa, o programa será estendido para cobrir ~700 graus quadrados de céu comum aos levantamentos. Esses dados permitirão a análise das distorções no espaço de *redshift* a partir das quais pode se determinar o fator de crescimento das estruturas do Universo e verificar a validade de um dos contextos da teoria de relatividade geral como explicação da possível causa da observada expansão acelerada do Universo. O envolvimento neste trabalho é fundamental para preparar os algoritmos que serão necessários para analisar os dados do levantamento DESI. Isto mostra a forte sinergia entre os levantamentos que o LInEA apóia, colocando desta forma a comunidade brasileira em excelente posição para ser um dos protagonistas nas grandes descobertas da próxima década em uma área de fundamental importância para a física, tão fundamental quanto a descoberta da natureza da matéria escura e a comprovação da teoria da inflação, também esperadas para as próximas décadas.

³⁵ www.lsst.org

³⁶ http://sites.nationalacademies.org/bpa/BPA_049810

³⁷ <http://www.usparticlephysics.org/p5/>

Cosmologia

Após décadas de observações astronômicas envolvendo estudos detalhados da radiação cósmica de fundo, da abundância de elementos leves no Universo e da distribuição de estruturas (galáxias, aglomerados de galáxias), os resultados apontam para uma composição surpreendente. Apenas 5% do Universo é feito de bárions; a matéria escura contribui para 25% e a energia escura para os 70% restantes. Acredita-se que a matéria escura é formada por algum tipo de partícula elementar, eletricamente neutra e estável (ou com meia-vida superior à idade do Universo). Caso ela tenha uma interação fraca e estivesse em equilíbrio termodinâmico no Universo primitivo, sua abundância pode ser calculada e estaria em concordância com as observações. Essa nova partícula representa uma física além do chamado Modelo Padrão das interações fundamentais. Apesar das evidências astronômicas advindas da sua interação gravitacional, observadas nas curvas de rotação de galáxias, na dinâmica de aglomerados de galáxias, no efeito de lentes gravitacionais, e da radiação cósmica de fundo, até agora não foram encontrados sinais de matéria escura em diversos experimentos na Terra, entre eles os do *Large Hadron Collider* (LHC) no CERN.

A energia escura foi uma surpresa ainda maior do que a matéria escura. O modelo mais simples de energia escura, e que passa por todos os testes observacionais até o momento, é o da energia do vácuo. A chamada constante cosmológica é um exemplo de energia de vácuo. As teorias quânticas de campo prevêm a existência de flutuações quânticas no vácuo. Entretanto essas previsões estão em desacordo com as observações por 120 ordens de grandeza! Esse problema, o chamado "problema da constante cosmológica", já estava presente em física de partículas há muito tempo [ex.:62]. É possível que a expansão acelerada do Universo aponte para a necessidade de modificação de uma das teorias mais fundamentais - a da relatividade geral. Por exemplo, vários modelos fenomenológicos denominados coletivamente de "f(R)" foram propostos e seus parâmetros testados. Mais recentemente uma série de alternativas tem sido consideradas [ex.: 36], envolvendo modelos de dimensões extras, campos escalares acoplados de gravitação, gravidade massiva, etc.

Para responder a essas perguntas, os levantamentos vão gerar observáveis cosmológicos que, analisados conjuntamente, determinarão qual modelo melhor se ajusta às observações. O resultado dessas análises, que envolvem uma modelagem teórica e estatística sofisticada não apenas da física dos modelos, mas dos efeitos observacionais, resulta em intervalos de confiança em um espaço multidimensional de parâmetros. Esses intervalos de confiança são classificados pelas chamadas "figuras de mérito" que indicam a sensibilidade de um dado experimento à medida dos parâmetros. Essa classificação para diversos experimentos foi discutida no documento do DETF, mencionado anteriormente³⁸.

Neste tipo de análise é necessário uma infraestrutura de cálculo computacional de última geração. Qualquer descoberta que descarte o modelo mais simples de constante cosmológica será algo revolucionário, requerendo modificações da teoria de gravitação ou a criação de modelos mais complexos de energia escura. Duas são as principais linhas de pesquisa observacionais dentro do time proposto: a estrutura em grande escala do Universo e a abundância de aglomerados de galáxias, discutidas a seguir.

A formação de estruturas no universo que deu origem à formação de galáxias e seus aglomerados é descrita como o resultado do colapso gravitacional de perturbações de densidade em um Universo em expansão, com propriedades estatísticas conectadas à dinâmica do plasma primordial de fótons-bárions em interação gravitacional com a matéria escura, e com condições iniciais determinadas no período de inflação. Esta dinâmica complexa é descrita pelas equações de Einstein e de Boltzmann para as várias componentes, e a distribuição de matéria que resulta desta evolução, portanto, reflete tanto a teoria gravitacional subjacente quanto o conteúdo energético do Universo.

³⁸ <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0609591>

Uma das previsões mais importantes deste modelo é a persistência do efeito das chamadas oscilações acústicas de bárions na estrutura em grande escala do Universo. As primeiras medidas de BAO na distribuição de galáxias foram realizadas em 2005 com os experimentos SDSS [27a] e 2dF [17]. Outras medidas feitas durante a última década, confirmaram com precisão cada vez maior o sinal das BAO na distribuição de matéria. As escalas das BAO podem ser usadas como uma régua padrão, já que seu tamanho “registrado” na distribuição de matéria é unicamente afetado pela expansão do Universo, estando então diretamente relacionado com a densidade da energia escura. Assim, medidas das BAO na distribuição de galáxias a baixos *redshifts* [60,03], comparadas com medidas do CMB e da distribuição de gás além de $z=2$ [15] confirmam a expansão acelerada do Universo e a existência da energia escura.

Os levantamentos DES, SDSS-IV, DESI, e LSST irão se concentrar na detecção das BAO em domínios de *redshift* ainda não explorados, especialmente na faixa entre $1 < z < 2$, além de melhorar as medidas existentes para $z > 2$. Para isso serão medidos as distribuições espaciais das galáxias e dos quasares, que por serem mais brilhantes permitem a medida das BAO a maiores *redshifts*. Na prática, existe uma série de desafios a serem superados, que envolvem o processo de seleção de alvos, erros nas determinações de *redshift* e efeitos sistemáticos observacionais, entre outros.

Outras questões podem ser levantadas ao se estudar a distribuição de matéria no Universo, como a verificação do princípio cosmológico (estudando a homogeneidade e isotropia da distribuição de matéria), a validação da teoria da relatividade geral em grandes escalas e a evolução e formação de galáxias. O crescimento de perturbações e a dinâmica geométrica do Universo também são evidenciados pelas propriedades estatísticas de aglomerados de galáxias, que representam as maiores estruturas gravitacionalmente ligadas do Universo. Devido às condições iniciais do Universo primitivo, com perturbações de densidade distribuídas de forma aproximadamente gaussiana, os aglomerados de galáxias correspondem aos picos mais raros deste campo de densidade, que se amplificam no processo de colapso gravitacional. Desta forma, a abundância dos aglomerados é exponencialmente sensível à variância do campo de densidade linear, que por sua vez depende de parâmetros cosmológicos, como a abundância de energia escura. Igualmente, a concentração espacial dos aglomerados é um traçador da estrutura do Universo, sendo sensível ao crescimento da perturbações em grandes escalas e, portanto, à cosmologia.

Para fins de modelagem teórica, a abundância de aglomerados é caracterizada pela função de massa de halos de matéria escura. Esta função de massa pode ser obtida em modelos teóricos que envolvem o colapso esférico [50], bem como extensões deste modelo que envolvem colapso elíptico [55], e ainda métodos como o chamado *Excursion Set* [ex.: 65], que considera o passeio aleatório feito pelo campo de densidade suavizado em função do tamanho da escala para modelar a abundância de objetos colapsados. Outra possibilidade mais pragmática é o uso de simulações de N-corpos para calibrar fórmulas de ajuste empíricas para a abundância de objetos colapsados, assumindo universalidade da função de massa [ex.:59]. Tanto técnicas teóricas como simulações permitem obter também o *bias* de aglomerados em função de suas massas e *redshifts*, podendo então se calcular, por exemplo, a função de correlação dos aglomerados. Embora os observáveis relacionados a aglomerados possam ser usados para vincular modelos, eles também apresentam desafios práticos, os quais precisam ser caracterizados para que se possa extrair vínculos cosmológicos autoconsistentes.

Evolução de galáxias

O estudo da evolução de galáxias é necessário para a compreensão da evolução do Universo como um todo. As galáxias e suas propriedades revelam como a matéria se aglutinou e deu origem às estruturas que observamos atualmente. Por exemplo, uma das mais claras propriedades das galáxias é a bimodalidade observada em suas propriedades como cor, tipo morfológico, conteúdo estelar e ambiente [ex.:49], onde se distingue uma classe denominada “early”, representada por galáxias elípticas, e outra denominada “late” incluindo espirais e irregulares. Um cenário realista para a formação e evolução de galáxias deve explicar essa bimodalidade nos seus diversos aspectos e reproduzir as estatísticas das propriedades desses objetos. Embora a formação das galáxias envolva uma complexa contribuição de

mecanismos físicos, os grandes mapeamentos de galáxias estabeleceram um paradigma para seu principal cenário no qual as estruturas que observamos se formaram por junção de objetos menores em objetos (e sistemas) cada vez maiores [ex.:43]. A maioria das previsões neste cenário, denominado de formação hierárquica, quando confrontadas com as observações se mostraram corretas.

Entretanto, alguns aspectos da evolução de galáxias permanecem incertos desafiando o cenário de aglomeração hierárquica. Um aspecto é o de que observações de elípticas de alta massa em altos *redshifts* ($z=2-3$) indicam que a formação estelar em alguns desses objetos foi completada muito rapidamente e que estes objetos têm alto grau de compactação [ex.:24], sendo diferentes das elípticas encontradas em $z \approx 1$, mostrando que existem caminhos evolutivos diferentes na formação das elípticas. Outro aspecto ainda não totalmente compreendido está relacionado à formação estelar nos processos de fusão. Ainda é incerto o que acontece com a formação estelar tão ativa (e com o gás) das espirais durante este processo. O gás é expelido durante uma fusão, estancando a formação estelar resultando numa típica elíptica? Ou as galáxias espirais, em algum momento de sua vida, passam por um processo que estanca a formação estelar, e assim, ao se fundirem formando uma elíptica, já o fazem sem conteúdo gasoso?

As respostas a questões como essas e o aperfeiçoamento do cenário para a formação e evolução de galáxias depende de amostras extensas e representativas do Universo, como as esperadas dos projetos SDSS-IV (eBOSS), DES, DESI e LSST. Cada uma destas explora diferentes populações de galáxias atingindo distintos limites de magnitude e *redshift*. Estas amostras, além de uma variedade de parâmetros fotométricos, de forma e espectroscópicos, propiciarão uma melhor definição das funções de luminosidade, massa e de correlação, assim como de taxas de formação estelar. Os mapeamentos eBOSS e DESI têm seus focos de análise nas galáxias elípticas luminosas, que como visto acima, produzem pistas excelentes para a prospecção de aspectos relacionados à evolução de galáxias, já que estas são o produto final deste processo.

Estrutura e conteúdo estelar da Galáxias e de seus satélites

As amostras estelares do DES e do LSST ampliarão nosso conhecimento sobre a estrutura e populações estelares da Galáxia e de seu sistema de satélites. Previsões sobre o impacto do DES nesta área encontram-se em [51]. Os dados do DES aperfeiçoarão os modelos de estrutura Galáctica, em especial do disco espesso e halo estelares. Estrelas traçadoras do halo, como as do ramo horizontal (entre elas as RR Lyrae) e gigantes vermelhas (RGB), serão amostradas a distâncias comparáveis à de M31. Estrelas de tipo espectral F, majoritariamente do *turn-off* das populações velhas e pobres em metais do halo e disco espesso, serão amostradas a distâncias além das Nuvens de Magalhães. Pretendemos explorar modelos triaxiais de halo e buscar por assimetrias estruturais entre o norte e sul Galácticos, combinando o DES com dados do SDSS e, posteriormente, do LSST.

O DES e o LSST ampliarão o número de satélites conhecidos do halo Galáctico, cujo censo pode confirmar ou refutar a previsão de modelos de formação hierárquica de estruturas de que deve haver milhares de fragmentos ricos em matéria escura remanescentes do processo de formação de uma galáxia como a nossa [44,58]. A análise da distribuição espacial e cinemática desses satélites também imporá vínculos ao processo de aglutinação de massa da Galáxia e ao seu potencial gravitacional, dominado pela distribuição de matéria escura.

Após cinco anos de funcionamento, o LSST irá ~ 3.5 mag mais fundo do que o DES. Além de permitir detectar sistemas estelares significativamente mais pobres e distantes, o LSST irá, por exemplo, amostrar anãs vermelhas de tipo espectral M a distâncias comparáveis às das Nuvens de Magalhães, permitindo analisar a função de massa estelar até próximo do limite de queima de H em ambientes bem distintos do disco Galáctico. Estrelas do HB serão mapeadas a distâncias além do Grupo Local, aprimorando significativamente a precisão dos degraus iniciais da chamada *escada de distâncias*.

O censo de estrelas de baixa massa, próximo ao limite de queima do H, $m \sim 0.08 m_{\text{Sol}}$, e principalmente de objetos subestelares (anãs marrons), em função da magnitude e cor, acoplada a previsões de

modelos para a estrutura Galáctica, permite estabelecer vínculos à função de massa estelar e subestelar, bem como analisar sua distribuição no disco Galáctico [37,51]. Pela sua profundidade, o DES permitirá analisar em detalhe a distribuição espacial de anãs M no disco, em especial a estrutura vertical do disco velho. O censo de anãs L e T ainda estará restrito às vizinhanças do Sol, com distâncias menores do que ~ 100 pc, mas permitirá estudar a função de massa desses objetos com precisão maior do que em levantamentos anteriores. Já o LSST estenderá os limites observacionais destes objetos ao regime de transição entre os discos fino e espesso.

Tanto o DES quanto o LSST irão permitir estudar as regiões mais externas do sistema das Nuvens de Magalhães. Os dados de verificação científica da DECam já proporcionaram um modelamento inédito da estrutura do disco da LMC até suas regiões mais externas, permitindo investigar a existência de um componente esferoidal, algo ainda controverso [09].

O APOGEE é um dos sub-projetos do SDSS-III e já coletou espectros de resolução R ~22.500 na banda H para ~100.000 estrelas, em sua grande maioria classificadas como gigantes vermelhas do disco e bojo. No SDSS-IV, o APOGEE será estendido ao hemisfério sul celeste e elevará para quase meio milhão o número de estrelas com espectroscopia em alta resolução, além de amostrar as Nuvens de Magalhães. A combinação de velocidades radiais com precisão de ~0.1 km/s com abundâncias químicas de ~15 elementos de distintos grupos nucleosintéticos permitirá separar com crescente eficiência amostras dos diferentes componentes estruturais, estudar variações espaciais em suas propriedades quimio-cinemáticas e modelar com grande detalhe seus históricos de formação estelar e enriquecimento químico, a exemplo do que já vem sendo feito [34,02]. O APOGEE também vem sendo útil para o mapeamento tridimensional da extinção e de nuvens do meio interestelar [64,54], para a identificação e mapeamento de estrelas raras ou peculiares [16,26,30], na análise cinemática e de abundâncias detalhadas de aglomerados estelares e galáxias satélites [29,41] e para identificação de sistemas binários ou planetários [25].

Sistema Solar - Estudo de pequenos corpos

Objetos transnetunianos (TNOs) constituem uma população de pequenos corpos planetários situados entre 30–100 unidades astronômicas (UA) do Sol. Até hoje, cerca de 1300 desses corpos, que possuem a presença de gelo, foram detectados. TNOs são considerados remanescentes da formação do sistema solar relativamente inalterados fornecendo informações sobre a história e a evolução do sistema solar externo. Embora um melhor entendimento sobre os TNOs venha emergindo, muitas questões permanecem sem resposta. O conhecimento da distribuição de seus tamanhos, das propriedades de suas superfícies, da presença de atmosfera, da densidade típica, e da estrutura interna, são pobres ou mesmo inexistentes. Não obstante, esses parâmetros físicos são essenciais para se determinar a massa presente no cinturão de Kuiper e recuperar sua história. TNOs podem ser observados em comprimentos de onda no visível para se derivar propriedades espectro-fotométricas e curvas de luz rotacionais, e no infravermelho, o que oferece uma estimativa de seus tamanhos através da combinação de seus brilhos no visível com medidas da emissão térmica. Os resultados são dependentes de modelos e as precisões de seus diâmetros equivalentes são, no melhor dos casos, 10-20% [33,45].

Em contraste, ocultações estelares são muito mais precisas, uma vez que incertezas da ordem de poucos quilômetros podem ser obtidas [ex.:56,47] na determinação de suas dimensões. Não apenas tamanhos, mas também formas são derivadas de ocultações estelares, que por sua vez são relacionadas à densidade, alongação, e rotação para grandes TNOs [12]. Isto fornece uma melhor estimativa da distribuição de tamanhos e massa total do material presente além de Netuno. Determinar tamanhos precisos é importante para obtenção de valores também precisos dos albedos, parâmetro que vincula a natureza das superfícies como, por exemplo, gelo fresco e brilhante versus material tipo cometário escurecido pelo ação do espaço [27b]. Tamanhos também fornecem informações sobre densidades para os TNOs com satélites (ex.: Plutão, Eris), uma vez que massas podem ser derivadas a partir das leis de Kepler. Densidades são importantes para relacionar composição interna e estrutura desses corpos (ex.: razão rocha/gelo). Uma outra vantagem excepcional das ocultações estelares está na possibilidade de se

detectar atmosferas muito tênues envolvendo alguns desses corpos, com uma pressão atmosférica de poucos nanobars [ex.:63,56,12]. Isto é aproximadamente 10^{-9} da pressão atmosférica na Terra ao nível do mar. É provável que os corpos maiores como Eris, Haumea, ou Makemake sejam capazes de reter substâncias voláteis sobre suas superfícies [14], o que pode levar à presença de atmosferas tênues que não detectáveis por outros tipos de observações a partir do solo. Recentemente, um sistema de anéis foi detectado ao redor do Centauro (10199) Chariklo graças a uma ocultação estelar [12]. Até então, sistemas de anéis eram conhecidos apenas ao redor dos gigantes gasosos. Centauros encontram-se mais próximos do Sol que os TNOs e podem ser encarados como representantes, com maior brilho, destes últimos.

O LSST abre grandes perspectivas à tarefa de previsão para número sem precedentes de TNOs, com a observação de cerca de 40.000 desses objetos. Nossa atuação imediata seria impulsionar o seu estudo através de ocultações estelares, fornecendo dados para responder as questões em aberto mencionadas anteriormente. Vale lembrar que, quando das observações com o LSST, a astrometria oriunda da missão espacial GAIA disponibilizará posições estelares com precisões entre $0''.001$ e $0''.000001$. Para os TNOs, no entanto, efemérides com a precisão necessária ainda dependerão de observações a partir do solo.

O desafio, para o qual devemos nos preparar com o auxílio do LIneA, refere-se ao enquadramento de nossas atividades no contexto de *big data* oriundo do LSST. Na área do céu (~ 5000 graus quadrados) a ser coberta pelo DES, estão campos destinados à observação de supernovas cobrindo 30 graus quadrados. Estes campos são observados com uma frequência aproximadamente semanal durante cinco meses e localizam-se relativamente próximo à eclíptica. Portanto, são campos ideais para iniciarmos nossa sinergia com o DES almejando a detecção de novos objetos e a respectiva determinação de suas órbitas. Ainda, dado que um mesmo corpo será detectado várias vezes nesses campos, temos também um nicho para aplicarmos procedimentos e códigos para busca de TNOs conhecidos e para refinar suas respectivas órbitas através das múltiplas detecções. Essas órbitas melhoradas são essenciais para o sucesso das previsões de ocultações estelares e o consequente estudo de TNOs. Atuamos em toda a cadeia de estudo baseado nas ocultações estelares, desde a previsão e a organização das missões observacionais até a publicação dos resultados científicos oriundos das ocultações.

O Universo Transiente e Variável

Um dos aspectos mais singulares do levantamento LSST é a capacidade de monitorar variações de brilho e posição dos corpos celestes com a uma cadência de aproximadamente três dias, por um período de dez anos. Levando em conta a grande área de céu que é observada, teremos um acervo de eventos incomensurável e de extrema valia.

Transientes são normalmente relacionados a objetos que explodem, e podem estar localizados tanto no Universo próximo ($d \lesssim 200$ Mpc) ou distante, e suas naturezas são distintas. Outra classe de objetos é daqueles que tem seu brilho modificado por efeito de lentes gravitacionais. Temos ainda as classes de estrelas variáveis e trânsitos planetários. Este conjunto de eventos tem importância no estudo da cosmologia, da astrofísica estelar, de sistemas planetários, na caracterização do meio interestelar, no mapeamento de estruturas de galáxias e evidentemente, na compreensão da natureza desses objetos propriamente dita. Os transientes do Universo local englobam as *novas* e *supernovas* com os objetos de luminosidade intermediária (ex.: *Luminous Blue Variables*, *Luminous Red Novae*, explosão de estrelas massivas associadas a GRBs). No Universo distante temos os surtos de raios gama (GRBs) resultantes do colapso de estrelas massivas, e o brilho residual produzido no óptico é proveniente da interação do material relativístico com o meio circumstelar. Estrelas variáveis formam um contingente enorme e contribuem com $\sim 4\%$ dos eventos detectados. Elas possuem mecanismos de variabilidade diversificado, o que resulta em periodicidade ou não destas variações. Ferramentas de classificação destes eventos são fundamentais para discernir a tempo real estes casos de transientes reais.

Finalmente, o maior número de objetos apresentando variabilidade ($\sim 95\%$), que será de carácter espacial, são os asteróides. Metodologia particular será necessária para identificar associações da posição de um determinado objeto com outras em distintas épocas de observação. Dado o volume de

observações, será provido um número de pontos enorme para a definição de seus parâmetros orbitais, permitindo a classificação em famílias e apresentando uma estatística significativa de suas distribuições nestas famílias. A grande quantidade de dados gerados também fará com que o uso de algoritmos que precisem de mais de uma passada sobre os dados seja proibitivo. No cenário ideal, a natureza dos objetos estelares observados seria identificada por meio de uma única inspeção. Portanto, métodos de classificação robustos para grandes fluxos de dados serão necessários para dar suporte ao grande volume de observações que projetos do porte do LSST irão gerar.

11. Qualificação / Justificativa

Grande parte do time do presente INCT pertence aos consórcios DES-Brazil e BPG atuando nos projetos DES e SDSS-III desde 2007 e 2008, respectivamente. Parte do grupo de pesquisadores (L.A.N. da Costa, P.S. Pellegrini, M.A.G. Maia) tem uma longa história na participação de levantamentos astronômicos, desde os anos 1980-90 quando realizaram o *Southern Sky Redshift Survey* juntamente com o *Harvard Smithsonian Centre for Astrophysics*, um dos primeiros mapeamentos de galáxias do Universo local, investigando as principais propriedades estatísticas desses objetos [ex.:18,19,20,22,40,48]. Este trabalho teve continuidade nos anos 1990 - 2000 com mapeamentos de galáxias elípticas e espirais e seus campos de velocidades [ex.:10,11,21,23,31,61]. Alguns resultados representaram uma referência para análises da estrutura em grande escala no Universo e das relações entre propriedades das galáxias e o meio ambiente onde se situam. Os resultados destas análises já mostravam um Universo pouco denso, compatível com um modelo de matéria escura fria, com constante cosmológica. A este núcleo de pesquisadores, novos membros foram incorporados, expandindo as áreas cobertas. Novos membros com interesse em cosmologia como R. Rosenfeld (IFT/UNESP) no estudo teórico da cosmologia, e M. Lima (IF-USP), F. Simoni (UFF), R. Ogando (ON) e os pós-docs N. Busca (ON), A. Carnero (ON) e F. Sobreira (atualmente em estágio no Fermilab) que vem analisando simulações e dados reais do DES e do SDSS-III validando os algoritmos desenvolvidos e trabalhando na redação de artigos. A participação no SDSS-IV, DESI e LSST será para estes uma continuidade do trabalho realizado até agora e, mais importante, formarão a base, em conjunto com seus alunos, da exploração científica do DESI e LSST. O time conta ainda com a colaboração de C. Benoist do *Observatoire de Cote d'Azur* que vem desenvolvendo um código para identificação de aglomerados de galáxias para o DES-Brazil, sendo testado em simulações produzidas pelo grupo do SLAC e com dados do CFHT.

Na área Galáctica, B.X. Santiago participa ativamente de pesquisa na área de Populações Estelares e estrutura Galáctica desde 1994. No período, desenvolveu vasta experiência de interpretação, análise e modelamento de diagramas cor-magnitude, tanto de populações simples quanto compostas [38,35,39,05,06]. Participou do *Medium Deep Survey* do telescópio espacial Hubble [52], adquirindo experiência com levantamentos fotométricos. Atua como coordenador do BPG do SDSS-III desde sua constituição, além de ter desenvolvido e aplicado um código de determinação de distâncias estelares aos dados deste levantamento [53]. Coordena o grupo de trabalho de Milky Way do DES e vem contribuindo tanto cientificamente quanto para a infra-estrutura, desde 2008. No período, já orientou, ou vem orientando, 01 aluno de pós-doc, 04 alunos de doutorado, 01 aluno de mestrado e 02 alunos de iniciação científica, todos ligados à e-Astronomia do LIneA. E. Balbinot foi o principal responsável pelas simulações de dados estelares para o DES que fizeram uso da ferramenta AddStar, que incorpora o código Trilegal de síntese de populações estelares [32]. Eduardo também desenvolveu os códigos FindSat e Sparse [07,08], para detecção de subestruturas estelares, como satélites Galácticos e caudas de maré, os quais estão sendo aplicados aos dados do DES. Como pesquisador colaborador a este projeto L. Girardi (AOPD/Itália) é membro do BPG e colaborador externo do DES, disponibilizando versões atualizadas do Trilegal, além de usar sua expertise em evolução estelar e simulações da Galáxia para assessorar os projetos do LIneA. C. Chiappini (IAP/Alemanha) também vem contribuindo para o BPG, orientando alunos e oferecendo sua grande experiência com modelos de estrutura e evolução química da Galáxia [02].

Na área de transientes, este INCT conta com a colaboração dos pesquisadores E. Bezerra e U. Souza (ambos do CEFET/RJ), envolvidos em alguns aspectos no DES e no grupo do sistema solar interessados na identificação de TNOs. Eles são cientistas da computação cujo grupo é especializado em Análise de Algoritmos e Ciência de Dados. Esse grupo possui trabalhos em complexidade de algoritmos [57], implementação de bancos de dados [42], assim como em algoritmos de análise de séries temporais heteroscedáticas [46] e em modelagem de *workflows* científicos [01], que são aplicáveis a objetos transientes, a serem detectados pelo DES e pelo LSST.

Na área do sistema solar os membros associados a este INCT atuam em todas as etapas do estudo de TNOs através de ocultações estelares e, em particular, possui liderança nas tarefas de previsões e de organização das missões observacionais³⁹. Uma rede de colaboradores internacionais⁴⁰ participa dessas observações. O núcleo de participantes neste tema possui especialistas em astrometria, mecânica celeste, desenvolvimento de software, e ciências planetárias, sendo constituído por: R. Vieira-Martins (ON - mecânica celeste, astrometria, ciências planetárias), J.I.B. Camargo (ON - desenvolvimento de software, astrometria, processamento de imagens astronômicas, referenciais celestes), R.S. Gomes (ON - simulação numérica, formação e evolução do sistema solar, migração planetária, tratamento analítico de processos dinâmicos), E.C. Nogueira (UFF - formação e evolução do sistema solar, migração planetária, simulação numérica, experiência em ensino de física e astronomia, formação continuada, ensino inclusivo, e popularização da ciência), F. Braga-Ribas (ON - fotometria, ciências planetárias com ênfase no cinturão de Kuiper), R. Sfair e D. Mourão (UNESP/Guaratinguetá - dinâmica do sistema solar, métodos de estabilidade aplicados em astrodinâmica, dinâmica de pequenos corpos e anéis, simulações numéricas baseadas na distribuição de parâmetros orbitais de TNOs e que requerem contrapartida observacional para validação e refinamento, processamento de imagens astronômicas (R. Sfair)).

O time também inclui pesquisadores com vasta experiência na gestão de grandes projetos, experiência observacional e na avaliação da qualidade de simulações e dados reais obtidos durante os períodos de comissionamento e verificação científica da DECam bem como do primeiro ano de operação do DES. O time de TI em conjunto com o time científico vem desenvolvendo várias ferramentas para validação de dados. Em particular, o LIneA foi responsável pelo desenvolvimento do *pipeline Quick Reduce* (QR), usado para verificar a qualidade das imagens obtidas pela DECam em tempo real. O QR vem sendo usado não só pela colaboração DES mas por todos os usuários da DECam há mais de 2 anos e sendo mantido pelo time de TI deste INCT. O NOAO/CTIO tem interesse em garantir o suporte do QR através do LIneA, de forma independente do DES^{41,42,43} enquanto o LNA manifestou interesse em utilizar ferramentas similares para prover acesso aos dados do SOAR arquivados em sua sede⁴⁴.

Os dados acumulados durante o período de verificação científica foram reduzidos pelo NCSA e distribuídos para a colaboração. Estes dados estão sendo usados pela equipe brasileira para testar os *pipelines* desenvolvidos para: **i)** identificar novos dados no banco do NCSA; **ii)** transferir catálogos e imagens para o Brasil; **iii)** ingerir os catálogos no banco de dados local; **iv)** avaliar a qualidade das reduções; **v)** preparar catálogos adequados para diferentes análises; e **vi)** alimentar os *pipelines* de análise científica. Os *pipelines* de análise incluem: **i)** a estimativa de *redshifts* fotométricos por diferentes algoritmos; **ii)** o estudo da evolução de galáxias; **iii)** a identificação de aglomerados de galáxias, entre outros.

³⁹ <http://devel2.linea.gov.br/~braga.ribas/campaigns/>

⁴⁰ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Figura_rvm.png

⁴¹ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Interesse_QR_CTIO_Nicole.pdf

⁴² http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Apoio_AURA_Chris_Smith.pdf

⁴³ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Apoio_QR_NOAO_Alistair_Walker.pdf

⁴⁴ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Interesse_Colaboracao_LNA1.pdf

Estes *pipelines* se encontram disponíveis num portal científico que é um sistema integrado para o gerenciamento de *workflows* desenhado para facilitar o manuseio de grandes volumes de dados. O Portal Científico será usado na operação do DES verificando a qualidade dos dados a liberados para a colaboração e mais tarde para o público. Ele fornece a colaboração os resultados de testes, sendo o veículo responsável na preparação dos catálogos oficiais para uso nas análises científicas.

O Portal Científico vem sendo desenvolvido ao longo dos últimos oito anos e já passou por seis avaliações internacionais: **i) Outubro de 2010 (Fermilab/EUA)** ⁴⁵: *“The system is actually much more than a Science Portal, it is a comprehensive, web-based eScience Analysis Center for the Dark Energy Survey Collaboration. It is designed to be very general, and allow the sharing of code, data, and results of analysis world-wide, in a virtual environment. We don't know that anything quite like it exists yet it is forward looking and ambitious”* **ii) Outubro 2011 (UPenn/EUA)** ⁴⁶: *“The Brazil Portal concept includes a place where large-collaboration astrophysics analysis can be directed: a central place for checking in codes; compiling, linking, and running those codes; making plots and sharing them, all in a repeatable, archived fashion; and the ability to run things in parallel in larger volume. The vision of the Brazil portal is commendable and should go forward.”*; **iii) Maio 2012 (MPA/Alemanha)** – QR review; **iv) Julho de 2013 (Fermilab/EUA)** ⁴⁷: *“The capabilities of the Science Portal have adapted directly the requests of users. The system seems much more stable, and the team has addressed the hardware issues that were plaguing them in the past ... Overall the Science Portal is an extremely impressive system.”*; **v) Novembro de 2013 (Fermilab/EUA)** ⁴⁸: *“One theme that emerged very clearly was the complementarity of your work with respect to the Data Management effort at NCSA - the Quality Assurance tools and processes you are undertaking are exactly what is needed by operations (data assessment) at NCSA, and you were strongly encouraged to continue that development.”*; **vi) Agosto de 2014 (Fermilab/EUA)** ⁴⁹: *“The portal continues to steadily improve and offer more features that the Collaboration has requested and which are not provided in any other facility within DES. Remarkable progress has been achieved in the past six months, especially regarding the installation of the Portal at Fermilab, which is operating as the Data Server.”*

O LInEA vem adquirindo experiência na operação de um laboratório multiusuário operando em vários sites. O centro tem mais de 150 usuários registrados no Portal Científico, sendo que uma fração deles também contribui com desenvolvimento; mais de 200 usuários da wiki; mais de 250 e-mails em cerca de 100 listas de e-mail. O time de TI mantém cerca de 300 pacotes de software e cerca de 4000 tickets registrados no sistema de helpdesk. Atualmente, o desenvolvimento é feito nas máquinas do LInEA localizadas no PoP-RJ. No futuro próximo, está prevista a mudança deste sistema para o IDC da RNP em Brasília e a instalação do portal no site de P&D do LNCC e no CEFET-RJ para testar soluções como o banco de dados paralelo QServ desenvolvido pelo LSST usando dados do DES. Este é um exemplo de colaboração técnica que este INCT promoverá ⁵⁰.

O Portal de Produção opera no Fermilab/EUA, onde a colaboração do DES tem acesso de forma integrada aos resultados do QR, aos *releases* de dados e às ferramentas de visualização e de mineração. Como o LInEA assumiu o compromisso de validar os *releases* anuais do DES ⁵¹, a instalação do Portal Científico no NCSA está em andamento e prevê a integração com o banco de dados do DES no NCSA para agilizar essa tarefa que ocorrerá de forma regular nos próximos seis anos. A manutenção do Portal Científico em diferentes sites mostra a complexidade da operação e a necessidade de recursos alocados especificamente para o seu gerenciamento. Embora o desenvolvimento do Portal Científico tenha sido motivado pelas necessidades do DES a infraestrutura é genérica e adaptável a outros

⁴⁵ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Portal_Review_Report_2010.pdf

⁴⁶ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Portal_Review_Report_2011.pdf

⁴⁷ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Portal_Review_Report_Jul_2013.pdf

⁴⁸ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Portal_Review_Report_Nov_2013.pdf

⁴⁹ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Portal_Review_Report_2014.pdf

⁵⁰ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-support_SLAC_INCT_v2.pdf

⁵¹ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Interesse_NCSA_Petravick1.pdf

projetos. O conhecimento acumulado pela equipe de TI do LInEA ao longo de 8 anos permite alavancar o desenvolvimento de soluções para outros observatórios como SOAR, OPD ^{52,53}.

O LInEA vem mantendo intenso e sistemático contato com o time de gerenciamento de dados do LSST desde 2008 quando participantes deste INCT promoveram o workshop *A Glimpse into the Future of Astronomy*. Desde então, várias reuniões foram feitas incluindo: **i)** demo do portal em visita ao SLAC e a Universidade de Washington em 2009; **ii)** apresentações na reunião *Science with LSST: Brazilian/USA joint Workshop (2012)*; **iii)** reunião de trabalho no LInEA em 2012; **iv)** visita ao SLAC em maio de 2013 por membros do LInEA e LNCC para apresentação do pipeline *Quick Reduce*; **v)** visita de Jacek Becla ao LInEA em 2013 para discussão sobre desenhos de banco de dados; **vi)** participação na reunião *Joint DES-LSST Meeting* ⁵⁴; **vii)** organização do *Workshop XLDB South America 2014* ⁵⁵ que produziu um relatório sobre a necessidade da criação de um ambiente para troca de informação e planejamento na área de *big data* no Brasil ⁵⁶; **viii)** participação na reunião *LSST Project & Community Workshop* ⁵⁷ em Agosto de 2014. Finalmente, em Agosto de 2014 em reunião no NOAO/EUA discutiu-se novamente as condições para a adesão do Brasil ao LSST e foi estabelecido um acordo de colaboração técnica entre o LSST e o LInEA, um passo importante nesta negociação ^{58,59,60}.

12. Objetivos

O principal objetivo científico da maioria dos levantamentos mencionados acima é determinar a origem da expansão acelerada do Universo e se possível determinar sua natureza. Entretanto, como mencionado ao longo desta proposta, os levantamentos propostos oferecem dados que podem ser usados para uma enorme variedade de projetos de pesquisa, como por exemplo: **i) Sistema Solar:** 1) Levantamento de TNOs conhecidos, melhorar suas órbitas a partir das novas posições e prever ocultações estelares por eles. 2) Descobrir TNOs inicialmente usando os dados do DES para ajudar no desenvolvimento de técnicas de detecção de transientes. 3) Determinação dos parâmetros orbitais de novos TNOs para usá-los em estudos ligados à evolução do sistema solar externo. **ii) Astronomia Galáctica:** 1) Detecção e caracterização de galáxias anãs, aglomerados estelares e correntes estelares da Via Láctea; modelagem de satélites individuais e do sistema de satélites com um todo. 2) Aprimoramento de modelos da estrutura da Galáxia, em especial para a geometria de disco espesso e halo Galácticos. 3) Tomografia químico-cinemática da Galáxia; análise espacial de abundâncias químicas estelares e de velocidades, bem como de seus gradientes, nos diferentes componentes Galácticos; imposição de vínculos aos seus históricos de formação e evolução. **iii) Evolução de Galáxias:** 1) Ampliar e aprofundar o conhecimento das propriedades de galáxias a diferentes tempos cósmicos. 2) Determinar com maior precisão suas densidades em número em função de luminosidade e massa. 3) Determinações de idades e taxa de formação estelar de galáxias de diferentes tipos e suas relações com o meio ambiente. **iv) Astronomia Extragaláctica:** 1) Usar simulações e dados em diversos comprimentos de onda para caracterizar a função de seleção, completeza de pureza e de catálogos de aglomerados, bem como relações entre massa e algum observável. 2) Demonstrar como a convolução destes efeitos nas previsões teóricas permite obter o número de aglomerados detectados em simulações, e delas extrair vínculos cosmológicos auto-consistentes. 3) Aplicar os conhecimentos obtidos em simulações e dados preliminares para vincular parâmetros cosmológicos com dados reais de aglomerados de galáxias. 4) Medir a função de correlação angular e espacial e o espectro de potência em diferentes intervalos de *redshifts* levando em conta erros sistemáticos e determinar a história da expansão do Universo. Com os dados do DESI isso será possível em 35 intervalos de redshift com uma precisão de 1%. 5) Extrair

⁵² http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Interesse_Colaboracao_LNA1.pdf

⁵³ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Apoio_Valongo_Helio_Jaques1.pdf

⁵⁴ <https://indico.fnal.gov/conferenceDisplay.py?confId=7946>

⁵⁵ <http://xldb-rio2014.linea.gov.br/>

⁵⁶ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/07/xldb2014-rioReport-final.pdf>

⁵⁷ <https://project.lsst.org/meetings/lstt2014/>

⁵⁸ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-support_SLAC_INCT_v2.pdf

⁵⁹ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-Support-LSST-20140829.pdf>

⁶⁰ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter_of_Support_EPO_LSST.pdf

parâmetros cosmológicos a partir de comparações com previsões teóricas usando técnicas de MCMC. 6) Analisar as distorções no espaço de *redshift* e determinar o fator de crescimento de estruturas no Universo. **v) Cosmologia:** 1) Estudar vínculos para a equação de estado da energia escura ou para teorias alternativas da gravitação a partir dos dados e da análise da estrutura em grande escala, abundância de aglomerados de galáxias, distorções por efeito de lenteamento fraco e distorções no espaço de *redshifts*. 2) Estudar o efeito da covariância entre medidas do número de aglomerados de galáxias e a função de correlação angular ou o espectro de potência na determinação de parâmetros cosmológicos. **vi) Tecnologia:** 1) Criar uma infraestrutura de testes e de otimização de desempenho de *workflows* científicos. 2) Definir algoritmos e *workflows* para provimento de um serviço para detecção de objetos transientes em confecção de séries temporais. 3) Investigar formas de otimização de consultas para manipulação de grandes bases de dados. 4) Completar o desenvolvimento do Portal Científico com ênfase em permitir a análise de diferentes coleções de dados e de simulações. 5) Consolidar e expandir a implantação de um Centro de Dados astronômicos para armazenar o acervo acumulado por estes grandes levantamentos e das ferramentas necessárias para mineração e análise de dados de forma eficiente.

Além dos objetivos acima, o INCT sendo proposto pretende deixar um legado com os seguintes objetivos: 1) Contribuir para mudar a cultura de como fazer pesquisa científica estimulando a colaboração entre pesquisadores de diferentes áreas e instituições. O presente INCT congrega físicos, astrônomos, tecnólogos e divulgadores de ciência na construção de um projeto integrado de longo prazo tendo o revolucionário projeto LSST como meta final e procurando responder questões que desafiam a física moderna. 2) Formar e preparar uma geração de pesquisadores e profissionais de TI, proativos e engajados no contexto científico internacional e na interface entre ciência e *big data*, prontos para capitalizar nos dados de futuros levantamentos como DESI e LSST. 3) Estimular a colaboração entre unidades de pesquisa do MCTI e as universidades, construindo pontes para trabalhos em conjunto. 4) Disseminar os resultados para estudantes e o grande público usando as ferramentas e facilidades disponíveis no LInEA e Planetário-RJ em projetos similares ao *Zooniverse*⁶¹ para atrair jovens talentos para as ciências exatas. 5) Servir de modelo a ser replicado em outras áreas, permitindo uma maior internacionalização da ciência, e um maior desenvolvimento científico, tecnológico e cultural do país.

13. Metodologia

Baseado na experiência acumulada ao longo dos últimos oito anos, a metodologia de trabalho do INCT para atingir seus objetivos científicos será a seguinte. Os grupos de trabalho temáticos identificarão suas necessidades e deverão, em conjunto com os colaboradores internacionais, decidir os algoritmos de análise que precisam ser desenvolvidos e os critérios que serão utilizados para avaliar os dados sendo produzidos. Uma vez desenvolvidos estes algoritmos devem ser testados em pequenos volumes de dados para verificar se produzem os resultados esperados. Após esta fase, o grupo deve preparar um documento definindo os requisitos para a execução do algoritmo e uma descrição completa dos parâmetros de configuração, bibliotecas necessárias e a forma que os resultados devem ser apresentados e publicados. Esta documentação será então apresentada ao time de TI nas reuniões previstas acima e em conjunto será estabelecido uma linha de tempo para o projeto e os recursos humanos adequados para o desenvolvimento. Esta linha de tempo será então integrada no cronograma do time de TI dependendo das prioridades para sua integração no Portal Científico descrito abaixo. As prioridades serão estabelecidas em conjunto com as outras áreas e o time TI, devendo ser considerado o cronograma das colaborações internacionais.

O volume de dados sem precedentes acumulado pelos levantamentos SDSS, DES, DESI e LSST exige uma infraestrutura computacional capaz de analisar e distribuir os resultados dessas análises de forma eficiente. O INCT e-U se beneficiará do Portal Científico⁶² desenvolvido pelo LInEA que oferece as seguintes facilidades: **i)** um repositório de códigos centralizado (git); **ii)** manutenção de bibliotecas

⁶¹ <https://www.zooniverse.org/>

⁶² <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/SciencePortalGrandView.png>

científicas e pacotes de software; *iii*) instalação e verificação automatizada da qualidade dos dados; *iv*) ferramentas para inspeção visual de imagens e catálogos associados; *v*) um banco de dados de catálogos astronômicos integrando catálogos de outros levantamentos; *vi*) um sistema *end-to-end* para produção de catálogos com a possibilidade de combinar dados de outros levantamentos; *vii*) integração de algoritmos científicos na forma de workflows; *viii*) interfaces para acesso uniforme aos dados, metadados e resultados.

Os algoritmos desenvolvidos pelos grupos de trabalho serão mantidos num repositório de códigos centralizado onde mudanças são versionadas, o que permite desenvolvimento colaborativo, preservação dos algoritmos e a introdução de melhorias sem perder o histórico das mudanças. Esses aspectos são de fundamental importância para um programa de longo prazo.

As características mais importantes do Portal Científico são: *i*) interoperabilidade de diferentes *datasets* como dados e simulações; *ii*) proveniência dos dados de entrada, configuração e versão dos algoritmos utilizados em cada etapa da análise *iii*) validação dos resultados *iv*) reproducibilidade; *v*) comunicação e compartilhamento dos resultados. Nesse modelo, a instalação e a preparação dos dados, que representam uma fração substancial do tempo gasto numa análise de dados convencional, é realizada de forma estruturada e eficiente. A infraestrutura centralizada mantida pela equipe técnica do LIneA⁶³ e a integração dos algoritmos científicos ao portal é crucial para minimizar a movimentação de dados. Além dos algoritmos científicos, o sistema de gerenciamento de *workflows* e as interfaces web são os principais componentes de software do portal. Associados a esses componentes estão o banco de dados administrativo, o banco de dados de catálogos, o cluster de processamento e o sistema de armazenamento⁶⁴.

14. Contribuições científicas e análise da situação atual e pretendida

Grande parte dos membros deste INCT participam dos consórcios DES-Brazil e BPG e vem trabalhando junto ao longo dos últimos anos produzindo mais de 60 artigos científicos com ~2500 citações nos últimos cinco anos e mais de 240 contribuições entre relatórios e apresentações científicas e técnicas colocadas pela equipe brasileira no repositório de documentação do DES, mostrando o nível de engajamento do time brasileiro desde o início do projeto. Considerando todos os membros associados a este INCT, nos últimos 5 anos foram produzidas 11 teses de doutorado, 14 de mestrado, 16 dissertações de fim de curso e 19 relatórios de iniciação científica.

As reuniões internacionais da colaboração DES tiveram pelo menos 127 participações entre pesquisadores (71), pós-docs (21) e alunos (35). Estes números comprovam a integração promovida por este tipo de projeto. Vários grupos de trabalho mencionados acima já estão em funcionamento e vem desenvolvendo algoritmos, muitos dos quais fazem parte do acervo disponível no Portal Científico permitindo a execução da análise quase que imediatamente após a disponibilização dos dados pelo NCSA, onde as reduções das imagens da DECam são feitas.

O grupo de estudos do sistema solar possui ferramentas para prever ocultações estelares, difundir essas previsões em âmbito internacional, tratar as respectivas observações, e derivar os parâmetros físicos dos objetos observados. Esse grupo também organizou uma rede brasileira de ocultações à qual oferece suporte, entre outros, na forma de acesso a câmeras CCD de leitura rápida. Nos últimos cinco anos, o grupo possui mais de 45 publicações, com 312 citações, em revistas internacionais de grande impacto. Várias dessas publicações, três delas na revista Nature, são oriundas dos trabalhos ligados a ocultações estelares e atestam a relevância e repercussão desse estudo. No que diz respeito às previsões, a dependência observacional é enorme sobretudo para se refinar as órbitas dos alvos (objetos além da órbita de Netuno e Centauros). Atualmente, o grupo monitora 50 desses objetos. Com os grandes levantamentos, não apenas uma abundância de posições de objetos conhecidos serão obtidas mas haverá também um número significativo de descobertas. Conhece-se hoje ~1700 objetos entre TNOs e

⁶³ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/LIneADataCenterInfrastructure.jpg>

⁶⁴ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/SciencePortalComponents.png>

Centauros, e o LSST prevê o aumento desse número para 40.000. Através de levantamentos como o DES, pretende-se adquirir conhecimento e desenvolver as ferramentas necessárias para a era do LSST. Essas ferramentas devem permitir: *i)* a identificação e repatriamento de TNOs/Centauros conhecidos nas imagens existentes; *ii)* detecção de objetos transientes; *iii)* acompanhamento dos transientes móveis e determinação de suas órbitas.

Com relação ao futuro pretende-se: *i)* Garantir a participação brasileira nos projetos DESI e LSST. *ii)* Consolidar o Centro de Dados de forma a atender a crescente demanda por recursos. *iii)* Completar o desenvolvimento do Portal Científico tornando-o uma ferramenta científica de fácil e eficiente uso podendo analisar dados de diferentes levantamentos e simulações. *iv)* Utilizar diferentes simulações para testar os algoritmos desenvolvidos e entender possíveis efeitos sistemáticos introduzidos pelos dados. *v)* Dar continuidade ao desenvolvimento dos *workflows* científicos de análise, aplicando os aos dados sendo liberados pelo DES e SDSS-IV. *vi)* Desenvolver tanto para o DES como para o LSST uma metodologia para a classificação de transientes. Esta capacidade será vital para que o time possa se beneficiar dos seis milhões de alertas que serão dados pelo LSST diariamente, e identificar, entre outros casos de interesse, os TNOs para o grupo do sistema solar. Com a potencial entrada do Brasil na colaboração LSST e com o acordo de cooperação técnica sendo firmado pelos times de TI do LIneA e do LSST espera-se que as metas mencionadas acima sejam atingidas de uma forma segura e rápida tendo em vista o grande número de experts envolvidos.^{65, 66, 67}

15. Explicitação do potencial tecnológico

Agregando colaboradores em diversas instituições do MCTI (LNCC, ON, RNP) e de universidades (UFRJ, UFRGS, UNESP, IF-USP, UFF) espalhadas pelo país, o INCT e-U tem como objetivo genérico o desenvolvimento de ferramentas e métodos para o armazenamento, processamento, análise, mineração e distribuição de grandes volumes de dados, usando a astronomia para alavancar o uso novas tecnologias. As soluções encontradas podem ser aplicadas em problemas que requerem grandes amostras estatísticas, a descoberta de eventos raros, apenas possível com grandes amostras, e envolvem o processamento de grande volumes de dados como meteorologia, pesquisa biológica, meio-ambiente e genômica. Os desafios a serem enfrentados por atividades envolvendo *big data* incluem o movimento de grandes volumes de dados entre centros de pesquisa, soluções para o armazenamento de metadados em banco de dados distribuídos, soluções para o armazenamento de dados na escala de petabytes, *workflows* para o processamento não supervisionado e distribuído em clusters e grades de computadores e computação em nuvem, métodos eficientes de mineração gerenciando buscas complexas no banco de dados e o compartilhamento de resultados e distribuição de dados para um grande número de usuários espalhados geograficamente. Estes mesmos problemas são enfrentados por diversas empresas de desenvolvimento tecnológico.

16. Detalhamento das ações de transferência de conhecimento à sociedade

Isso será feito através da divulgação de resultados através do blog mantido no site do LIneA, informes periódicos sobre o progresso dos projetos e realizações circuladas pela comunidade brasileira e o desenvolvimento de um programa de colaboração com planetários, museus e escolas utilizando a experiência acumulada pelos nossos parceiros.

Atividades de *Education e Public Outreach* (EPO) se beneficiarão das tecnologias usadas no desenvolvimento do Portal Científico. Dada a sinergia entre os levantamentos DES e LSST existe grande interesse em utilizar as ferramentas de visualização desenvolvidas no Portal Científico para o DES como protótipo para as interfaces de EPO do LSST⁶⁸. Essas ferramentas foram demonstradas no LSST

⁶⁵ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-Support-LSST-20140829.pdf>

⁶⁶ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-support_SLAC_INCT_v2.pdf

⁶⁷ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter_of_Support_EPO_LSST.pdf

⁶⁸ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter_of_Support_EPO_LSST.pdf

Project and Community Workshop ⁶⁹ em agosto de 2014 para membros LSST, integrantes de projetos como o *ZooUniverse* ⁷⁰, *SpaceWarps* ⁷¹ e do *Adler Planetarium* ⁷² de Chicago. Outras atividades educacionais podem ser implantadas utilizando as ferramentas Skyserver e CASJobs do site espelho do SDSS mantido pelo LInEA.

Ciclos de palestras e exposições estão previstos de serem realizados tanto nas instituições dos membros do INCT, como nos centros de divulgação, em particular no Planetário-RJ. Está planejada a produção de um vídeo de divulgação científica sobre temas deste INCT.

17. Orçamento – Justificativas

Os recursos sendo solicitados procuram enfatizar: i) A formação de pessoal através de bolsas de estudo em diversos níveis para formação de pesquisadores. ii) A participação de jovens pesquisadores e tecnólogos em reuniões internacionais como parte do esforço de formação. iii) Aquisição de equipamento de informática para atender a crescente demanda de armazenamento e processamento. Uma análise dos requisitos para a operação do DES foi recentemente preparada e apresentada na última revisão do Portal Científico no Fermilab ⁷³. Com base nos resultados dessa análise identificamos limitações na infraestrutura atual e planejamos a compra de mais equipamentos com o seguinte objetivo: i) aumentar a capacidade de processamento aumentando o número de núcleos e desta forma a paralelização de processos; ii) aumentar a capacidade de armazenamento e redundância, para evitar sérias paralisações que podem comprometer as atividades de pesquisa; iii) melhorar o desempenho do banco de dados.

Outros itens importantes como pagamento para a entrada de pesquisadores nos diversos experimentos (SDSS-IV, DESI e LSST) e a contratação de pessoas com conhecimento técnico específico e experiência comprovada para realizar as atividades de TI relacionadas aos novos projetos complementando o time do LInEA estão sendo negociados com o MCTI e as agências estaduais. Recursos são pedidos para as atividades de transferência de conhecimento para a sociedade (ciclos de palestras, vídeos, encartes e pequenos livretos, etc.).

A lista detalhada de recursos é apresentada abaixo.

CUSTEIO

Diárias Internacionais					
Descrição	Particip.	Quant.	Período (dias)	Valor Total (em R\$)	Justificativa
Reuniões do DES	4	12	7	298.368,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião do SDSS-IV	4	6	5	106.560,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião do BOSS	2	6	5	53.280,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião do Apogee	2	6	5	53.280,00	Participar de reunião de colaboração
ARC Council	1	6	4	21.312,00	Participar de reunião de Conselho da colaboração SDSS
Reunião do LSST	4	6	5	106.560,00	Participar de reunião da colaboração LSST
Reunião do DESI	3	5	5	66.600,00	Participar de reunião da colaboração DESI
Reunião de Avaliação Portal	4	10	5	177.600,00	Avaliação do Portal Científico do DES
Participação em Congressos Internacionais	4	6	5	106.560,00	Apresentação de Trabalho em Conferência
Missões de Observação	2	6	7	74.592,00	Coleta de dados DES e Observações complementares
Reunião IPS 2016	2	1	6	10.656,00	Participação de parceiros do Planetário-RJ na reunião IPS
Reunião IPS 2018	2	1	6	10.656,00	Participação de parceiros do Planetário-RJ na reunião IPS
Total Diárias Internacionais (em R\$):	Obs.: [1 US\$ = 2,4 R\$] Diária CNPq US\$ 370,00				1.086.024,00

⁶⁹ <https://project.lsst.org/meetings/lstt2014/>

⁷⁰ <https://www.zooniverse.org/>

⁷¹ <http://spacewarps.org/>

⁷² <http://www.adlerplanetarium.org/>

⁷³ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/SciencePortalTechnicalReadiness_v1.4.pdf

Diárias Nacionais					
Descrição	Particip.	Quant.	Período (dias)	Valor Total (em R\$)	Justificativa
Visitantes Nacionais	6	6	5	57.600,00	Pesquisadores visitando instituições do INCT
Visitantes Internacionais	3	6	5	28.800,00	Pesquisadores visitando instituições do INCT
Convidados Internacionais para Reuniões	6	3	5	28.800,00	Pesquisadores convidados para reuniões do INCT
Convidados Nacionais para Reuniões	6	3	5	28.800,00	Pesquisadores convidados para reuniões do INCT
Avaliações do INCT	6	3	3	17.280,00	Membros avaliadores do INCT
Reunião da Colaboração INCT	5	10	3	48.000,00	Membros da colaboração
Total Diárias Nacionais (em R\$):				<i>Obs.: Diária CNPq R\$ 320,00</i>	209.280,00
Total Diárias (em R\$):					1.295.304,00

Passagens Internacionais					
Descrição	Particip.	Quant.	Valor Unit (em R\$)	Valor Total (em R\$)	Justificativa
Reunião do DES	4	12	3.800,00	182.400,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião do SDSS-IV	4	6	3.800,00	91.200,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião do BOSS	2	6	3.800,00	45.600,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião do Apogee	2	6	3.800,00	45.600,00	Participar de reunião de colaboração
ARC Council	1	6	3.800,00	22.800,00	Participar de reunião de Conselho da colaboração SDSS
Reunião do LSST	4	6	3.800,00	91.200,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião do DESI	3	10	3.800,00	114.000,00	Participar de reunião de colaboração
Reunião de Avaliação Portal	4	10	3.800,00	152.000,00	Para membros avaliadores do INCT
Visitantes Internacionais	3	6	3.800,00	68.400,00	Visitas a instituições participantes do INCT
Convidados Internacionais para reuniões	6	3	3.800,00	68.400,00	Pesquisadores convidados para reuniões do INCT
Viagens a Congressos Internacionais	4	6	3.800,00	91.200,00	Apresentação de trabalhos em congressos
Missões de Observação	2	6	1.800,00	21.600,00	Missões de observação para o DES
Reunião Intern. Planetarium Society 2016	2	1	4.000,00	8.000,00	Participação de parceiros do Planetário-RJ na reunião IPS
Reunião Intern. Planetarium Society 2018	2	1	4.000,00	8.000,00	Participação de parceiros do Planetário-RJ na reunião IPS
Total Passagens Internacionais (em R\$):					1.010.400,00

Passagens Nacionais					
Descrição	Particip.	Quant.	Valor Unit (em R\$)	Valor Total (em R\$)	Justificativa
Visitantes Nacionais	6	6	1.500,00	54.000,00	Visitantes a instituições participantes do INCT
Convidados Nacionais para reuniões	6	3	1.500,00	27.000,00	Cientistas brasileiros para participar de reuniões do INCT
Avaliação do INCT	6	3	1.000,00	18.000,00	Pesquisadores indicados pelo CNPq para avaliarem o INCT
Reunião da Colaboração INCT	5	10	1.000,00	50.000,00	Membros do INCT em reuniões presenciais
Total Passagens Nacionais (em R\$):					149.000,00
Total Passagens (em R\$):					1.159.400,00

Material de Consumo Nacional				
Descrição	Valor Unitário (em R\$)	Quant.	Valor Total (em R\$)	Justificativa
Toner HP LaserJet (CE285AB)	214,00	24	5.136,00	Para fazer impressões
Total Material de Consumo Nacional (em R\$):				5.136,00

Serviços Terceiros				
Descrição	Valor Unit (em R\$)	Quant.	Valor Total (em R\$)	Justificativa
Reunião eBOSS 2015	40.000,00	1	40.000,00	Organização do evento
Reunião ADASS 2017	42.000,00	1	42.000,00	Organização do evento
Reunião XLDB 2018	45.000,00	1	45.000,00	Organização do evento
Reunião DES 2019	45.000,00	1	45.000,00	Organização do evento
Produção de Vídeo Científico	150.000,00	1	150.000,00	Produção de vídeo sobre Energia Escura e outros temas científicos pesquisados por este INCT para o público leigo como uma das formas de transmissão de conhecimento para a sociedade
Semana da Energia Escura e Matéria Escura	15.000,00	1	15.000,00	Produção de evento para o público leigo com participação de pesquisadores do DES
Ciclo de palestras "Desafios da Astronomia"	15.000,00	2	30.000,00	Produção de Ciclo de palestras para o público leigo utilizando participantes deste INCT
Treinamento Lustre	55.200,00	1	55.200,00	Necessário para configuração e otimização do serviço
Total Serviços Terceiros (em R\$):				422.200,00
TOTAL CUSTEIO (em R\$):				2.882.040,00

CAPITAL

Equipamento Nacional					
Descrição	Valor Unit. (em R\$)	Quant.	Valor Total (em R\$)	Justificativa	
Dell PowerConnect 8132F	45.000,00	1	45.000,00	Virtualização dos serviços	
Switch Cisco Catalyst 2960S	30.000,00	1	30.000,00	Necessário para conexão dos novos equipamentos	
Servidor A - DELL PowerEdge R610	14.500,00	1	14.500,00	Solução de transferência de dados (DMZ)	
Servidor B - DELL PowerEdge R610	14.500,00	1	14.500,00	Solução de transferência de dados (DMZ)	
Servidor C - CIPÓ	14.500,00	1	14.500,00	Solução de transferência de dados (DMZ)	
Servidor D - DELL PowerEdge T320	9.094,00	4	36.376,00	Servidor de aplicações e de banco de dados	
Desktop	3.500,00	10	35.000,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências	
Desktop Apple	10.000,00	2	20.000,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências	
Monitor LCD	1.800,00	2	3.600,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências	
Laptop	3.500,00	10	35.000,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências e observações de ocultações	
Laptop Apple	5.000,00	2	10.000,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências	
Câmera Raptor	25.000,00	1	25.000,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências	
Câmera HD	300,00	5	1.500,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências	
Microfone Jabra	800,00	5	4.000,00	Uso por grupos da colaboração para webinars videoconferências	
Total Equipamento Nacional (em R\$):				288.976,00	

Equipamento Importado					
Descrição	Valor Unit. (em US\$)	Valor Unit. (em R\$)	Quant.	Valor Total (em R\$)	Justificativa
Storage / DMF com alta disponibilidade	498.934,51	1.197.442,82	1	1.197.442,82	Redundância no acesso aos dados e permitir rápido acesso aos dados usados com maior frequência
Upgrade Storage IS5500 720TB	186.365,99	447.278,38	1	447.278,38	Aumentar a capacidade de armazenamento, necessário para o DES
SGI Cluster InfiniBand FDR	394.181,26	946.035,02	1	946.035,02	Aumentar a capacidade de processamento para o DES
Lustre System (480TB, 4GB/s)	288.078,16	691.387,58	1	691.387,58	Aumentar a capacidade de I/O em particular durante o processamento
SGI Modular Storage MIS (72 x 900GB SAS)	163.076,24	391.382,98	1	391.382,98	Aumentar a eficiência do banco de dados do SDSS (site espelho mantido pelo LIneA)
SGI Modular Storage MIS (32 x 900GB SAS)	49.425,12	118.620,29	1	118.620,29	Aumentar a eficiência do banco de dados do DES
Switch de Rede 10 Gbits	85.249,56	204.598,94	1	204.598,94	Necessário para conexão dos novos equipamentos
Total Equipamento Importado (em R\$):				3.996.746,02	
				<i>Obs.: [1 US\$ = 2,4 R\$]</i>	
Total Equipamento (em R\$):				4.285.722,02	

Material Bibliográfico					
Descrição	Valor Unit. (em R\$)	Quant.	Valor Total (em R\$)	Justificativa	
Proceedings IAU	150,00	10	1.500,00	Pagamento de publicações	
Proceedings PASP	150,00	10	1.500,00	Pagamento de publicações	
Livros	150,00	5	750,00	Compra de livros técnicos e científicos	
Total Material Bibliográfico (em R\$):				3.750,00	

Software (Licença Permanente)					
Descrição	Valor Unit. (em R\$)	Quant.	Valor Total (em R\$)	Justificativa	
Windows Project	2.199,00	2	4.398,00	Confecção de cronogramas e planejamento	
Windows Server Enterprise 2008R2	1.131,00	2	2.262,00	Site espelho SDSS	
Sql Server Enterprise Edition 2012 Sngl Academic Open 1 License	6.871,00	2	13.742,00	Site espelho SDSS	
SQLCAL 2012 SNGL OLP NL DvcCAL	1.416,00	2	2.832,00	Permite o uso da licença acima nos demais servidores do site espelho SDSS	
Plataforma para produção e edição de documentos em PDF	1.000,00	10	10.000,00	Produção e edição de textos	
Total Software (em R\$):				33.234,00	
TOTAL CAPITAL (em R\$):				4.322.706,02	

BOLSAS

Bolsas no País				
Modalidade	Duração (meses)	Quant. Bolsas	Valor Unit. (em R\$)	Valor Total (em R\$)
Doutorado no País	48	1	2.594,00	124.512,00
Mestrado no País	24	1	1.500,00	36.000,00
Iniciação Científica	36	1	400,00	14.400,00
Bolsa DTI-B	36	2	3.000,00	216.000,00
Pós-doutorado (FAPESP)	36	4	6.757,74	973.114,56
Atração de Jovens Talentos BJT-A	36	2	7.194,44	518.000,00
Pós-Doutorado Júnior	12	4	4.500,00	216.000,00
Total Bolsas no País (em R\$):			2.098.026,56	

Bolsas no Exterior				
Modalidade	Duração (meses)	Quant. Bolsas	Valor Unit. (em US\$)	Valor Total (em US\$)
Doutorado Sandwich SWE	12	4	3.429,40	164.611,08
Total Bolsas no Exterior (em R\$):			395.066,59	
			<i>Obs.: [1 US\$=2,40 R\$]</i>	
TOTAL BOLSAS (em R\$):			2.493.093,15	

DEMONSTRATIVO FINAL DO ORÇAMENTO

Recursos Solicitados	Itens	Valor (em R\$)	Valor Total (em R\$)
Custeio	Diárias Internacionais	1.086.024,00	2.882.040,00
	Diárias Nacionais	209.280,00	
	Passagens Internacionais	1.010.400,00	
	Passagens Nacionais	149.000,00	
	Material de Consumo Nacional	5.136,00	
	Serviços Terceiros	422.200,00	
Capital	Equipamento Importado	3.996.746,02	4.322.706,02
	Equipamento Nacional	288.976,00	
	Material Bibliográfico	3.750,00	
	Software (Licença Permanente)	33.234,00	
Bolsas	Bolsas no País	2.098.026,56	2.493.093,15
	Bolsas no Exterior	395.066,59	
VALOR FINAL DO ORÇAMENTO:		9.697.839,17	

18. Bolsas a serem solicitadas de Fundações Estaduais

Solicitamos 04 bolsas de pós-doutorado FAPESP de 03 anos cada, para pesquisadores pós-doutores. Como a internacionalização da ciência brasileira é um aspecto crucial deste INCT, é fundamental atrair pesquisadores pós-doutores estrangeiros para as instituições associadas ao INCT. Já adaptados aos desafios específicos dos levantamentos internacionais, estes pesquisadores trazem grande eficiência na realização dos projetos. Além disso, o contato direto dos pós-doutores com estudantes brasileiros permitirá que estes se insiram de forma natural e efetiva nos projetos e assimilem a cultura internacional, quase sempre bastante distinta da realidade local. Apenas as bolsas FAPESP e bolsas especiais do CNPq são competitivas no contexto internacional, motivo pelo qual solicitamos 04 bolsas FAPESP.

19. Parcerias com empresas e órgãos públicos

As seguintes empresas manifestaram seu interesse no INCT do e-U: **i)** SLACAM Tecnologia ⁷⁴; **ii)** INFAX Tecnologia e Sistemas ⁷⁵; **iii)** Silicon Graphics International Corporation ⁷⁶.

Os seguintes institutos ou órgãos manifestaram seu interesse no INCT do e-U: **i)** Planetário-RJ ⁷⁷; **ii)** LNCC ⁷⁸; **iii)** UFRGS ⁷⁹; **iv)** RNP ⁸⁰; **v)** CEFET;⁸¹ **vi)** LIneA ⁸²; **vii)** UNESP ⁸³; **viii)** SLAC ⁸⁴; **ix)** LSST ^{85, 86}.

20. Disponibilidade de infraestrutura

O LIneA mantém atualmente um centro de dados para as atividades associadas ao DES e SDSS-III que inclui transferência, armazenamento, processamento e distribuição de dados, desenvolvimento de software, operação do Portal Científico e Helpdesk. Atualmente o Centro de Dados do LIneA ⁸⁷ conta com cerca de 90 equipamentos (incluindo servidores, racks, switches, no-breaks) e 22 serviços necessários para a operação do laboratório de onde destacamos: **i)** arquitetura DMZ para transferência de dados com taxa de transferência média de ~250 Mbps entre os principais parceiros internacionais; **ii)** banco de dados do SDSS-III disponibilizando os releases DR8, DR9 e DR10 para o público geral através dos serviços Skyserver e CASJobs ⁸⁸ cujo site espelho o SDSS tem interesse de manter no LIneA ⁸⁹; **iii)** banco de dados do DES PostgreSQL + PGpool-II com replicação da base de dados para balanceamento de carga em dois servidores; **iv)** sistema de armazenamento (500 TB); **v)** cluster SGI (500 núcleos) dedicado ao processamento do Portal Científico; **vi)** cluster para alto desempenho de I/O durante o processamento (LustreFS); **vii)** servidor de desenvolvimento e repositórios de código (git+cgit+gitosis); **viii)** cluster de VMs para hospedagem dos serviços.

Além dos equipamentos disponíveis no centro de dados no IDC da RNP⁹⁰, no site de P&D do LIneA no LNCC são estudadas solução de banco de dados e *workflows* científicos. A UNESP conta com facilidades como o gridUNESP que será usado para cálculos de alto desempenho em Cosmologia. O CEFET-RJ conta com um cluster de 360 cores que será usado para testes de *workflows* científicos. A UFRGS também disponibilizará infraestrutura necessária e facilidades pertinentes a consecução do projeto até o seu término.

21. Bibliografia

- [01] Alves, V. et al. 2014. Uso de Workflows Científicos para Apoiar a Elaboração de Técnicas de Predição de Invasão de Sistemas, SEGET 2014
[02] Anders, F. et al. 2014, A&A, 564, 115
[03] Anderson, L. et al. 2014, MNRAS 441, 24
[04] Arnouts, S. et al. 1999, MNRAS, 310, 540
[05] Balbinot, E. et al. 2009, MNRAS, 396, 1596
[06] Balbinot, E. et al. 2010, MNRAS, 404, 1625
[07] Balbinot, E. et al. 2011, MNRAS, 416, 393

⁷⁴ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/carta_apoio_slacam_inct.pdf

⁷⁵ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta-Apoio-INFAX-INCT.pdf>

⁷⁶ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta-Apoio-SGI-INCT.pdf>

⁷⁷ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta-Apoio-Planetario-RJ-INCT.jpg>

⁷⁸ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Apoio_INCT_e-U_LNCC_v2.pdf

⁷⁹ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Apoio_UFRGS_Reitoria.jpg

⁸⁰ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/carta_apoio_RNP_INCT.pdf

⁸¹ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta-Apoio-CEFET-INCT.pdf>

⁸² <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta-Apoio-LIneA-INCT.pdf>

⁸³ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta-Apoio-UNESP-INCT.pdf>

⁸⁴ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-support_SLAC_INCT_v2.pdf

⁸⁵ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter-of-Support-LSST-20140829.pdf>

⁸⁶ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Letter_of_Support_EPO_LSST.pdf

⁸⁷ <http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/LIneADataCenterInfrastructure.jpg>

⁸⁸ <http://skyserver.linea.gov.br/dr10/en/home.aspx>

⁸⁹ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/Carta_Interesse_SDSS_Michael_Blanton1.pdf

⁹⁰ http://www.linea.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/carta_apoio_RNP_INCT.pdf

- [08] Balbinot, E. et al. 2013, ApJ, 767, 101
- [09] Balbinot, E. et al. 2014, A&A, submetido
- [10] Bernardi, M. et al. 1998, ApJ, 503, L143
- [11] Bernardi, M. et al. 2002, AJ, 123, 2990
- [12] Braga-Ribas, F. et al. 2013, ApJ, 773, 26
- [13] Braga-Ribas, F. et al. 2014, Nature, 508, 72
- [14] Brown, M.E. et al. 2011, ApJ, 738, L2
- [15] Busca, N.G. et al. 2013, A&A 552, A96
- [16] Chojnowski, S. et al. 2014, AJ, aceite para publicação
- [17] Cole, S. et al. 2005, MNRAS, 362, 505
- [18] da Costa, L.N. et al. 1984, AJ, 89, 131
- [19] da Costa, L.N. et al. 1988, ApJ, 327, 544
- [20] da Costa, L.N. et al. 1994, ApJ, 424, 1
- [21] da Costa, L.N. et al. 1996, ApJ, 468, 5
- [22] da Costa, L.N. et al. 1998, AJ, 116, 1
- [23] da Costa, L.N. et al. 2000, AJ, 120, 95
- [24] Damjanov, I. et al. 2009, ApJ, 695, 101
- [25] Deshpande, R. et al. 2013, AJ, 146, 156
- [26] Eikenberry, S. et al. 2014, ApJ, 784, L30
- [27a] Einsenstein, D. et al. 2005, ApJ, 633, 560
- [27b] Elliot, J.L. et al. 2010, Nature, 465, 897
- [28] Flaugher, B. 2005, IJMPA, 20, 3121
- [29] Frinchaboy, P. et al. 2013, ApJ, 777, L1
- [30] Garcia-Perez, A. et al. 2013, ApJ, 767, L9
- [31] Giovanelli, R. et al. 1998, ApJ, 505, 91
- [32] Girardi, L. et al. 2005, A&A, 436, 895
- [33] Gladman, B., et al. 2008, Nomenclature in the Outer Solar System, ed. M. A
- [34] Hayden, M. et al. 2014, AJ, 147, 116
- [35] Javiel, S., Santiago, B. et al. 2005, A&A, 431 73
- [36] Joyce, A. et al. 2014, arXiv:1407.0059
- [37] Juric, M. et al. 2008, ApJ, 673, 864
- [38] Kerber, L., et al. 2001, A&A, 365, 424
- [39] Kerber, L. et al. 2007, A&A, 462, 139
- [40] Maia, M.A.G. et al. 1989, ApJS, 69, 809
- [41] Majewski, S. et al. 2013, ApJ, 777, L13
- [42] Mauro, R. et al. 1997. GOA++: Tecnologia, Implementação e Extensões aos Serviços de Gerência de Objetos. SBBD'97.
- [43] Meza, A. et al. 2003, ApJ, 590, 619
- [44] Moore, B. et al. 1999, ApJ, 524, L19
- [45] Müller, T.G. et al. 2009, Earth Moon & Planets, 105, 209
- [46] Ogasawara, E. et al. 2013, IJAEIS, 4, 23
- [47] Ortiz, J.L. et al. 2012, Nature, 491, 566
- [48] Pellegrini, P.S. et al. 1990, AJ, 99, 751
- [49] Pozzetti, L. et al. 2010, A&A, 523, 13
- [50] Press, W., Schechter, P. 1974, ApJ, 187, 425
- [51] Rossetto, B. et al. 2011, AJ, 141, 185
- [52] Santiago, B.X.. et al. 1996, MNRAS, 281, 871
- [53] Santiago, B.X.. et al. 2014, submetido ao A&A
- [54] Schultheis, M. et al. 2014, AJ, 148, 24
- [55] Sheth, R., Tormen, G. 2002, MNRAS, 329, 61
- [56] Sicardy, B. et al. 2011, Nature, 478, 493
- [57] Souza, U. et al. 2014. On P3-Convexity of Graphs with Bounded Degree. LNCS, v. 8546, p. 263-274.
- [58] Stewart, K.R. et al. 2008, ApJ, 683, 597
- [59] Tinker, J. et al. 2008, ApJ, 688, 709
- [60] Tojeiro, R. et al. 2014, MNRAS, 440, 2692
- [61] Wegner, G. et al. 2003, AJ, 126, 2268
- [62] Weinberg, S. 1989, Rev. Mod. Phys., 61, 1
- [63] Widemann, T. et al. 2009, Icarus, 199, 458
- [64] Zasowski, G. et al. 2014, ApJ, submetido (arXiv 1406.1195)
- [65] Zentner, A. 2007, IJMP, 16, 763