



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ

## RELATÓRIO INSTITUCIONAL CONSOLIDADO (PET) - 2022

### DADOS GERAIS:

**Grupo:** 61914 / PET / IFCE / *Campus* Sobral

**Presidente (CLAA):** Wilton Bezerra de Fraga

**Período de vigência:** Janeiro a Dezembro de 2022.

### 1. Apresentação

O presente relatório gerado pela Comissão Local de Avaliação e Acompanhamento (CLAA) trata das atividades e ações que foram planejadas e desenvolvidas no ano de 2021 pelo Programa de Educação Tutorial (PET) respeitando o princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão em conformidade com a Portaria N° 976, de 27 de julho de 2010 e a Portaria N° 343, de 24 de abril de 2013.

O grupo PET ao qual se apresenta esse relatório está vinculado atualmente ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE/*campus* Sobral) cujo CNPJ: 10.744.098/0006-50, localiza-se na avenida Dr. Guarani, N° 317, Bairro: Josely Dantas de Andrade Torres, CEP: 62042-030, Cidade: Sobral, UF: CE. Contatos: Tel: (88) 3112-8100, FAX: (88) 3112-8103, e-mail: [fisica.sobral@ifce.edu.br](mailto:fisica.sobral@ifce.edu.br) e página institucional: <http://ifce.edu.br/sobral>.

## 2. Desenvolvimento

As ações e atividades foram plenamente desenvolvidas nas seguintes áreas ou linhas abaixo com a orientação de um professor-tutor:

- 1) Mecânica quântica não-relativística na teoria da informação e entropia. Modelos efetivos de partícula quântica para aplicações em física molecular e matéria condensada.
- 2) Pesquisa em ensino de Ondulatória e Acústica: O desenvolvimento profissional e a prática educativa de professores de Física.
- 3) Busca por discos de detritos através da detecção do excesso de fluxo fotométrico na região do infravermelho médio e longo em sistemas binários e aplicações da metodologia do trânsito planetário para identificação de exoplanetas.
- 4) Simulações micromagnéticas de ferromagnetos quirais para estudo da nucleação, estabilidade e manipulação de skyrmions.
- 5) Teoria eletromagnética aplicada ao estudo de materiais e componentes para uso em telecomunicações.

Todos os aspectos relativos à descrição das justificativas, objetivos, realização e metodologia, bem como, o relatório das avaliações, resultados e os produtos gerados e esperados de cada atividade desenvolvida pelos estudantes constam descritos pelos professores tutores no **relatório de atividades de 2022 (anexo)**, já adicionado na plataforma SIGPET, é aqui deferido pela Comissão Local de Avaliação e Acompanhamento (CLAA). As atividades que foram desenvolvidas corroboraram para melhorar a formação dos profissionais com ampla e sólida base teórico/metodológica para o exercício crítico e competente da docência na área de Física, através do fortalecimento da identidade dos discentes e consolidação do curso de Licenciatura em Física em Sobral e regiões abrangentes. Minimizando assim a evasão dos estudantes, principalmente nos semestres iniciais do curso.

### 3. Objetivos

Notou-se que as atividades realizadas pelo grupo PET foram de extrema importância para a formação acadêmica dos estudantes vinculados ao Curso de Licenciatura em Física do IFCE Sobral, pois promoveu e oportunizou aos discentes envolvidos uma formação humana, teórica, prática e interdisciplinar contribuindo ainda para o seu fazer docente. Além disso, através das atividades e linhas de pesquisa, ensino e extensão, expandiram o seguimento de seus estudos e aperfeiçoamento profissional futuro. Além disso, pode-se dizer e deferir que as atividades e ações desenvolvidas pelo grupo PET em 2022 também:

- fortaleceu as ações de acolhimento e adaptação de novos estudantes ingressos ao curso, através de fóruns de acolhimento com a participação dos petianos;
- ajudou na implementação e observação das ações previstas no Plano de Permanência e Êxito (PPE) do *campus* em conformidade com o PPC do curso;
- contribuiu no planejamento e incentivo, junto com os docentes do curso, das atividades ligadas à pesquisa e ao ensino de Física, tais como a participação em eventos científicos (remotos e presenciais) e futuras visitas técnicas;
- auxiliou o acompanhamento e a necessidade de materiais e/ou bens ligados ao bom desenvolvimento das atividades do curso;
- garantiu o bom andamento das comissões ligadas à Licenciatura e suas reuniões de curso, NDE e Colegiado. Bem como, a participação nas reuniões remotas promovidas pela Direção de Ensino (DIREN) do *campus*.

### 4. Conclusão

A Comissão Local de Avaliação e Acompanhamento (CLAA) conclui que as atividades apresentadas no presente relatório das atividades do grupo PET em 2022 foram desenvolvidas de forma plenamente satisfatória mesmo no cenário de pós-pandemia no qual se encontra o país. E que os estudantes do PET zelaram pela qualidade acadêmica do grupo; participaram das atividades programadas pelo seu

professor-tutor; participaram durante o ano remotamente em atividades de ensino, pesquisa e extensão; mantiveram o bom rendimento no curso de graduação; apresentaram rendimento acadêmico satisfatório avaliado pelo tutor; publicaram e apresentaram em eventos de natureza científica, trabalhos acadêmicos, individualmente ou em grupo; fizeram referências à sua condição de bolsista do PET nas publicações e trabalhos apresentados.

Espera-se que o Programa de Educação Tutorial (PET) seja mantido e essa Comissão ressalta a sua importância e defere a suas atividades, pois desenvolveu atividades acadêmicas em padrões de qualidade de excelência, mediante grupos de aprendizagem tutorial de natureza coletiva e interdisciplinar, contribuiu para a elevação da qualidade da formação acadêmica dos alunos de graduação, estimulou a formação de profissionais e docentes de elevada qualificação técnica, científica, tecnológica e acadêmica, formulou novas estratégias de desenvolvimento e modernização do ensino superior no país, e por fim, estimulou o espírito crítico, bem como a atuação profissional pautada pela ética, pela cidadania e pela função social da educação superior.



**Wilton Bezerra de Fraga**

Presidente da Comissão Local de Avaliação e Acompanhamento

IFCE/*campus* Sobral

# ANEXO



---

## Informações do Relatório

---

**IES:**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ

**Grupo:**

61914 Grupo PET / PET / IFCE / Campus Sobral

**Tutor:**

GUILHERME FRANCISCO DE MORAIS PIRES JUNIOR

**Ano:**

2022

**Somatório da carga horária das atividades:**

30

## Plenamente desenvolvido

---

### Atividade - Teoria eletromagnética aplicada ao estudo de materiais e componentes para uso em sistemas de telecomunicações.

---

**Avaliação:**

Plenamente desenvolvido

**Relate os aspectos / Avaliação Atividade:**

Realizou-se reuniões semanais nas quais os estudantes/bolsistas expunham suas atividades de pesquisas e leituras relacionadas aos temas estudados, seguidos de instruções e orientações do tutor. Os trabalhos desenvolvidos pelos discentes resultaram na análise e caracterização de componentes passíveis de miniaturização para uso em sistemas de comunicação operantes em rádio frequência e micro-ondas, com propriedades promissoras para aplicações atuais. Os estudantes basearam seus estudos em vários artigos e teses. Além, dos seguintes títulos nos quais foi possível realizar um aprofundamento teórico: 1) BALANIS, C. A. Advanced Engineering Electromagnetics, Wiley, 1989. 2) CALLISTER, JR. H. D. Materials Science and Engineering: An introduction, Wiley, 2001. 3) LUCK, K. M.; LEUNG, K. W. Dielectric Resonator Antennas, Research Studies Press LTD, 2003. 4) MOULSON, A. J; HERBERT, J. M. Electroceramics, Materials, Properties, Applications, Wiley, 2003. 5) SEBASTIAN, M. T. Dielectric Materials for Wireless Communication, Elsevier, 2008. Os petianos envolvidos participaram também das seguintes atividades listadas abaixo:

Discente/bolsista: José Maria Lourenço 1 - Estágio Extracurricular Prefeitura Municipal de Sobral (abril a agosto de 2022) é SEDUC Sobral; é ETI Maria de Lourdes de Vasconcelos. 2 - Tutoria na rede Estadual de Educação. (julho a novembro 2022) é CREDE 06 é SEDUC CE; é EEMTI Israel Leocádio de Vasconcelos. 3 - Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em novembro de 2022, resultado das atividades e estudos desenvolvidos no PET. O trabalho intitulado:

éCaracterização dielétrica de matrizes cerâmicas avançadasé, obteve aprovação com nota 9,5.

Discente/bolsista: Emmanuel Nazareno Oliveira Costa Sousa 1 - Tutoria Rede Estadual de Educação

(julho a novembro de 2022) é CREDE 05 é SEDUC CE; é EEMTI Thereza Odette. 2 - Tutoria na Rede Estadual de Educação (julho a novembro de 2022) é CREDE 05 é SEDUC CE; é EEM Antônio Pereira de Farias. 3 - Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em novembro de 2022, resultado das atividades e estudos desenvolvidos no PET. O trabalho intitulado: é Método Rietveld e suas aplicações, obteve aprovação com nota 8,5. Por fim, conclui-se que os estudantes/bolsistas desenvolveram plenamente suas atividades no ano de 2022, como também apresentaram seus Trabalhos de Conclusão de Curso é TCCs, vinculado ao curso de Licenciatura em Física, campus Sobral. Ressalta-se aqui a importância do Programa de Educação Tutorial é PET, na formação desses estudantes que ao longo dos anos atuando como bolsistas desenvolveram inúmeras atividades e trabalhos, consolidando assim o ensino e a pesquisa.

<b>Carga Horária</b>	<b>Data Início da Atividade</b>	<b>Data Fim da Atividade</b>
6	01/01/2022	31/12/2022

#### **Descrição/Justificativa:**

Trata-se de uma atividade de pesquisa multidisciplinar que pretende estudar, simular, construir e por fim avaliar dispositivos integrantes na miniaturização de sistemas de telecomunicação. Principalmente antenas ressoadoras dielétricas baseadas em cerâmicas avançadas. Portanto, a atividade se justifica pelo seu intrínseco caráter acadêmico e estratégico que envolve os discentes do curso de Física, além da integração com o Mestrado de Engenharia de Telecomunicações do IFCE, e o Laboratório de Telecomunicações e Ciências e Engenharia de Materiais (LOCEM) da UFC.

#### **Objetivos:**

Estudar e desenvolver dispositivos passíveis de miniaturização para uso em sistemas de telecomunicação que operem em radiofrequência e micro-ondas com características superiores. Caracterizar novos materiais cerâmicos com propriedades promissoras que atendam a sistemas de telecomunicações atuais. Projetar, contemplando análise, simulação, construção e avaliação, antenas ressoadoras dielétricas fazendo uso do material produzido para esta finalidade.

#### **Como a atividade será realizada? (Metodologia):**

A metodologia consta de levantamento bibliográfico, que pode ser impresso ou eletrônico, processamento cerâmico padrão (reação de estado sólido) para elaboração das amostras a serem analisadas, caracterização microestrutural, simulação numérica, e por fim, análise crítica e interpretação de dados para posteriores trabalhos, relatórios técnicos e publicações científicas.

#### **Quais os resultados que se espera da atividade?**

---

#### **Resultados / produtos esperados com a atividade: melhorias para o Curso, para a Educação, para a sociedade, meios para a socialização dos resultados, publicações, etc:**

A relevância da atividade é baseada no crescimento do mercado da comunicação sem fio nos últimos anos devido ao volume de aparelhos telefônicos móveis e sistemas de posicionamento global. A antena é de grande importância nesses dispositivos porque é o principal componente da rede, e as cerâmicas estudadas poderiam ter grande aplicabilidade na fabricação de antenas ressoadoras nesses sistemas de comunicação que exige qualidade e miniaturização, além de diversos componentes passivos e ativos que podem ser empregados em radiofrequência e micro-ondas. Os resultados decorrentes da atividade proposta expressam uma fundamentação intelectual relevante na formação dos alunos petianos. Aliadas a isso, surgem expectativas de trabalhos que podem ser produzidos em virtude da pesquisa proposta, já que envolve distintas áreas de conhecimento científico-tecnológico. Sob a perspectiva de um mercado de comunicação crescente, o domínio da tecnologia de fabricação, envolvendo conhecimentos pertinentes ao processamento e à caracterização dos produtos, acrescentados da análise, simulação e avaliação somariam numa formação discente contextualizada em seu âmbito social.

### **Qual será a metodologia de avaliação da atividade pelo grupo:**

O processo de avaliação será realizado por encontros semanais envolvendo discentes, professores tutores e colaboradores para promover debates e discussões pertinentes às linhas e ações de estudos e pesquisa desenvolvidos pelo grupo, além de seminários expositivos para promover a integração plena dos alunos no tocante a resultados produzidos e futuras ações.

## **Atividade - Busca por discos de detritos através da detecção do excesso de fluxo fotométrico na região do infravermelho médio e longo em sistemas binários e aplicações da metodologia do trânsito planetário para identificação de exoplanetas.**

---

### **Avaliação:**

Plenamente desenvolvido

### **Relate os aspectos / Avaliação Atividade:**

Foram realizadas reuniões semanais com apresentação de seminários nos quais os alunos expuseram suas pesquisas e leituras relacionadas ao tema de estudo, seguidos de instruções e orientações. Os trabalhos desenvolvidos pelos discentes resultaram em apresentações de diversos trabalhos em eventos como: XXXVI ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE NORDESTE e EFNNE e SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA e SAB. Houve ainda a aprovação de dois estudantes para o Mestrado em Física e área de concentração: Astronomia - da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Os estudantes basearam seus estudos em vários artigos e teses. Discriminação de Atividades: 01. Apresentação de TCC com o título: A TRAJETÓRIA EVOLUTIVA DAS ESTRELAS DO AGLOMERADO M67 pelo discente RILLCK GUILHERME DE SOUZA BARROS DE AMORIM; 02. Apresentação de TCC com o título: O ESTUDO DOS EXOPLANETAS UTILIZANDO A PLATAFORMA DACE pelo discente JOSÉ LUAN ARAÚJO AGUIAR; 03. Aprovação no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Física no semestre acadêmico de 2022.2, EDITAL No 001/2022 e PPGF do discente RILLCK GUILHERME DE SOUZA BARROS DE AMORIM; 04. Aprovação no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Física no semestre acadêmico de 2022.2, EDITAL No 001/2022 e PPGF do discente JOSÉ LUAN ARAÚJO AGUIAR; 05. Apresentação do curso de extensão: TREINAMENTO BÁSICO NO EDITOR LATEX, pelos discentes: RILLCK GUILHERME DE SOUZA BARROS DE AMORIM e JOSÉ LUAN ARAÚJO AGUIAR; 06. Apresentação de trabalho na Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira - SAB, com o título: ANALISANDO CURVAS DE LUZ COM O LIGHTKURVE pelo discente JOSÉ TIAGO MOTA CRISPIM; 07. Apresentação de trabalho na Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira - SAB, com o título: RELAÇÃO MASSA-RAIO DOS EXOPLANETAS pelo discente JOSÉ TIAGO MOTA CRISPIM; 08. Apresentação de trabalho na Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira - SAB, com o título: A BUSCA POR EXOPLANETAS EM ESTRELAS ANÁLOGAS ROTACIONAIS SOLARES COM PRESENÇA CONFIRMADA DE DISCOS DE DETRITOS pelo discente JOSÉ TIAGO MOTA CRISPIM; 09. Apresentação de trabalho na Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira - SAB, com o título: ASTRONOMIA NA ANTIGUIDADE EM DIFERENTES CIVILIZAÇÕES pelo discente JOSÉ TIAGO MOTA CRISPIM; 10. Apresentação de trabalho no XXXVI EFNNE, com o título: OPTIMIZATION OF LIGHT CURVES THROUGH MASKS WITH CUSTOM APERTURES pelo discente JOSÉ TIAGO MOTA CRISPIM; 11. Participações como ouvintes em diversos seminários, palestras e eventos em geral. Diante das inúmeras atividades desempenhadas pelos alunos, considero que o PET está tendo um papel fundamental para esses discentes, sendo um diferencial em suas formações acadêmicas. Concluo que os objetivos foram alcançados, consolidando cada vez mais o grupo PET do IFCE - campus de Sobral.

**Carga Horária**

6

**Data Início da Atividade**

01/01/2022

**Data Fim da Atividade**

31/12/2022

**Descrição/Justificativa:**

Trata-se de uma atividade de pesquisa multidisciplinar que pretende detectar a presença de cinturões de detritos e exoplanetas. A atividade se justifica por: ganho de habilidades em programação; ambientação com a pesquisa e amplo interesse acadêmico no assunto.

**Objetivos:**

Conhecer os diversos bancos de dados para tratamentos fotométricos e inspeções visuais. Interpretar o Diagrama HR e analisar curvas espectrais de energia para o cálculo do excesso de infravermelho em populações estelares. Estudar as técnicas para a detecção de exoplanetas.

**Como a atividade será realizada? (Metodologia):**

A metodologia consta de levantamento bibliográfico, análise de banco de dados, leitura de artigos, teses e dissertações visando o aprimoramento da técnica para a procura de discos de detritos através do excesso no infravermelho, por fim, realizar uma análise crítica e interpretação de dados para posteriores trabalhos, relatórios técnicos e publicações científicas.

**Quais os resultados que se espera da atividade?**

---

**Resultados / produtos esperados com a atividade: melhorias para o Curso, para a Educação, para a sociedade, meios para a socialização dos resultados, publicações, etc:**

A relevância da atividade é baseada no avanço da pesquisa realizada na região do infravermelho. Diversos telescópios têm usado essa região do espectro para o estudo de diversas estruturas e objetos no espaço, dentre eles, o telescópio James Webb. De acordo com a NASA, o Webb vai "mudar a forma como pensamos sobre o céu noturno e nosso lugar no cosmos". Do exposto, as atividades desenvolvidas no PET é uma forma eficiente para o desenvolvimento acadêmico de diversos discentes do curso de Física que se interessam por Astronomia. Os alunos desenvolvem habilidades para a pesquisa em Astrofísica; em programação PYTHON; Ganham experiência na apresentação de trabalhos em congressos e palestras. O PET promove ainda, a satisfação pessoal do estudante em fazer pesquisa, bem como desperta o interesse acadêmico.

**Qual será a metodologia de avaliação da atividade pelo grupo:**

O processo de avaliação será realizado por encontros semanais envolvendo discentes, professores tutores e colaboradores para promover debates e discussões pertinentes às linhas e ações de estudos e pesquisa desenvolvidos pelo grupo, além de seminários expositivos para promover a integração plena dos alunos no tocante a resultados produzidos e futuras ações.

**Atividade - Simulações micromagnéticas de ferromagnetos quirais para o estudo da nucleação, estabilidade e manipulação de skyrmions.**

---

**Avaliação:**

Plenamente desenvolvido

**Relate os aspectos / Avaliação Atividade:**

Antônia Camila Portela: A estudante desenvolveu e aplicou suas atividades propostas. Durante o ano 2022, participou apresentando trabalho do Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, que aconteceu em Fortaleza. Os estudantes Horácio ASHLEY EDWEN TULLIO PEREIRA RAMOS e Victoria Régia Cavalcante de Vasconcelos, iniciaram seus estudos no respectivo projeto e fizeram revisão de literatura e iniciaram simulações numéricas simples para se familiarizarem com as ideias do projeto.

**Carga Horária**

6

**Data Início da Atividade**

01/01/2022

**Data Fim da Atividade**

31/12/2022

### **Descrição/Justificativa:**

Os skyrmions são, atualmente, um dos principais candidatos para o transporte de informação em tecnologias livres da dissipação de energia baseadas em spins. Pertencentes ao emergente campo de pesquisa, no magnetismo moderno, da Magnônica, que trata do transporte e processamento de informações por meio de ondas de spins (Magnons), os skyrmions se tratam da menor perturbação possível em um material magnético uniforme, sendo quase pontual, de magnetização reversa e com spins inclinados e girantes. Dada sua grande relevância no atual cenário de revolução tecnológica que estamos vivendo, a presente atividade é de grande interesse tanto para caráter de conhecimento como campo de pesquisa para estudantes de Física. Estudantes que participam do programa tutorial terão, portanto, a oportunidade de estarem ligados a uma área de fronteira da física. É importante destacar que esta atividade estará ligada ao projeto de implantação de infraestrutura (Pró-INFRA 2017) PROGRAMACÃO EM PARALELO APLICADA À SIMULACÃO MICROMAGNÉTICA DE FERROMAGNETOS QUIRAIS, do pesquisador proponente, com o qual o estudante terá acesso a recursos no estado-da-arte para a programação científica e contato com pesquisadores de outras IES que colaboram com o respectivo projeto.

### **Objetivos:**

Inicialmente, pretende-se que o estudante envolvido aprenda a utilizar o software MuMax3 que realiza simulações micromagnéticas. Em seguida, entender a estabilidade dos skyrmions e sua mobilidade em alguns sistemas magnéticos já conhecidos.

### **Como a atividade será realizada? (Metodologia):**

O presente programa tutorial, utilizar-se-á extensivamente de simulações numéricas no contexto do micromagnetismo que demandam muita capacidade computacional, tanto em termos de memória quanto em tempo de execução. Assim optou-se por simulações micromagnéticas paralelizadas a serem executadas em placas GPUs, com o solver MuMax3 é disponibilizado como software livre sob a licença GPLv3 - desenvolvido na Universidade de Ghent, na Bélgica.

### **Quais os resultados que se espera da atividade?**

---

#### **Resultados / produtos esperados com a atividade: melhorias para o Curso, para a Educação, para a sociedade, meios para a socialização dos resultados, publicações, etc:**

A possibilidade de implementação de tecnologias e computação baseadas em ondas de spins pode vir a superar muito dos problemas inerentes a eletroônica moderna, como a dissipação de energia. Isso implica que a informação poderá ser transferida praticamente sem perdas. Espera-se, que com o desenvolvimento da presente proposta, consolidar o projeto e ramo de pesquisa acima expostos e alcançar um número maior de pessoas interessadas nessa área. Para o estudante contemplado no programa, a participação na execução das atividades propostas lhe permitirá aprender os métodos e técnicas utilizados na investigação científica moderna aumentando, assim, o seu leque de possibilidades em adição à formação adquirida no Instituto. As atividades de pesquisa se tratam de uma experiência bastante enriquecedora, em particular no estágio inicial de uma trajetória acadêmica - podendo despertar a vocação científica e melhorar o desenvolvimento ético, criativo e intelectual dos envolvidos. Proporciona-se também, sob a perspectiva social, a formação de cidadãos mais éticos, críticos e engajados com sua comunidade e sociedade em geral.

#### **Qual será a metodologia de avaliação da atividade pelo grupo:**

As atividades desenvolvidas serão objeto de discussão semanal, com a respectiva apresentação do que até então foi explorado pelo grupo. Além disso, a elaboração de relatórios e trabalhos acadêmicos, para apresentações em encontros, serão utilizados como métrica para avaliar o

andamento e qualidade das atividades desenvolvidas.

## **Atividade - Pesquisa em ensino de Ondulatória e Acústica: O desenvolvimento profissional e a prática educativa de professores de Física.**

---

### **Avaliação:**

Plenamente desenvolvido

### **Relate os aspectos / Avaliação Atividade:**

O presente relatório trata das atividades desenvolvidas pelas discentes MARIA ADRIANA SILVA e SABRINA COSTA DOS SANTOS dentro do grupo de pesquisa em Ondulatória e Acústica, orientado pelo professor Anderson Pereira Rodrigues, durante o decorrer do ano de 2022. Desde o início do referido ano, foram desenvolvidas um conjunto de atividades, a saber: (i) Reuniões para estudo de artigos e livros; (ii) Pesquisa bibliográfica e documental acerca do estudo de Ondulatória e Acústica; (iii) Seleção de autores e obras referente aos temas; (iv) escolha do tema e ideias iniciais para a concepção do futuro TCC e (v) Participação em eventos acadêmicos. Dessa forma, o programa PET, possibilitou a essas alunas, uma formação contemplando diversos fatores, dentre eles, a ampliaram a capacidade de pesquisa e escrita, além da oportunidade de desenvolver atividades acadêmicas. Diante do exposto, pode-se concluir que os objetivos traçados em 2021 foram atingidos, consolidando a importância do PET na formação dos estudantes do curso de Licenciatura em Física do IFCE à Campus Sobral. MARIA ADRIANA SILVA Em 2022, a discente participou das seguintes atividades, devidamente certificadas: 1) MINICURSO: Entre Teoremas Matemáticos e Princípios Físicos: Alguns Exemplos [6a Jornada de Física] 2) MINICURSO: Introdução aos buracos negros [6a Jornada de Física] 3) ENTREVISTAS do Dia do Físico de 2022 [6a Jornada de Física] 4) LIVES do Dia do Físico de 2022 [6a Jornada de Física] 5) Avaliação Formativa no ensino de Física por meio da estratégia do ensino por microprojetos de pesquisa e possibilidades metodológicas para trabalhos do MNPEF. Diversas referências e artigos foram estudados ao longo do ano. A Saber: ARAÚJO-JORGE, T. C. de et al. *Ciência e Arte no Instituto Oswaldo Cruz: 30 anos de experiência na construção de um conceito interdisciplinar* Ciência e Cultura, v.70, n.2, São Paulo, 2018. BARBOSA-LIMA, M. C., QUEIROZ, G., SANTIAGO, R. *Ciência e Arte: Vermeer, Huygens e Leeuwenhoek*, Física na Escola, v. 8, n. 2, 2007. CACHAPUZ, A. F. *Arte e Ciência no Ensino das Ciências*. Interacções, n. 31, 2014, p. 95-106. LESSA, L. L.; *Samba como recurso para abordagem de conteúdos de astronomia no ensino médio*. Monografia à Universidade Federal Fluminense. Niterói, p. 50. 2012. MOREIRA, I. de C.; MASSARANI, L.: *(En)canto científico: temas de ciência em letras da música popular brasileira*. História, Ciências, Saúde à Manguinhos, v. 13 (suplemento), p. 291-307, outubro 2006. MOREIRA, I. C., *Poesia na Sala de Aula de Ciências? A literatura poética e possíveis usos didáticos*, Física na Escola, v. 3, No 1, p. 17 à 23, 2002. SHIFFER, H.; BERNARDO, J.; QUEIROZ, G. y ANTONIOLI, P. (2009). *Física e cultura popular: a poesia do samba na sala de aula*. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2930-2936 WIPPEL, M. da S.; *Ciência e Poesia: uma abordagem na formação inicial de professores de Física*. Dissertação à Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 122. 2018. ZANETIC, J. *Física e Arte: uma ponte entre duas culturas*. Pro-Posições, Campinas, SP, v. 17, n. 1, p. 39 à 57, 2016. Em 2022, a discente participou das seguintes atividades, devidamente certificadas: 1) MINICURSO: *Libras para Físicos: Alguns Exemplos* [6a Jornada de Física] 2) MINICURSO: *Introdução aos buracos negros* [6a Jornada de Física] 4) LIVES do Dia do Físico de 2022 [6a Jornada de Física] 3) ENTREVISTAS do Dia do Físico de 2022 [6a Jornada de Física] Diversas referências e artigos foram estudados ao longo do ano. A Saber: ABDOUNUR, Oscar Joao. *O experimento de pitágoras com o monocórdio: uma abordagem histórico-didática*. Anais IV CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2019. COELHO, André Luís Miranda de Barcellos. *Aplicação do monocórdio*

e o uso de elementos musicais perceptuais como estruturantes para o ensino de conceitos da física ondulatória. 2016. 161 f., il. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. QUIMELLI, Christian de Sá. Theremin: música e eletrônica no ensino da arte-ciência. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. NASCIMENTO, R. A. do. Monocórdio: contextualizando a Matemática por meio da Música. REMAT: Revista Eletrônica da Matemática, Bento Gonçalves, RS, v. 4, n. 1, p. 132-146, 2018. DOI: MICHELATO, Rafael Augusto. A interdisciplinaridade de um monocórdio: uma análise fenomenológica envolvendo alunos do ensino médio profissionalizante. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

<b>Carga Horária</b>	<b>Data Início da Atividade</b>	<b>Data Fim da Atividade</b>
6	01/01/2022	31/12/2022

#### **Descrição/Justificativa:**

Trata-se de uma atividade de pesquisa investigativa e aplicada a cerca do ensino de Ondulatória e Acústica, o desenvolvimento profissional e a prática educativa de professores de Física na área.

#### **Objetivos:**

Estudar a relação entre a pesquisa em ensino de ondulatória e acústica, o desenvolvimento profissional e as práticas educativas de professores de Física.

#### **Como a atividade será realizada? (Metodologia):**

Realizar um levantamento bibliográfico de estudos publicados na última década sobre a pesquisa em Ensino de Ondulatória e Acústica e em Educação, além do desenvolvimento profissional de professores na área. A partir da pesquisa realizada, elaborar um questionário para realizar uma pesquisa com docentes da área em exercício buscando investigar sobre a relação entre a pesquisa em ensino, o seu desenvolvimento profissional e suas práticas educativas.

#### **Quais os resultados que se espera da atividade?**

---

#### **Resultados / produtos esperados com a atividade: melhorias para o Curso, para a Educação, para a sociedade, meios para a socialização dos resultados, publicações, etc:**

Como resultado da investigação a ser realizada, pretende-se colaborar com a pesquisa em ensino de Ondulatória e Acústica, apontando sugestões/caminhos para melhorar as práticas educativas comumente desenvolvidas e lançar reflexões de possam colaborar com mudanças e posturas significativas para o desenvolvimento e atuação dos profissionais da área. Os resultados decorrentes da atividade proposta expressam uma fundamentação intelectual relevante na formação do aluno petiano, possibilitando-o uma visão mais ampla sobre a formação do professor de Física, seu desenvolvimento profissional e práticas educativas.

#### **Qual será a metodologia de avaliação da atividade pelo grupo:**

O processo de avaliação será realizado mediante encontros regulares onde o estudante apresentará os resultados dos estudos e pesquisas orientados. Constará ainda como avaliação o trabalho final a ser produzido e que deve ser apresentado em eventos e/ou submetido a uma revista científica.

## **Atividade - Mecânica quântica não-relativística na teoria da informação. Modelos efetivos de partícula quântica para aplicações em Física Molecular e Estado Sólido:**

# Heteroestruturas condutoras.

---

## **Avaliação:**

Plenamente desenvolvido

## **Relate os aspectos / Avaliação Atividade:**

O petiano, Rodrigo Martins Lima, desenvolveu prolixas investigações em mecânica quântica não-relativística a fim de aprofundar seu trabalho de pesquisa, bastante abrangente e de interesse atual em física do Estado Sólido, Matéria Condensada, Física de Nanomateriais e Fotônica. Possui dois artigos finalizados. O primeiro artigo se denomina "The Kinetic Hamiltonian with position dependent mass: a survey" está em fase de análise editorial final em revista europeia de alto parâmetro de impacto. O segundo artigo, "Effective carriers in quantum heterostructures and cylindrical wires" está submetido para publicação aguardando parecer. Há ainda outros dois projetos associados em andamento avançado: "Three-dimensional nanostructures: An analytical approach to spherical quantum dots", e outro "Fisher information and Shannon entropy in nanowires". Nossas pesquisas se aprofundaram no estudo da equação de Schrodinger com potenciais característicos do entorno atômico e molecular, incorporando massas dependentes de sua localização. Esta peculiaridade exige rever as relações canônicas de quantização para uma formulação correta do operador de energia. Mantivemos reuniões semanais na modalidade presencial e ambiente remoto utilizando ativamente correio eletrônico e a ferramenta de encontro eletrônico Google Meet. Tratando-se de um estudo científico com foco na compreensão exaustiva do microcosmo, percebemos que essas atividades geram um alto impacto intelectual e tem ampla repercussão na formação acadêmica do aluno. Durante este longo período de pandemia, ficou muito claro que a sociedade se mantém interligada graças à tecnologia das telecomunicações. Telefonia celular e computacional se baseiam no uso de dispositivos que foram desenvolvidos após a profunda compreensão do mundo quântico (vide desenvolvimento e aplicações de semicondutores). Tem-se com isso que a linha de pesquisa desenvolvida no grupo PET consegue elevar o patamar dos conhecimentos adquiridos em Licenciaturas, e formar discentes contextualizados no âmbito científico atual. Em 2022, o discente participou das seguintes atividades, devidamente certificadas: XXXVI Encontro de Física do Norte e Nordeste, da Sociedade Brasileira de Física SBF, realizado de 23 a 25 de novembro de 2022. Na qual apresentou trabalho de pesquisa: "Bound-states of a double heterostructure with cylindrical symmetry and position-dependent mass" na sessão FUNDAMENTOS DA FÍSICA E FÍSICA MATEMÁTICA. Diversos artigos foram estudados em conjunto ao longo do ano; dentre outros segue lista abaixo: 1) AHMED, Zafar et al. Solvable models of an open well and a bottomless barrier: onedimensional exponential potentials. *European Journal of Physics*, v. 39, n. 2, p. 025404, 2018. 2) AHMED, Zafar et al. Solvable model of bound states in the continuum (BIC) in one dimension. *Physica Scripta*, v. 94, n. 10, p. 105214, 2019. 3) ALHAIDARI, A. D. Solutions of the nonrelativistic wave equation with position-dependent effective mass. *Physical Review A*, v. 66, n. 4, p. 042116, 2002. 4) ALHAIDARI, A. D. Nonrelativistic Green's function for systems with position-dependent mass. *International Journal of Theoretical Physics*, v. 42, n. 12, p. 2999-3009, 2003. 5) BAILEY, W.N. Generalized hypergeometric series. New ed. [S.l.]: Hafner Publishing CoLtd, 1973. 6) BARRANCO, M. et al. Structure and energetics of mixed  $^4\text{He}$ - $^3\text{He}$  drops. *Physical Review B*, v. 56, n. 14, p. 8997, 1997. 7) BASTARD, Gerald; FURDYNA, Jacek K.; MYCIELSKI, Jerzy. Landau levels and cyclotron resonance in graded mixed semiconductors. *Physical Review B*, v. 12, n. 10, p. 4356, 1975. 8) BASTARD, G. Superlattice band structure in the envelope-function approximation. *Physical Review B*, v. 24, n. 10, p. 5693, 1981. 9) BASTARD, G. Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures. EDP Science, 1992. 10) BENDANIEL, D. J.; DUKE, C. B. Space-charge effects on electron tunneling. *Physical review*, v. 152, n. 2, p. 683, 1966. 11) BURT, M. G. The justification for applying the effective-mass approximation to microstructures. *Journal of Physics: Condensed Matter*, v. 4, n. 32, p. 6651, 1992. 12) CHETOUANI, L.; DEKAR, L.; HAMMANN, Th F. Green's functions via path integrals for systems with position-dependent masses. *Physical Review A*, v. 52, n. 1, p. 82,

1995. 13) CHO, Hing-Tong; HO, Choon-Lin. Self-adjoint extensions of the Hamiltonian operator with symmetric potentials which are unbounded from below. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, v. 41, n. 25, p. 255308, 2008. 14) CHO, Hing-Tong; HO, Choon-Lin. A novel quasi-exactly solvable model with total transmission modes. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, v. 41, n. 17, p. 172002, 2008. 15) CHRISTIANSEN, H. R.; CUNHA, M. S. Solutions to position-dependent mass quantum mechanics for a new class of hyperbolic potentials. *Journal of Mathematical Physics*, v. 54, n. 12, p. 122108, 2013. 16) CHRISTIANSEN, H. R.; CUNHA, M. S. Energy eigenfunctions for position-dependent mass particles in a new class of molecular Hamiltonians. *Journal of Mathematical Physics*, v. 55, n. 9, p. 092102, 2014. 17) COHEN-TANNOUDJI, Claude; DIU, Bernard; LALOË, Franck. *Quantum Mechanics, Volume 1: Basic Concepts, Tools, and Applications*. John Wiley & Sons, 2019. 18) CSAVINSZKY, P.; ELABSY, A. M. A numerical investigation of model effective-mass Hamiltonians and the associated wavefunction-matching conditions for abrupt heterojunctions. *Semiconductor science and technology*, v. 3, n. 10, p. 1010, 1988. 19) DA COSTA, Bruno G.; GOMEZ, Ignacio S.; PORTESI, Mariela.  $\delta$ -Deformed quantum and classical mechanics for a system with position-dependent effective mass. *Journal of Mathematical Physics*, v. 61, n. 8, p. 082105, 2020. 20) ARIAS DE SAAVEDRA, F. et al. Effective mass of one  $^4\text{He}$  in liquid  $^3\text{He}$ . *Physical Review B*, 1994, vol. 50, núm. 6, p. 4248-4251, 1994. 21) DEKAR, Liès; CHETOUANI, Lyazid; HAMMANN, Théophile F. An exactly soluble Schrödinger equation with smooth position-dependent mass. *Journal of Mathematical Physics*, v. 39, n. 5, p. 2551-2563, 1998. 22) DEKAR, Lies; CHETOUANI, Lyazid; HAMMANN, Théophile F. Wave function for smooth potential and mass step. *Physical Review A*, v. 59, n. 1, p. 107, 1999. 23) DEMIĆ, Aleksandar et al. WKB method for potentials unbounded from below. *Modern Physics Letters B*, v. 30, n. 03, p. 1650003, 2016. 24) DONG, Shi-Hai; LOZADA-CASSOU, M. Exact solutions of the Schrödinger equation with the position-dependent mass for a hard-core potential. *Physics Letters A*, v. 337, n. 4-6, p.313-320, 2005. 25) DUTT, Avik et al. Splitting of degenerate states in one-dimensional quantum mechanics. *The European Physical Journal Plus*, v. 127, n. 3, p. 1-9, 2012. 26) GALBRAITH, Ian; DUGGAN, Geoffrey. Envelope-function matching conditions for GaAs/(Al, Ga) As heterojunctions. *Physical Review B*, v. 38, n. 14, p. 10057, 1988. 27) GARCÍA, Markel E. Bessel functions and equations of mathematical physics. Degree dissertation (Degree in Mathematics) - Universidad del País Vasco, Leioa. p.67. 2015. 28) GELLER, Michael R.; KOHN, Walter. Quantum mechanics of electrons in crystals with graded composition. *Physical review letters*, v. 70, n. 20, p. 3103, 1993. 29) GÖNÜL, BEĖĖ et al. Supersymmetric approach to exactly solvable systems with positiondependent effective masses. *Modern Physics Letters A*, v. 17, n. 31, p. 2057-2066, 2002. 30) GORA, Thaddeus; WILLIAMS, Ferd. Theory of electronic states and transport in graded mixed semiconductors. *Physical Review*, v. 177, n. 3, p. 1179, 1969. 31) GRADSHTEYN, Izrail Solomonovich; RYZHIK, Iosif Moiseevich. *Table of integrals, series, and products*. Academic press, 2014. 32) HANNAH, Julie Patricia. Identities for the gamma and hypergeometric functions: an overview from Euler to the present. Master of Science Thesis, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa. A. Hernández-Galeana, 2013. 33) HARRISON, Paul; VALAVANIS, Alex. *Quantum wells, wires and dots: theoretical and computational physics of semiconductor nanostructures*. John Wiley & Sons, 2016. 34) HO, C.-L.; ROY, P. Generalized Dirac oscillators with position-dependent mass. *EPL (Europhysics Letters)*, v. 124, n. 6, p. 60003, 2019. 35) HU, Meilin et al. Third-harmonic generation investigated by a short-range bottomless exponential potential well. *Superlattices and Microstructures*, v. 122, p. 538-547, 2018. 36) JIANG, Ling; YI, Liang-Zhong; JIA, Chun-Sheng. Exact solutions of the Schrödinger equation with position-dependent mass for some Hermitian and non-Hermitian potentials. *Physics Letters A*, v. 345, n. 4-6, p. 279-286, 2005. 37) KARTHIGA, S.; RUBY, V. Chithiika; SENTHILVELAN, M. An inclusive SUSY approach to position dependent mass systems. *Physics Letters A*, v. 382, n. 25, p. 1645-1650, 2018. 38) KULIKOV, D. A. Comparison theorems for the position-dependent mass Schrödinger equation. *International Scholarly Research Notices*, v. 2012, 2012. 39) LÉVAI, G. Solvable potentials associated with  $su(1, 1)$  algebras: a systematic study. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, v. 27, n. 11, p.

3809, 1994. 40) LEVY-LEBLOND, Jean-Marc. Position-dependent effective mass and Galilean invariance. *Physical Review A*, v. 52, n. 3, p. 1845, 1995. 41) LI, Tsung L.; KUHN, Kelin J. Band-offset ratio dependence on the effective-mass Hamiltonian based on a modified profile of the GaAs-Al x Ga 1-x As quantum well. *Physical Review B*, v. 47, n. 19, p. 12760, 1993. 42) LIMA, Jonas RF et al. Yet another position-dependent mass quantum model. *Journal of mathematical physics*, v. 53, n. 7, p. 072101, 2012. 43) LUTTINGER, Joaquin M.; KOHN, Walter. Motion of electrons and holes in perturbed periodic fields. *Physical Review*, v. 97, n. 4, p. 869, 1955. 44) MORROW, Richard A.; BROWNSTEIN, Kenneth R. Model effective-mass Hamiltonians for abrupt heterojunctions and the associated wave-function-matching conditions. *Physical Review B*, v. 30, n. 2, p. 678, 1984. 45) MUSTAFA, Omar; MAZHARIMOUSAVI, S. Habib. Non-Hermitian d-dimensional Hamiltonians with position-dependent mass and their  $\hat{\epsilon}$ -pseudo-Hermiticity generators. *Czechoslovak Journal of Physics*, v. 56, n. 9, p. 967-975, 2006. 46) MUSTAFA, Omar; MAZHARIMOUSAVI, S. Habib. Ordering ambiguity revisited via position dependent mass pseudo-momentum operators. *International Journal of Theoretical Physics*, v. 46, n. 7, p. 1786-1796, 2007. 47) NASCIMENTO, J. P. G.; GUEDES, I. Osciladores clássicos com massa dependente da posição. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, p. 01-06, 2014. 48) DLMF, NIST. Digital Library of Mathematical Functions. 2017. 49) PLASTINO, A. Rigo et al. Supersymmetric approach to quantum systems with positiondependent effective mass. *Physical Review A*, v. 60, n. 6, p. 4318, 1999. 50) PUENTE, A.; CASAS, M. Non-local energy density functional for atoms and metal clusters. *Computational Materials Science*, v. 2, n. 3-4, p. 441-449, 1994.

Carga Horária	Data Início da Atividade	Data Fim da Atividade
6	01/01/2022	31/12/2022

#### **Descrição/Justificativa:**

A presente é uma atividade de iniciação à pesquisa científica para alunos da licenciatura em física, com o intuito de promover a compreensão de problemas que envolvem conceitos avançados de mecânica quântica não-relativista e mecânica estatística. A mecânica quântica é um ramo estrutural da física contemporânea. Além de explicar a realidade física do universo microscópico, a mecânica quântica é uma matéria basilar para a compreensão da realidade tecnológica atual. Lasers (e.g. CD, DVD), circuitos integrados, nano transistores, computadores, celulares, televisores, dispositivos hospitalares sofisticados e até o comando dos meios de transporte, tudo que usamos a diário depende de uma tecnologia que só se tornou possível graças à compreensão profunda da natureza quântica que governa o comportamento dos elétrons no complexo domínio atômico e molecular. Considerando que a mecânica quântica é uma matéria normalmente visitada de maneira superficial nas licenciaturas mas requerida nas provas de ingresso às pós-graduações de física, entendemos que se justifica plenamente ser o foco de um projeto PET para alunos que querem se aprofundar no conhecimento científico.

#### **Objetivos:**

A realização desse projeto requer inicialmente o estudo da equação de Schrödinger, que determina as amplitudes de probabilidade espacial das partículas imersas em regiões de potencial de dimensão atômica ou molecular. A discussão do conceito de campo se faz relevante ao incorporar interações efetivas entre partículas, o que resulta da localização em problemas de interesse em ciência de materiais. Derivações termodinâmicas como cálculo entropia e funções de Shannon também são objetivos do projeto. Usando técnicas de abordagem analíticas, assim como combinações semi-analíticas e numéricas, se pretende encontrar valores próprios e autofunções em potenciais de origem molecular, e discutir suas aplicações. Dando continuidade ao projeto em curso, introduzimos a massa como uma função da posição dentro do setor de influência do potencial. Outrossim, esperamos aplicar os conceitos incorporados para sistemas com energias mais altas o qual seria relevante na física do núcleo. Outro aspecto interessante a abordar é a Informação de Fisher e a entropia de Shannon utilizando autofunções de onda de partículas com estatística mista.

**Como a atividade será realizada? (Metodologia):**

A metodologia consiste de amplo levantamento bibliográfico, principalmente digital, e, necessariamente de cálculo analítico, processamento computacional com programação algébrica, simulação numérica, caracterização gráfica de resultados. Por fim, análise crítica e interpretação de dados e redação de artigos.

**Quais os resultados que se espera da atividade?**

---

**Resultados / produtos esperados com a atividade: melhorias para o Curso, para a Educação, para a sociedade, meios para a socialização dos resultados, publicações, etc:**

A relevância da atividade é técnica e intelectualmente formativa, dado que a mecânica quântica tem se tornado uma ferramenta primária para a compreensão tanto do cosmos quanto da estrutura fundacional da tecnologia contemporânea. O uso de computação algébrica prepara o discente para atividades de alta complexidade em qualquer âmbito de cálculo a produção de imagens. No caso em curso, temos chegado a uma instância de produção de resultados originais que serão submetidos a periódicos especializados de relevância internacional. Como derivado se espera produzir artigos para apresentação em eventos e TCCs. Os resultados decorrentes da atividade proposta almejam uma contribuição relevante na formação dos alunos, por envolver distintas áreas do conhecimento da física, matemática avançada e computação algébrica. Aliado a isso, surge a expectativa de geração de artigos de divulgação decorrentes da pesquisa proposta. Sendo um estudo científico com foco na compreensão do microcosmo, espera-se um alto impacto intelectual que estimule o aprofundamento dos estudos em nossos alunos. Simultaneamente, sob a perspectiva de um planeta onde a humanidade está intimamente ligada à tecnologia baseada no uso de computadores (desenvolvidos graças à profunda compreensão do mundo quântico, em particular após a invenção dos semicondutores; vide Vale do Silício, Califórnia), nosso projeto visa elevar o patamar dos conhecimentos normalmente adquiridos nas licenciaturas, e aponta a uma formação discente mais contextualizada no âmbito científico atual.

**Qual será a metodologia de avaliação da atividade pelo grupo:**

O processo de avaliação será realizado mediante encontros semanais por via remota e/ou presencial envolvendo professor e discentes para promover debates e discussões sobre as ações de estudo e pesquisa desenvolvidos pelo grupo, além de seminários expositivos para promover a integração plena dos alunos.