



ATA DA NONA REUNIÃO EXTRAORDINÁRIA NO ANO DE 2019 DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA (PPGFis) DO CCE/UFES. REALIZADA POR CONSULTA ELETRÔNICA DE 12 A 13 DE DEZEMBRO DE 2019.

Ata da nona Reunião Extraordinária de 2019 do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Física aberta no dia 12 de dezembro de 2019, por consulta eletrônica, e encaminhada a todos os membros do Colegiado do PPGFis pelo Coordenador do Programa, Professor Davi Cabral Rodrigues. Os seguintes membros do colegiado não estavam afastados e tinham direito a voto: Davi Rodrigues, Edson Passamani Caetano, Fernando Néspoli Nassar Pansini, Francisco Elias Jorge, Galen Sotkov, Hermano Endlich Schneider Velten, Humberto Belich Junior, Jair Carlos Checon de Freitas, Júlio César Fabris, Marcos Tadeu D'Azeredo Orlando, Sérgio Vitorino de Borba Gonçalves, Valberto Pedruzzi Nascimento, Valerio Marra, Vinícius Cândido Mota, Wanderlã Luis Scopel, Wendel Paz e o representante discente Felipe Leone Maia. **1 Deliberações. 1.1 – Relatório de projeto PNPD.** O coordenador enviou a seguinte mensagem a todos os membros do colegiado no dia 12 de dezembro às 20 horas e 10 minutos: “Nosso último bolsista PNPD, Dr. Thiago Caramês, fez o relatório de sua bolsa de pós-doc conosco e essa precisa ter o aval do colegiado. A aprovação do relatório não tem relação com renovação de bolsa (esta bolsa já perdemos, está entre as que terminaram e a capes não devolve). Aprovar o relatório quer dizer que o bolsista atuou de forma compatível com sua função de pós-doc e seu projeto. Pedi ao Prof. Vinícius ler o relatório dele em anexo e dar um parecer. O Prof. Vinícius indica a aprovação do relatório, o qual copio abaixo: *‘Este parecer trata-se do Relatório Técnico PNPD/CAPES do então bolsista Dr Thiago Roberto da Possa Caramês. O relatório descreve toda a atividade do bolsista entre 01/11/2017 e 30/09/2019, e é acompanhado pelo plano de pesquisa quando do início dos trabalhos. Destaca-se aqui grande integração dos trabalhos do então bolsista com as atividades de pesquisa do grupo do PPGFIS no qual esteve inserido, acompanhado de significativa produtividade: quatro artigos publicados, um dos quais no segundo e último ano da vigência da bolsa, e um quinto artigo submetido e disponível em versão preprint [arXiv: 1808.02798]; participação em duas bancas avaliadoras, uma delas de doutorado na UNESP/Guaratinguetá; participação em seis eventos acadêmicos/ científicos, sendo quatro no último ano de vigência da bolsa e dos quais um internacional. Dessa forma recomento a APROVAÇÃO do relatório do então bolsista Dr Thiago Roberto da Possa Caramês.’* Aos que forem contrários à aprovação do relatório, favor se manifestarem até amanhã.” Não houve nenhuma manifestação contrária até o dia 13 de dezembro, sendo o relatório **aprovado** pelo colegiado por unanimidade. O relatório original segue em anexo.

Nada mais havendo a constar, eu, Davi Rodrigues, coordenador do PPGFis, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, será divulgada no *site* oficial do PPGFis. Vitória, 14 de dezembro de 2019.

Relatório Técnico PNPd/CAPES

Bolsista: Thiago Roberto da Possa Caramês

Período: 01/11/2017 a 30/09/2019

Atividade de Pesquisa:

Durante o referido período como bolsista de pós-doutorado PNPd/CAPES, desenvolvi atividades de pesquisa no Grupo de Cosmologia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Me concentrei nos projetos relacionados abaixo:

1) *Cosmologia em gravidade não-conservativa*: Neste trabalho estudamos um modelo cosmológico construído a partir de uma teoria de gravidade modificada, dita não-conservativa, em que efeitos dissipativos são introduzidos por primeiros princípios, através de uma formulação variacional. Assim, tais efeitos possuem natureza puramente geométrica e implicam numa não-conservação do tensor energia-momento. Verificamos que nesta cosmologia, a nível de fundo, a dinâmica do universo se assemelha àquela de um modelo de viscosidade volumétrica, na formulação não-causal de Eckart. Explorando tal equivalência, procedemos a um estudo das soluções perturbativas no calibre síncrono, e comparamos com as soluções correspondentes no modelo viscoso, discutindo uma possibilidade de com isso aliviar os conhecidos problemas observados nos cenários cosmológicos dotados dessa viscosidade. Os resultados deste estudo, feito em parceria com Prof. Dr. Júlio C. Fabris (UFES), o Prof. Dr. Hermano Velten (UFOP), o Prof. Dr. Matheus J. Lazo (FURG) e o Prof. Dr. Gastão S. F. Frederico (UFSC), foram publicados no periódico *International Journal of Modern Physics*. Este trabalho pode ser localizado através da referência **Int. J. Mod. Phys. D 27, 1841006 (2018)**.

Numa segunda etapa deste projeto, aprofundamos o estudo dessa cosmologia não-conservativa testando-a à luz de alguns importantes dados observacionais. O que verificamos foi que o modelo originalmente considerado, de um único fluido material, composto predominantemente de matéria escura, em que a aceleração do fundo fica a cargo exclusivamente da modificação da gravidade, se mostrou inviável em função de uma incompatibilidade, aparentemente incontornável, entre as dinâmicas da base e do setor perturbativo. A saída que encontramos foi a de assumir a existência de dois fluidos sem pressão, sendo um deles a matéria escura fria usual, que se conserva segundo a lei de conservação padrão, da Relatividade Geral, e um segundo que obedece a lei de conservação que surge com a modificação da gravidade. Com este procedimento, nossa tentativa de compatibilizar as descrições da base e do regime linear de perturbações, comparando com dados de $\mathbf{H}(\mathbf{z})$ e $\mathbf{f}\sigma_8$, se mostrou uma tarefa bem-sucedida. Por fim, indicamos alguns possíveis desdobramentos desse trabalho, como uma análise estatística mais profunda deste modelo, a partir de um conjunto maior de dados que nos forneça os parâmetros de melhor ajuste correspondentes. Os resultados desse estudo foram publicados no periódico *Physical Review D*, a referência completa correspondente é **Phys. Rev. D 98, 103501 (2018)**.

2) *Modelos de branas e gravidade dissipativa*: Neste outro trabalho, investigamos as consequências de uma violação da lei de conservação usual do tensor energia-momento, motivada pela introdução da dependência da ação de Einstein-Hilbert nela própria, a mesma gravidade não-conservativa que descrevemos anteriormente. Escrevemos as equações de campo num bulk pentadimensional e usando o formalismo de Gauss-Codazzi chegamos nas condições de consistência a serem satisfeitas a fim de que tenhamos modelos de branas viáveis, como função do parâmetro de não-conservação. Por fim, discutimos as possíveis consequências disso na cosmologia e apresentamos nossas

perspectivas futuras nesta direção. Este trabalho foi desenvolvido em colaboração com o Prof. Dr. Júlio C. Fabris (UFES) e o Prof. Dr. Julio M. Hoff da Silva (UNESP), foi publicado e pode ser encontrado em **Eur. Phys. J. C 78, 402 (2018)**.

3) *Consequências sobre configurações de cordas cósmicas*: Cordas cósmicas são defeitos topológicos que podem ter surgido no início do universo, como decorrência de processos específicos de quebra espontânea de simetria induzidos pelas transições de fase que o universo primordial sofrera à medida que se expandia e esfriava. Essas configurações são regiões de formato linear, onde está localizada uma quantidade enorme de energia da ordem e cujas consequências gravitacionais já foram extensivamente estudadas. Neste trabalho, estudamos como os efeitos da gravidade dissipativa se manifestam sobre algumas configurações de cordas cósmicas, em especial para a corda Higgs-Abeliana e a corda de Gott-Hiscock. Nos dois casos verificamos de que forma esses efeitos dissipativos “geométricos” afetam as quantidades observáveis típicas envolvidas nos respectivos modelos, como a densidade linear de massa da corda e o déficit de ângulo planar que ela produz. Nosso estudo inclui uma grande quantidade de resultados tanto analíticos quanto numéricos que aperfeiçoam e generalizam resultados já existentes na literatura. Este trabalho foi desenvolvido em colaboração com o Dr. Eduardo A. F. Bragança (UFES), Prof. Dr. Júlio C. Fabris (UFES) e Dr. Antônio de Pádua Santos (UFRPE). Estes resultados foram publicados no artigo **Eur. Phys. J. C 79, 162 (2019)**.

Observações:

1. No projeto originalmente aprovado previa-se como sua primeira etapa o estudo da evolução não-linear das perturbações, através do mecanismo do colapso esférico, no âmbito de um cenário cosmológico advindo de uma teoria não-conservativa de Lazo *et al* [**Phys. Rev. D. 95, 101501 (2017)**]. Porém, antes de abordar a colapso não-linear é necessário haver uma análise bem estabelecida da evolução do fundo cósmico e da dinâmica das perturbações lineares. Como esses estudos ainda não haviam sido feitos, nós mesmos resolvemos desenvolvê-los. O que resultou em dois trabalhos diferentes. Um já se encontra publicado [Int. J. Mod. Phys. D 27, 1841006 (2018).], e o outro foi recentemente submetido à publicação, já estando disponível na sua versão *preprint* [arXiv: 1808.02798]. A próxima etapa, agora situada dentro de uma sequência lógica, será estudar o colapso esférico dentro do cenário cosmológico aí proposto, conforme inicialmente planejado.
2. Referente a esta teoria alternativa, dois outros temas inicialmente ausentes foram incorporados ao projeto original, a saber, os supracitados “*Modelos de branas e gravidade dissipativa*” e “*Consequências sobre configurações de cordas cósmicas*”. Sendo que os dois, conforme já mencionado, resultaram em artigos publicados no periódico *European Physical Journal C*.

Participação em Bancas Examinadora

1) Trabalho de Conclusão de Curso

Candidato: Syrios Gomes da Silveira
Curso/Instituição: Bacharelado em Física – UFES
Local: Vitória, ES - Auditório do PPGFis-UFES
Data: 30/07/2018

2) Doutorado

Candidato: Dino Beghetto Júnior
Curso/Instituição: Doutorado em Física – UNESP/Guaratinguetá
Local: Guaratinguetá, SP – Departamento de Física e Química-UNESP
Data: 22/03/2019

Participações em eventos:

- 1) *Inverno Astrofísico 2018 – Escola de Astrofísica, Cosmologia e Gravitação*
Período: 22/07 a 29/07/2018
Local: Fazenda do Centro, Castelo/ES.
Obs: Nesta escola participei como conferencista, apresentando o minicurso “*Introdução à Relatividade Geral*”. Carga horária: 4h.
Endereço eletrônico: <http://www.cosmo-ufes.org/ia2018.html>
- 2) *Mostra Estadual de Astronomia, Astrofísica, Astronáutica e Cosmologia*
Período: 17/08/2018
Local: IFES – Campus de Linhares/ES
Obs: Neste evento apresentei a palestra “*O que é a gravidade?*”.
- 3) *The Sound of Space-time: The Dawn of Gravitational Wave Science*
Período: 26/11 a 14/12/2019
Local: ICTP/SAIFR – São Paulo/SP
Endereço eletrônico: <https://www.ictp-saifr.org/the-sound-of-space-time-the-dawn-of-gravitational-wave-science/>
- 4) *Verão Quântico 2019*
Período: 17/02 a 22/02/2019
Local: Hotel Pontal de Ubu – Ubu/Anchieta/ES
Obs: Neste evento participei também como integrante do Comitê Organizador
Endereço eletrônico: <http://www.cosmo-ufes.org/vq2019.html>
- 5) *100 Anos do Eclipse de Sorbal*
Período: 29/05 e 30/05/2019
Local: Auditório do CCE/UFES - Vitória/ES
Obs: Neste evento participei também como integrante do Comitê Organizador
Endereço eletrônico: <http://www.cosmo-ufes.org/sobral2019.html>
- 6) *Inverno Astrofísico 2019 – Escola de Astrofísica, Cosmologia e Gravitação*
Período: 01/08 a 08/08/2019
Local: Fazenda do Centro, Castelo/ES.
Obs: Nesta escola participei como conferencista, apresentando o minicurso “*Introdução à Relatividade Geral*”. Carga horária: 4h.
Endereço eletrônico: <http://www.cosmo-ufes.org/ia2019.html>