



**Programa de Pós-Graduação em Ciências:  
Física de Materiais (FIMAT/UFOP)**

**Proposta de criação do curso de Doutorado**

**APCN/CAPES 2023**

**Coordenação**

**Prof. Dr. Hermano Endlich Schneider Velten**

**Este documento contou com a participação de todos os docentes do programa.**

**Comissão de Revisão Final do Documento:**

**Prof. Dr. Hermano Endlich Schneider Velten**

**Prof. Dr. Matheus Josué Souza Matos**

**Prof. Dr. Rodrigo Fernando Bianchi**

**Junho de 2023**

## SUMÁRIO

DADOS GERAIS DA PROPOSTA.....	03
CARACTERIZAÇÃO DA PROPOSTA.....	04
HISTÓRICO DO CURSO.....	15
COOPERAÇÃO E INTERCÂMBIO.....	26
CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROPOSTA.....	37
OBJETIVOS.....	45
INICIATIVAS E METAS.....	47
ANÁLISE DE AMBIENTE (Oportunidade e Ameaças).....	60
ÁREAS DE CONCENTRAÇÃO E LINHAS DE PESQUISA.....	67
CARACTERIZAÇÃO DO CURSO.....	83
DISCIPLINAS.....	87
CORPO DOCENTE.....	94
VÍNCULO DE DOCENTES A DISCIPLINAS.....	104
ATIVIDADES DOS DOCENTES.....	106
INFRAESTRUTURA E LABORATÓRIOS DE PESQUISA.....	108
CARACTERIZAÇÃO DO ACERVO DA BIBLIOTECA.....	113
FINANCIAMENTOS.....	114
INFORMAÇÕES ADICIONAIS.....	116
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.....	117

## **DADOS GERAIS DA PROPOSTA**

### **Dados da proposta:**

Programa: Ciências (32007019025P1)

Área básica: Materiais

Área de avaliação: Materiais

Tem graduação na área ou na área afim: SIM

Ano de início: 2012

Modalidade de ensino: Educação Presencial

### **Dados do curso:**

Nível do curso proposto: Doutorado

Histórico do curso na CAPES: Nova proposta de curso

### **Dados do Coordenador:**

CPF 098.591.517-09

Nome: Hermano Endlich Schneider Velten

e-mail: [hermano.velten@ufop.edu.br](mailto:hermano.velten@ufop.edu.br)

É forma associativa: Não

### **Dados da instituição de ensino Principal**

Logradouro: Rua Diogo de Vasconcelos, 122

Bairro: Pilar Cep 35400-000

Município: Ouro Preto UF: MG

Email: [PROREITOR.PROPP@UFOP.EDU.BR](mailto:PROREITOR.PROPP@UFOP.EDU.BR)

TELEFONE: (31) 35591100

Pró-reitor: RENATA GUERRA DE SÁ COTA

### **Polos EAD**

Não se aplica.

## CARACTERIZAÇÃO DA PROPOSTA

### Contextualização Institucional e Regional da Proposta

O PPG Ciências (código CAPES 32007019025P1), com ênfase em Física de Materiais (FIMAT), é sediado no Departamento de Física (DEFIS) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e conta atualmente com 20 professores. Destes, 16 são do corpo de docentes permanentes; cerca de 70,0% (11 em 16) dos permanentes são bolsistas de produtividade (PQs e DT) do CNPq, enquanto a média dos programas da área é de 45,7%; 15 são do DEFIS (UFOP); 3 são do Departamento de Química (UFOP); 1 é do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (UFOP) e apenas 1 docente, dos 20 participantes, *i.e.* 5%, é externo a UFOP, do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

No âmbito institucional, o PPG FIMAT é um dos 31 PPGs acadêmicos da UFOP, sendo que, desses, apenas 16, *i.e.* ~50%, possuem o curso de Doutorado. Assim, do ponto de vista estratégico, o PPG FIMAT se enquadra nas ações proposta para o Ensino de Pós-Graduação da UFOP no âmbito do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2016-2025 da UFOP que, por sua vez, dá “ênfase à criação de doutorado para os cursos de mestrado” da UFOP (*vide* página 102, item 10.3 do documento [https://www.ufop.br/sites/default/files/pdi\\_ufop\\_2016\\_2025.pdf](https://www.ufop.br/sites/default/files/pdi_ufop_2016_2025.pdf)).

Ainda de acordo com o PDI UFOP 2016-2025, *vide* item 2.1.1 na página 103, até 2017, era uma das metas da UFOP *eleva*r o conceito dos cursos de pós-graduação com nota 3 para a nota 4. Essa meta foi atingida pelo programa, mesmo com as dificuldades impostas pela pandemia de Covid, pois, na última avaliação quadrienal da CAPES, com resultado divulgado em 2022, o PPG FIMAT ascendeu ao conceito 4, cumprindo, portanto, essa meta intermediária da instituição.

O PPG FIMAT é avaliado na Área de Materiais (47) da CAPES e, desde sua implementação, em 2012, o programa já contribuiu para a formação teórica e/ou experimental de 75 egressos oriundos de diversas cidades e Instituições de Ensino, principalmente da Região dos Inconfidentes (Ouro Preto, Mariana e Itabirito), de cidades do entorno de Ouro Preto (Congonhas, Ouro Branco,

Conselheiro Lafaiete, São João del Rei, Santa Bárbara e Catas Altas), da Região Metropolitana de Belo Horizonte, do Sul e Norte de Minas Gerais, além de outros Estados da Federação (Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Pernambuco, Goiás, Pará) e de países da América Latina (Colômbia e Equador). Dados que demonstram, assim, não apenas a inserção local e regional do programa, mais especificamente em Ouro Preto e seu entorno (raio de 100 km), mas também o reconhecimento do PPG FIMAT para atrair estudantes além de Minas Gerais.

Atualmente, o PPG FIMAT oferece o Curso de Mestrado em duas áreas de concentração, a saber:

(i) Materiais e sistemas estruturados e nanoestruturados, e

(ii) Simulação computacional e modelagem matemática,

sendo, portanto, áreas voltadas, mas não restritas, ao desenvolvimento de trabalhos experimentais e teórico-computacionais, respectivamente. Como constatação, ao longo destes mais de 10 anos do PPG FIMAT, percebe-se que a maioria dos trabalhos e projetos desenvolvidos no programa possuem a colaboração de docentes e discentes com perfil teórico e experimental, ou seja, demonstrando certa sinergia entre ciência básica e aplicada, que é, por sua vez, um dos alicerces do programa. Essa sinergia tem incentivado ações de interação universidade-empresa, bem como ao desenvolvimento de produtos tecnológicos. Tais interações tem evoluído com o estímulo do programa ao registro de propriedade intelectual, além de iniciativas empreendedoras e da promoção de parcerias com o setor empresarial, sobretudo nas áreas de manufatura, nanociência e nanotecnologia. Em linhas gerais, essa interação tem acontecido no PPG FIMAT via geração de protótipos de dispositivos funcionais, depósito de patentes, geração de *startups*, apoio a empresa júnior (Spin Jr do DEFIS/UFOP), parcerias e inserção de egressos em indústrias, centros de pesquisa e instituições de ensino. Como resultado dessas ações destacam as reportagens/matérias dos trabalhos desenvolvidos por docentes do programa em áreas de fronteira de conhecimento, disponível, por exemplo, na publicação da IOP (*Institute of Physics*) publicada para a SBPMat (*Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais*), Ed. 2014/2015, intitulada “*A special report on Materials Science in Brazil*”

(<https://www.sbpmat.org.br/en/parceria-da-sbpmat-com-a-iop-publicacao-apresenta-ao-mundo-um-amplo-panorama-da-area-de-materiais-no-brasil/>), além de prêmios de inovação tecnológica recebidos por docentes do PPG FIMAT ao longo dos últimos anos, como o Prêmio Mulheres na Ciência da L'Oréal-UNESCO-ABS (2018) e o Prêmio Mineiro de Inovação do Governo de Minas Gerais – Categoria Produto (2015). Mais recentemente, ainda como destaque, um dos docentes do programa orientou um trabalho de tecnologia inovadora que conquistou os Prêmios *RedBull Basement Brasil* (2021) e *RedBull Basement Global* (2022), cujo resultado levou a discente envolvida ao destaque na Revista Forbes Under 30 (<https://www.redbull.com/br-pt/barbara-paiva-aqualux-melhor-storytelling-final-global-red-bull-basement-2021> e <https://ufop.br/noticias/pesquisa-e-inovacao/aluna-da-ufop-integra-lista-under-30-da-forbes>).

Docentes do PPG FIMAT também tem atuado junto aos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia do CNPq (INEO – Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica e NanoCarbono – INCT de Nanomateriais de Carbono), e ao setor de pesquisa e desenvolvimento empresarial, como, por exemplo, o projeto em parceria com a CEMIG (Concessionária de Energia de Minas Gerais) em Bioengenharia e Novos Materiais para Aplicações em Ecossistemas e Usinas Hidroelétricas, e a participação de docente na Unidade Embrapii em Mineração Sustentável na UFOP (<https://embrapii.org.br/unidades/unidadade-embrapii-em-mineracao-sustentavel-ufop-escola-de-minas/>). Tais resultados demonstram claramente o perfil de docentes do programa na área de inovação e empreendedorismo. Do ponto de vista institucional, destaca-se, assim, que a atuação do PPG FIMAT também se enquadra nas ações dos eixos *Ensino de Pós-Graduação* e *Pesquisa* da UFOP, vide PDI UFOP 2016-2025, itens 2.2 e 1.2, respectivamente, que propõem melhorias da articulação da pós-graduação e da integração da pesquisa com o setor produtivo para os seus programas de Mestrado e Doutorado da instituição.

O PPG FIMAT tem se situado, portanto, na interface universidade-empresa sem, contudo, se desprender da necessidade de desenvolvimento de um base científica teórica e experimental sólida de seus discentes. De fato, nos últimos anos vêm ocorrendo uma grande diversificação do parque industrial instalado no Brasil,

sobretudo por meio de demandas de novos materiais. Isso tem requerido profissionais cada vez mais capacitados e atualizados em áreas de fronteira de conhecimento. Por outro lado, ainda na área de Materiais, ainda são poucas as Instituições de Ensino Superior do país que tem se preocupado com desenvolver esse perfil aos seus discentes, ou seja, competências teórico e/ou experimental em Física da Matéria Condensada com viés prático e empreendedor de seus discentes, principalmente no escopo da Área 47: Materiais da Capes. Aqui vale um destaque: o uso da área Física da Matéria Condensada neste texto, segundo o próprio documento encomendado pela Capes “*Ciência para um Brasil competitivo: o papel da Física*, de 2007 (vide p. 5, parágrafo 03, linhas 1 até 4), documento balizador da APCN - Mestrado do PPG Fimat de 2011, pode ser reclassificada como a área de “Físicos de Materiais” devido, sobretudo, ao perfil dos físicos do PPG FIMAT que investigam as propriedades dos materiais inspirados pelas suas possíveis aplicações técnicas.

Consequentemente, a proposta do PPG FIMAT para abertura de Programa de Doutorado, no que tange a interação do meio acadêmico com o setor produtivo (ou empresarial), tem por objetivo: *a formação científica teórico-experimental sólida de Pesquisadores Doutores, inspirados pela busca do entendimento básico dos fenômenos que ocorrem na área de materiais, mas que também apresentem perfil prático e empreendedor, isto é, que seja inspirados pela investigação das propriedades dos materiais buscando possíveis aplicações técnicas.*

Ou seja, discentes que apresentem competências para o desenvolvimento de projetos e linhas de pesquisa em áreas de fronteira do conhecimento e que também apresentem perfil e sejam capazes de inovar, empreender, liderar, orientar, propor soluções criativas, desenvolver novos produtos e gerar empregos. Como resultado esperado, portanto, egressos que tenham empregabilidade em mercados acadêmicos e empresariais em evolução e cada vez mais competitivos e acirrados. Isso se reflete diretamente em um novo pilar do PPG FIMAT, construído a partir desta proposta, que é a criação de uma nova área com viés em aplicação de materiais. Essa nova área está em sintonia com as recomendações da criação de cursos de pós-graduação em Ciências dos Materiais, com formação de Físicos apresentando habilidades mais diversificadas, ou Físico de Materiais, tal como

discutidas e apresentadas no Documento Capes supracitado, “*Ciência para um país competitivo: o papel da Física*” (vide pág. 40 e 41, parágrafo 40 e Recomendações, respectivamente). Embora o documento Capes não seja necessariamente atual, pois é de 2007, esse tema continua em debate frequente na Sociedade Brasileira de Física. O Encontro de Física de Outono, por exemplo, que aconteceu em Ouro Preto, neste ano, trouxe inúmeras discussões sobre a importância dessa diversificação para a formação dos físicos. Detalhes sobre essa nova área são apresentados ao longo deste documento.

Arelado ao objetivo de interação universidade-empresa, como diferencial do egresso do programa, e de acordo com as diretrizes do PDI UFOP 2016-2025, principalmente ao se investigar as empresas em Ouro Preto e região, hoje ancorada em empresas com alta demanda de análise e desenvolvimento de materiais, bem como de desenvolvimento de sistemas computacionais e produtos tecnológicos, como indústrias de transformação (mineração, siderurgia e geologia) e empresas de desenvolvimento teórico-computacional (*softwares*), destacam-se ainda os perfis teórico, experimental e empreendedor dos docentes do PPG FIMAT. Ou seja, o PPG FIMAT já tem trabalhado no processo de fusão das competências teóricas e experimentais em Física da Matéria Condensada com as competências aplicadas, empreendedoras e tecnológicas da área de Materiais. Isso é constatado desde os primeiros anos do programa, com o apoio PPG FIMAT à empresa Júnior da Física / UFOP; como também por meio da participação de docentes e/ou alunos do PPG FIMAT em *startups* (<https://ufop.br/noticias/pesquisa-e-inovacao/empresa-da-incultec-e-selecionada-entre-100-startups-do-brasil>) e em projeto Embrapii.

A abertura do Programa de Doutorado irá, portanto, ampliar e consolidar esse processo de fusão envolvendo a pesquisa prática e fomentando a inovação. Essa fusão é, por sua vez, um dos principais diferenciais da proposta de doutoramento do PPG FIMAT.

Em linhas gerais, o PPG FIMAT tem por objetivo consolidar a formação em Ciência dos Materiais de alunos de graduação em Física, Matemática, Química, Engenharias e áreas afins, por meio de um modelo diferenciado de programa na área de Materiais em Minas Gerais. A proposta de Doutorado compreende, dessa



forma, a evolução natural desse propósito, agora consolidando os aspectos fundamentais da chamada Física da Matéria Condensada, a partir do entendimento básico dos fenômenos que ocorrem nesse estado da matéria, com os aspectos práticos, ou seja, de aplicação, inovação e empreendedorismo, da área de Física de Materiais.

Para atingir o desenvolvimento básico e aplicado com viés tecnológico, a proposta de criação do Doutorado baseia-se na oferta de disciplinas obrigatórias fundamentais de Física da Matéria Condensada, como as duas disciplinas de Mecânica Quântica (uma fundamental e outra avançada), em paralelo ao oferecimento de disciplinas práticas e aplicadas, como as disciplinas de Preparação, caracterização e aplicação de materiais; Ciências de Materiais; Inovação e Empreendedorismo; Estágio (com intercâmbio acadêmico e tecnológico) e, por fim, Seminários com a inclusão de tópicos de empreendedorismo.

Em particular, outro pilar da proposta é a obrigatoriedade do intercâmbio (estágio) dos discentes em instituições de ensino, centros de pesquisa ou indústrias em projetos de escopo acadêmico e/ou tecnológico. Isso deverá ampliar o leque de formação discentes no escopo do tripé, ou da sinergia, *ciência básica – ciência prática – inovação/ empreendedorismo*. Assim, a partir da conclusão das disciplinas do PPG FIMAT, os discentes poderão escolher entre carreiras com perfil teórico, experimental e prático/aplicado em um ambiente de vivência e apoio à pesquisa acadêmica e prática, como também à inovação e ao empreendedorismo.

Essa proposta de criação do programa de Doutorado do PPG FIMAT visa, portanto, incentivar e promover a realização de trabalhos de pesquisa de caráter científico-inovador em áreas estratégicas, sobretudo em materiais estruturados e nanoestruturados, com ênfase em áreas de fronteira do conhecimento, em linhas de pesquisa básica e aplicada voltadas principalmente a sistemas bidimensionais (2D), ligas metálicas, materiais e sensores híbridos orgânico-inorgânicos, cristais iônicos e moleculares, materiais cerâmicos funcionais e materiais semicondutores orgânicos e inorgânicos. Ao mesmo tempo, algumas linhas possuem interseção relevante com a questão da sustentabilidade e de fontes renováveis de energia, como o estudo de materiais com potenciais aplicações em células solares, catálise, dosímetros e sistemas biodegradáveis. Em linhas gerais, tais linhas estão atreladas diretamente,

por exemplo, ao desenvolvimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644.locale=en>. Também destaca-se que a sustentabilidade é também um valores (ou pilares) da UFOP, segundo o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) da UFOP 2016-2025 (vide pag. 15)

Como resultados comparativos e quantitativos, de sua criação até os dias atuais, o PPG FIMAT já contribui com a formação de Mestres oriundos de instituições nacionais e internacionais, com 2/3 na área de concentração “Materiais e sistemas estruturados e nanoestruturados” e 1/3 na de “Simulação computacional e modelagem matemática”. Essa relação 2:1 demonstra o perfil já consolidado do PPG FIMAT nas áreas experimental e aplicada, compatível com a proposta de doutoramento apresentada neste documento. Destaca-se, conforme documento de área 03: Astronomia/Física da Capes, que tal perfil é oposto ao observado nos PPGs em Física. Consequentemente, essa relação 2:1 corrobora com o enquadramento do PPG FIMAT na área 47: Materiais da Capes, mas que também se diferencia positivamente de diversos programas dessa área pelo seu “DNA” em Física. Por fim, em pesquisa recente, ainda sobre os egressos, destaca-se que 98% estão empregados ou dando sequência a formação acadêmica, sendo 72% desses em programas de Doutorado, e praticamente todos os Mestres formados pelo PPG FIMAT informaram que continuariam, ou cogitariam a possibilidade de continuar no programa caso esse tive Doutorado.

Consequentemente, a versatilidade de temas tratados dentro das áreas de pesquisa do programa faz com que os discentes do PPG FIMAT tenham um perfil diversificado. De fato, este cenário também é consequência do perfil de estudante que ingressa no PPG FIMAT. Desde a sua criação, o PPG FIMAT tem atraído não apenas discentes com formação em Física mas, também, em Matemática, Química e Engenharias. A UFOP possui cursos de graduação em todas estas áreas, justificando a importância do programa a nível local. Além dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física, é relevante citar que a UFOP possui outros 10 diferentes cursos de graduação em Engenharia. Em particular, ressalta-se que o

curso de Bacharelado em Física possui duas ênfases: Física Geral e Física de Materiais, demonstrando o perfil e a própria natureza do Departamento em Física dos Materiais. Dada a relevância desta última ênfase, Materiais, é comum, portanto, que a cada semestre letivo da graduação, disciplinas eletivas próprias da área de Materiais sejam ofertadas pelo Departamento de Física da UFOP (Ex: FIS520 Transformações de Fase, FIS522 Estrutura e Propriedades de Cerâmicas e FIS519 Física de Materiais 1 vide <https://fisica.ufop.br/bacharelado>) Com isso, além dos próprios graduandos no curso de Bacharelado com ênfase em Física de Materiais, a própria UFOP é capaz de formar, por ano, centenas de possíveis candidatos ao ingresso no PPG FIMAT oriundo de seus diversos cursos de graduação.

Além da importância dos egressos dos cursos de graduação da UFOP para o PPG FIMAT, a cidade de Ouro Preto também possui um campus do Instituto Federal de Minas Gerais que oferta, dentre vários cursos na área de Engenharia, o curso de licenciatura em Física. Como os ingressos oriundos da UFOP, por exemplo, os formandos neste curso têm se tornado discentes do PPG FIMAT e contratados em centros de pesquisa/ensino maiores após a defesa de suas dissertações. Também é importante citar que o PPG FIMAT tem recebido discentes de outras cidades no entorno de Ouro Preto, como Ouro Branco e Mariana, além de discentes da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Por fim, a contribuição das Instituições Federais de Ensino Superior no entorno de Ouro Preto para o PPG FIMAT é notável. Existem campi de Instituições Federais, por exemplo, nas cidades de Ponte Nova, Itabirito, Ouro Branco e Congonhas. Todos com cursos de graduação atrelados diretamente à proposta do PPG FIMAT e contribuindo, assim, com discentes ao programa.

É importante mencionar o histórico da estrutura departamental no qual o PPG FIMAT está ancorado. Atualmente, o DEFIS/UFOP conta com 34 docentes. Esse departamento foi, tradicionalmente, composto por docentes com formação variada, mas, sobretudo, docentes com formação em Engenharia. Este perfil tem mudado na última década. Relata-se que, por exemplo, os últimos concursos do DEFIS foram focados na contratação de docentes com doutorado em Física e áreas afins. Como resultado, o perfil majoritário dos candidatos foi claramente voltado para a área de Materiais. Dos 3 novos docentes contratados em 2019, por exemplo, 2 já fazem parte do PPG FIMAT. Já no último concurso, realizado em 2022, e com

nomeações e contratações ocorridas no primeiro semestre de 2023, os 2 candidatos contratados possuem atuação na área de Raios-X e Cristalografia, ou seja, em Materiais. Ambos docentes possuem produção científica expressiva e já compõem o quadro de docentes permanentes do PPG FIMAT. Inclusive, um dos docentes é enquadrado como Jovem Docente Pesquisador (JDP), o que vai, por sua vez, corroborar com a proposta do programa em aumentar a inserção de jovens pesquisadores na pós-graduação, de acordo com o Eixo Ensino de Pós-Graduação, Objetivo 2 - Fortalecer a qualidade dos programas de pós-graduação, Ação 2.2 - Ampliação do número de professores visitantes, inclusive de origem internacional, como também de pós-doutorandos e jovens-pesquisadores nos PPGs, do PDI UFOP 2016-2025. Mais do que isso, essas duas contratações foram importantes para reativar a linha de pesquisa na área de Cristalografia e Raios-X, mostrando o compromisso do Departamento de Física (DEFIS/UFOP) e seus docentes com o PPG FIMAT, pois o DEFIS/UFOP possui um laboratório equipado para realizar pesquisa na área cujo docente responsável aposentou recentemente.

Não obstante, dado a formação em Cristalografia e Raios-x dos docentes contratados em 2023, como também o perfil da própria UFOP, espera-se uma maior sinergia do PPG FIMAT com outros, por exemplo, dois PPGS de excelência da UFOP: em Geologia e Farmácia.

Assim, a realidade dentro do DEFIS/UFOP atual é que as demandas da pós-graduação serão norteadoras para estabelecer o(s) perfil(is) em Materiais das futuras contratações docentes do departamento. Esta medida é fundamental para estimular a participação dos docentes do DEFIS/UFOP no PPG FIMAT, criando, portanto, um ambiente favorável à renovação, expansão e consolidação do corpo docente do programa.

Ainda no contexto institucional, o PPG FIMAT tem incentivado a inserção de Pós-Doutorandos e Jovens Docentes Permanentes (JDPs) e Professores Visitantes, também de acordo com o item 2.2, pág. 104, do PDI UFOP 2016-2025. No último quadriênio, por exemplo, passaram pelo PPG FIMAT um número considerável de Pós-doutorandos. Este número vem crescendo ao longo dos anos. Em 2017 havia apenas 1 Pós-doutorando; em 2019, 3; em 2020, 4; em 2021, 5; e, em 2022, esse número já havia passado para 7 pós-doutorandos atrelados ao

programa. Recentemente um dos professores recém contratados pelo DEFIS/UFOP já se encontra como JDP do PPG FIMAT e, a partir do corrente ano, o programa também contará com a participação do seu primeiro Professor Visitante, o Prof. Dr. Marcos Assunção Pimenta, pesquisador 1A do CNPq e reconhecido por suas pesquisas em propriedades óticas de materiais (<https://www.fisica.ufmg.br/professores/marcos-assuncao-pimenta/>).

Ainda em relação às origens do DEFIS/UFOP, onde situa-se a grande maioria dos docentes do PPG FIMAT, o departamento foi formado com a concepção da área de Materiais, fazendo que sua composição docente ao longo dos anos, principalmente após o início do programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, REUNI, em 2007, se consolidasse com linhas de pesquisa nesta área. Logo, as contratações do DEFIS/UFOP nas últimas décadas foram prioritariamente voltadas à Física da Matéria Condensada ou, mais especificamente, de acordo com o documento Capes já mencionado nesse texto, “Ciência para um país competitivo - o papel da Física”, em Física de Materiais. Consequentemente, a área de Materiais é a que melhor representa o perfil docente que desde então vem se consolidando DEFIS/UFOP. De fato, as recentes e futuras contratações do DEFIS/UFOP foram e continuarão focadas em pesquisadores com formação científica na área de Física de Materiais. Isto será fundamental para o processo de ampliação e consolidação do PPG FIMAT.

Portanto, a reestruturação do perfil do próprio DEFIS/UFOP nos últimos anos, sobretudo após o início do REUNI. Um passo nesse horizonte é a viabilização do programa de doutorado no PPG FIMAT. Em outras palavras, pode-se dizer que o PPG FIMAT é um programa com características únicas em Física de Materiais e, portanto, no escopo na área de conhecimento/avaliação 47 (Materiais) da CAPES. A implementação do curso de doutorado permitirá, assim, além da expansão das linhas de pesquisa em Materiais na UFOP, e não única e exclusivamente no DEFIS, a consolidação de um programa de referência de pesquisa básica e aplicada em Materiais no país.

A temática do PPG FIMAT também é relevante para contextualizar a atuação do programa dentro do cenário local e regional de Ouro Preto. Os setores minero-metalúrgico e siderúrgico desempenham papel fundamental na economia de Ouro Preto e região. A cidade de Ouro Preto e seu entorno são reconhecidas

como um importante pólo minerador e siderúrgico, devido às suas ricas reservas de minério de ferro e à sua localização estratégica no estado de Minas Gerais, um dos principais produtores de minério de ferro do Brasil. Assim, nossa proposta de criação do doutorado é construída tendo como referência a “fuga da monotemática científica”, ou seja, a constatação que os problemas científicos atuais não são mais únicos e exclusivos de uma área de conhecimento. Ao mesmo tempo, há a preocupação do PPG FIMAT em entregar egressos com competências essenciais (via disciplinas obrigatórias) e específicas (via disciplinas optativas e trabalhos de pesquisa) para a atuação junto a sociedade e o mercado de trabalho. Ou seja, com habilidades mais diversificadas. Entendemos, portanto, que PPG FIMAT deve entregar ferramentas aos discentes que serão utilizadas “fora dos muros” da academia. Nossa avaliação é que há uma saturação do sistema acadêmico brasileiro no sentido que nem todos egressos dos cursos de doutorado serão contratados por Instituições Federais de Ensino Superior, onde grande parte da pesquisa no Brasil é realizada. Por isso a importância do desenvolvimento de competências específicas que possam garantir a empregabilidade dos egressos do programa em outros setores produtivos, por exemplo. Esta preocupação remete a uma das características mais notáveis desta proposta: a criação das disciplinas optativa *Inovação e Empreendedorismo e Escrita Científica*, e, mais especificamente, da criação da disciplina obrigatória *Intercâmbio Acadêmico / Tecnológico* para os discentes de Doutorado que, fugindo dos moldes tradicionais de um estágio sanduíche, propiciará uma experiência (estágio) dentro de uma empresa ou de centro de pesquisa referenciado. Reforça-se o entendimento que essa iniciativa na pós-graduação, da criação da disciplina *Estágio*, até onde é de nosso conhecimento, é pioneira no cenário da pós-graduação brasileira. Junta-se, portanto, a essa proposta de Estágio/intercâmbio, a criação das disciplinas optativas relacionada à inovação, empreendedorismo e escrita científica, corroborando, portanto, a proposta de formação diversificada do PPG FIMAT, e não excessivamente teórica, como é visto nos PPGs em Física, por exemplo. Mais detalhes destas iniciativas aparecerão ao longo do texto.

Por fim, a proposta de criação do curso de Doutorado também irá beneficiar os pesquisadores atuantes no PPG FIMAT criando, assim, condições de desenvolvimento de projetos a médio e longo prazos. Isso impactará diretamente a

qualidade de suas produções científicas e tecnológicas e, conseqüentemente, em suas carreiras. Especificamente, isso deverá possibilitar com que os docentes permanentes do PPG FIMAT possam concorrer com maiores possibilidades a bolsas de produtividade do CNPq nível 1, além de estimular os Jovens Docentes Permanentes a concorrerem e conquistarem suas primeiras bolsas CNPq PQ e DT nível 2.

## **HISTÓRICO DO CURSO**

O curso de Bacharelado em Física da UFOP foi criado em 1999 com uma única ênfase: Física dos Materiais. A ênfase em Física Básica só veio a ser oferecida 5 anos depois, em 2004. Isto demonstra que o DEFIS/UFOP possui em sua concepção um “DNA” próprio da Área de Materiais. A criação do Programa de Pós-Graduação em Ciências, internamente denominado como PPG FIMAT, em 2012, ocorreu como uma demanda natural pelo aumento da oferta de formação, em nível de pós-graduação, de profissionais na área de Materiais, como também como alternativa aos próprios estudantes da UFOP e de seu entorno. Dentro desse contexto, em 2010, o DEFIS/UFOP encaminhou à CAPES a proposta de curso de mestrado em Ciências com ênfase em Física de Materiais visando, sobretudo, a consolidação da formação básica e fundamental dos alunos da UFOP e regiões vizinhas nessa área de conhecimento. Tal proposta, aprovada no início de 2011, tinha e tem por objetivo ampliar as atividades de ensino de pós-graduação e de pesquisa fundamental, prática e aplicada em Materiais na UFOP.

Antes do início das atividades do PPG FIMAT em 2012, a ausência de programas de pós-graduação em Ciência de Materiais em Minas Gerais “conduzia” os alunos, sobretudo graduados em Física da UFOP e de outras instituições de ensino de Minas Gerais, a realizarem a continuidade de seus estudos em instituições de pesquisa na Capital, Belo Horizonte, ou em outros estados da federação. Inicialmente, o PPG FIMAT refletia, à época, o perfil do corpo docente do Departamento de Física da UFOP. Em seu primeiro ano de funcionamento, naquele momento, cerca de 80% dos docentes do programa estavam envolvidos

diretamente em projetos de pesquisa teórica ou experimental em Materiais. Entretanto, desde a sua criação, o programa tinha o objetivo de se tornar um PPG multidisciplinar em Física de Materiais, oferecendo, portanto, a formação sólida a discentes oriundos de cursos de graduação em Física, Química, Matemática e Engenharias. Atualmente, praticamente 12 anos após sua concepção, o programa amadureceu, se expandiu e vem se consolidando a nível local e regional sendo, assim, uma importante espaço de participação docente externos ao DEFIS/UFOP, principalmente da Escola de Minas e do Departamento de Química da instituição, e tem sido também importante para a fixação de Jovens Docentes Permanentes e professores recém-contratados na UFOP.

O FIMAT, desde sua primeira avaliação, recebeu nota 3 em suas primeiras avaliações quadrienais realizadas pela CAPES. Contudo, a partir de 2016 o programa deu início a reestruturação de seu quadro docente. Desde então, cerca de 70% do corpo docente permaneceu o mesmo, pois as mudanças do corpo docente foram apenas pontuais, ocorrendo, principalmente, por aposentadoria, redistribuições e novas contratações do DEFIS evidenciando, portanto, o amadurecimento do corpo docente do programa.

Como resultado, nos últimos 10 anos, ou seja, desde sua primeira defesa de Mestrado, em 2013, foram finalizadas 69 dissertações. Ou seja, média em torno de 7 dissertações/ano. No quadriênio 2017-2020, por exemplo, foram titulados 25 alunos, sendo 8 em 2017, 3 em 2018, 8 em 2019 e 6 em 2020. Ademais, no último quadriênio foram publicados 164 artigos científicos (35 em 2017, 40 em 2018, 45 em 2019 e 44 em 2020). Deste total de artigos do último quadriênio, a participação de discentes é relevante: 25 artigos foram publicados com a participação de 22 discentes distintos. É importante ressaltar também a qualidade dos trabalhos publicados. o PPG FIMAT tem 75% dos trabalhos nos estratos A1 (34,1%), A2 (26,8%) e A3 (14%) da CAPES (2017-2020). A produção de artigos completos publicados em periódicos pelos docentes do PPG FIMAT apresentou uma melhora expressiva no último quadriênio, tanto em quantidade como em qualidade, como pode ser visto nas Figura 1 e 2.



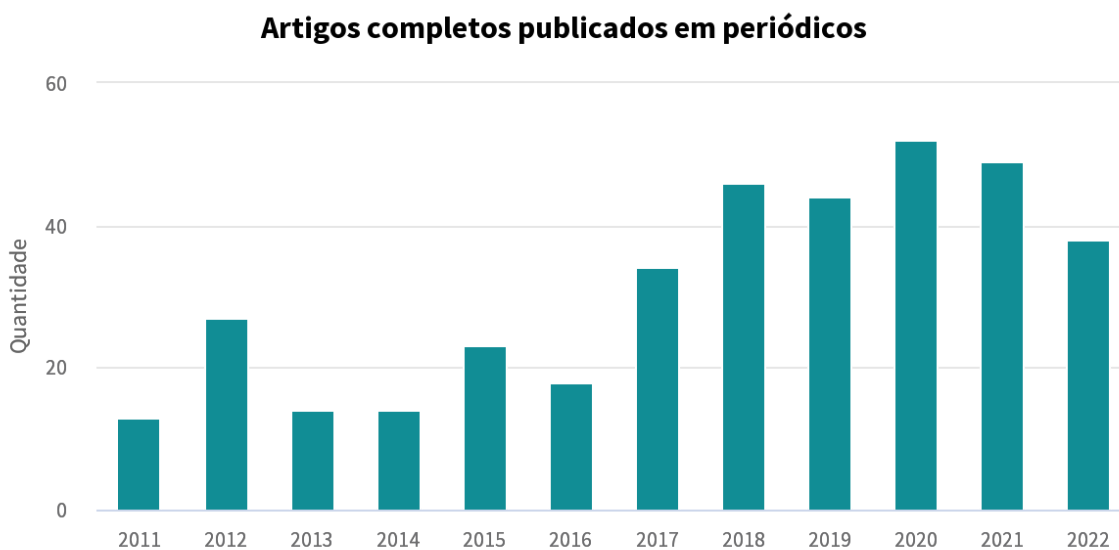


Figura 1 - Artigos completos publicados em periódicos por ano. O ano 2022 ainda está incompleto.

Essa melhoria nas publicações possui forte correlação com a entrada de novos professores devido, principalmente, a melhor qualidade dos trabalhos realizados e a boa formação dos discentes do programa. É possível notar que a produção de artigos em periódicos aumentou consideravelmente a partir de 2017 e mantendo um novo patamar, apesar de existirem pequenas oscilações. Por sinal, o diagnóstico mostra que tais oscilações são decorrentes da pandemia da Covid, entre 2020-2022, o que afetou consideravelmente alguns projetos experimentais. Porém, se tomada a média de produção de artigos completos em periódicos do quadriênio 2013-2016, e comparada ao quadriênio 2017-2020, vê-se o aumento de quase 160% das publicações. Tal aumento, de acordo com os resultados apresentados na Figura 2, não representa a perda de qualidade de nossos trabalhos. É possível, sim, notar a queda em número, mas não em qualidade, pois as publicações concentradas nos extratos (considerando o qualis 2013-2016) A1, A2 e B1, quando analisadas no quadriênio (2017-2020), representaram 75% das nossas publicações estão concentradas nesta faixa, se excluídos os artigos não identificados em qualis da contabilização. Alguns periódicos que não foram

identificados na área de materiais foram associados com o melhor Qualis nas áreas INTERDISCIPLINAR, ENGENHARIA, FÍSICA ou QUÍMICA.

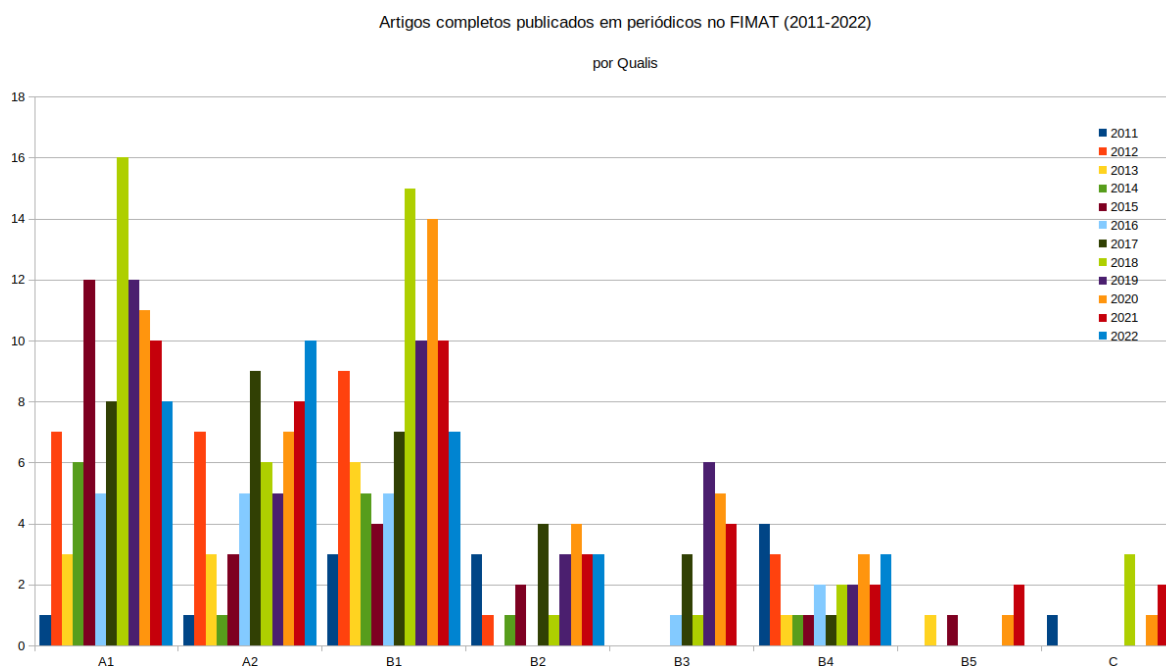


Figura 2 - Artigos completos publicados em periódicos no PPG FIMAT por Qualis e ano. O ano 2022 ainda está incompleto.

Os professores do PPG FIMAT têm participado e angariado projetos de pesquisa desde a concepção do programa. De 2011 até o presente ano, os docentes do PPG FIMAT participaram ou coordenaram mais de 100 projetos de pesquisa. Os primeiros grandes projetos de apoio à pesquisa, com participação protagonista dos docentes do PPG FIMAT, ocorreram no ano de 2011 e 2017. Em 2011 foi aprovado um Projeto no Edital Programa de Apoio a Grupos Emergentes (PRONEM) da FAPEMIG pelo Prof. Rodrigo F. Bianchi (DEFIS/UFOP), com a participação de vários docentes do PPG FIMAT, na faixa de R\$ 250 mil, e, em 2017 foi aprovado na FAPEMIG o projeto em rede: RED-00185-16 "Estudos E Aplicações de Materiais 2D", com coordenação do prof. Rodrigo Gribel (UFMG), onde os professores Alan Oliveira, Ana Paula Barboza, Ive Silvestre, Jaqueline Soares, Mário Mazzoni, Matheus J.S. Matos e Ronaldo Batista, fazem parte. Ao todo foram aprovados o valor de R\$ 1.374.143,25. Em projetos interinstitucionais os professores Ive Silvestre, Jaqueline Soares e Matheus Matos foram agregados ao INCT -

Nanomateriais de Carbono. E mais recentemente (2022), as professoras Ana Paula Barboza e Taíse Manhadosco se juntaram ao mesmo Instituto. Neste INCT outros professores também já fazem parte, como o professor Alan Barros e Ronaldo Batista. Em 2022 dentro da Chamada CNPq/CT-Mineral/CT-Energ No 27/2022 - PD&I para o desenvolvimento integral das cadeias produtivas de Minerais Estratégicos foi aprovado R\$675.000,00, num projeto em colaboração com a UFMG, onde participam os professores Alan B. De Oliveira, Ana Paula Barboza, Mário Mazzoni, Matheus J S Matos, Ronaldo Batista e Taise Manhadosco. O professor Ronaldo Batista também faz parte da “REDE DE NANOMAGNETISMO: INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES E DISPOSITIVOS” em rede da fapemig aprovada em colaboração com professores da UFV no valor de R\$ 1.364.749,91 sob coordenação do professor AFRANIO RODRIGUES PEREIRA (UFV). Além dessa rede os professores Alan Barros, Ronaldo Batista e as professoras JAqueline Soares e Taise Manhadosco também participam da “Rede De Pesquisa E Inovação Para Bioengenharia De Nanossistemas” coordenada pelo professor Ado Jorio (UFMG) projeto aprovado na FAPEMIG no valor de R\$1.329.088,61.

Outros professores do PPG FIMAT fazem parte do Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica, INEO/CNPq, professores Rodrigo Bianchi, Melissa Savedra e Thiago Cazati, sendo o primeiro, Rodrigo, gestor do projeto durante quase 10 anos. O INEO/CNPq tem financiado inúmeros projetos no PPG FIMAT, com fontes de custeio e capital para o desenvolvimento fundamental e aplicado da área de Eletrônica Orgânica no programa. O investimento do INEO/CNPq nos laboratórios coordenados pelos docentes do PPG FIMAT ultrapassa o montante de R\$ 1 milhão nos últimos 10 anos.

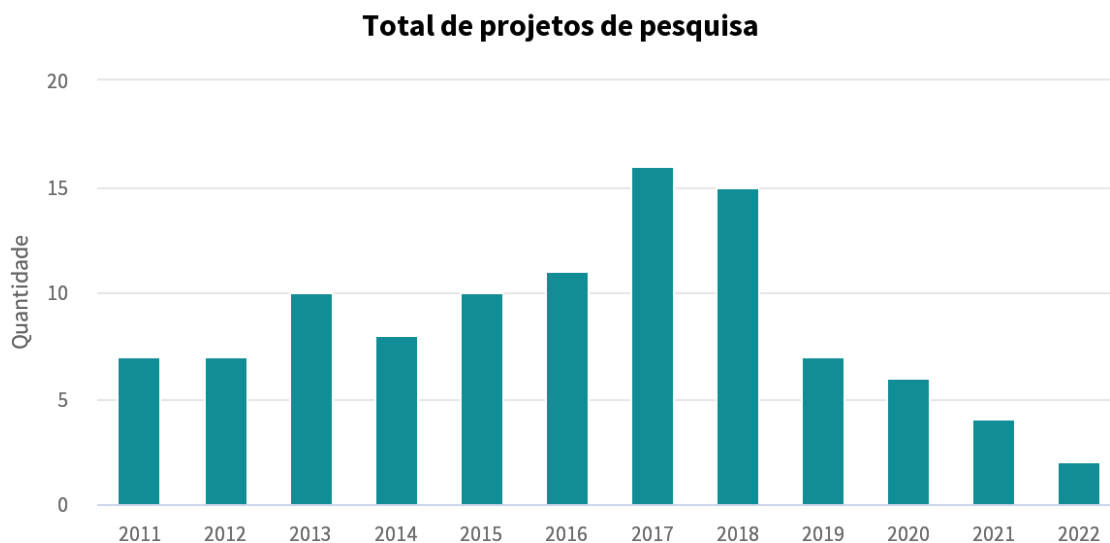


Figura 3 - Total de projetos de pesquisa no PPG FIMAT distribuídos por ano até 2022. O ano 2022 ainda está incompleto.

Os professores também têm captado projetos individualmente. Por exemplo, em 2017 o professor Matheus Matos aprovou um projeto na FAPEMIG APQ-02202-17 - Demanda Universal - Estudo de Primeiros Princípios de nanoestruturas: abordagem teórica e colaborações teórico- experimental, com um valor de R\$ 45.675,00, destinados também a compra e manutenção do Cluster Dínamo na UFOP para pesquisas em simulação computacional. O professor Adilson Cândido também aprovou projeto no edital Fapemig Universal de R\$ 27.573,79 em 2018. Também em 2018 a professora Ana Paula Barboza aprovou o projeto: APQ-00967-18 "Microscopia de Varredura por Sonda Aplicada à Modificação Controlada de Materiais 2D", no valor de R\$34.639,50. O professor Paulo Santos Assis possui projeto certificado pela empresa CEMIG Distribuidora (GT-0604) com bolsa de pesquisador docente - Inovação Tecnológica. O professor Ronaldo Batista aprovou projetos de pesquisa nas agências Fapemig e CNPq em "Estudo teórico-experimental das propriedades mecânicas de materiais 2D" e "Consolidação e Fortalecimento da Colaboração Teórico-Experimental na UFOP". Em 2019 vários docentes do programa PPG FIMAT conseguiram captar fomento para desenvolvimento de pesquisas e manutenção de laboratórios através do

Auxílio Financeiro ao Pesquisador da UFOP (Prof. Adilson C. Silva, R\$ 6.000; Prof. Alan Barros de Oliveira, R\$ 7.500; Prof. Hermano Velten, R\$7.500; Prof. Matheus J.S. Matos, R\$ 7.500; Prof. Ronaldo Batista; R\$ 7.500, Profa. Ana Paula Barboza, R\$ 6.000; Profa. Jaqueline S. Soares; R\$ 7.500; Prof. Rodrigo Souza Correa, R\$ 7.500; e Profa. Taise M. Manhadosco, R\$ 7.500) e de outras Agências.

Ainda em 2019, uma colaboração com o professor Sérgio Azevedo, Matheus Matos e Ronaldo Batista (entre outros), rendeu a aprovação de um projeto interinstitucional Pronex na Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba "Estudo por primeiros princípios das propriedades óticas e mecânicas de nanoestruturas BxNyCz". Em outra colaboração entre os professores Taíse Matte Manhadosco, Ana Paula M Barboza, Sara Matte Manhadosco - Coordenador, Jaqueline Dos Santos Soares, Luís F.P. Dick, Henara Lillian Costa Murraym foi aprovado junto a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul o projeto "Deposição e Caracterização de Revestimentos de Hidroxiapatita com Incorporação de Materiais Bidimensionais".

Ao fim de 2022, o Prof. Hermano Velten, na condição de coordenador de dois projetos, captou junto ao CNPq um total de R\$ 1.114.922,00 (hum milhão, cento e quatorze mil e novecentos e vinte e dois reais) nas chamadas CNPq nro. 36/2022 e 39/2022. Ainda, o mesmo docente coordena o projeto FAPEMIG Universal APQ-01650-22 no valor de R\$ 79.960,00.

Desde o início de suas atividades, o corpo docente do FIMAT tem promovido eventos e cursos com seminários de pesquisadores externos à UFOP, apresentação de pôsteres e apresentação oral dos discentes do programa. Devemos mencionar a semana de física de materiais (SEFIMAT). Já houve 8 edições em diferentes formatos, mas sempre incluindo seminários de pesquisadores tanto do programa como externos à UFOP, apresentações orais e por pôsteres dos alunos do programa e minicursos. Além do SEFIMAT e do WorkShop do FIMAT, destacamos a organização de um evento internacional em Ouro Preto, o X Brazilian Meeting Simulational Physics, que aconteceu em 15 de Julho de 2019.

Os professores do FIMAT têm solicitado bolsas de iniciação científica para os estudantes da UFOP na Física, Química e Engenharias. Desde 2017 os professores já orientaram 36 Trabalhos de Conclusão de Curso e 92 trabalhos de Iniciação Científica tendo atualmente 29 em andamento. Isso mostra como a integração do PPG FIMAT com a graduação da UFOP tem aumentado e tem trazido estudantes para o programa.

Em 2017, buscando uma maior integração com a graduação, foi a organização do evento anual da graduação em Física, a VIII Semana de Estudos da Física, em conjunto com um evento anual do PPG FIMAT, a VI Semana de Física de Materiais. O evento contou com a participação de alunos da graduação da UFOP e de outras instituições da região, assim como alunos do PPG FIMAT e houve mini-cursos lecionados por pesquisadores da USP, UFRJ, UFMG, palestras de pesquisadores do PPG FIMAT, da UFOP e da UFMG. A mistura entre minicursos e palestras, assim como uma mesa redonda e discussões, forneceu uma grande oportunidade de interação entre o PPG FIMAT e a graduação, tanto na UFOP como em instituições da região. Como prova do interesse no evento tem o fato que pelo menos dois alunos que ingressaram no programa em 2018 foram atraídos ao PPG FIMAT pelo evento.

Em 2018 tivemos a sétima edição da Semana de Física de Materiais, em que não tivemos a participação direta de estudantes da graduação na organização do evento, porém tivemos uma participação numerosa de estudantes de graduação da Física, da Química Industrial e de Engenharias da UFOP. Foram 114 inscritos, dentre eles 12 docentes e 34 alunos de pós-graduação. Foram 26 submissões de trabalhos, dentre apresentação de pôsteres e comunicações orais. Houve palestras, minicursos, mesa redonda e apresentação de trabalhos num espaço interativo e de troca de experiências.

Em 2019 foi organizado o I Workshop em Ciências dos Materiais. Estrategicamente, a data do workshop foi escolhida para coincidir com o Encontro de Saberes da UFOP, que é a maior mostra de pesquisa, ensino e extensão da UFOP. Com isso, ao longo de uma semana, os alunos de graduação da UFOP (são

dispensados das aulas para participarem do evento) e de outras instituições da região puderam conhecer, além da pesquisa feita por docentes/discípulos, o próprio PPG FIMAT. Ou seja, visitaram laboratórios e tiveram palestras também sobre a estrutura organizacional do programa, disciplinas, processos seletivos, etc. Em 2022 repetimos novamente VIII Semana de Física de Materiais junto com X Semana de Estudos da Física com atividades importantes na área de materiais e com apresentações orais dos estudantes.

Nossos professores têm também se dedicado a trazer para Ouro Preto eventos nacionais e internacionais. Em 2021 o professor Matheus Matos e Américo Tristão Bernardes participaram da organização do XXI Simpósio Brasileiro de Química Teórica (SBQT) que aconteceria presencialmente na UFOP no centro de convenções, mas aconteceu on-line por conta da pandemia (<https://eventos.galoa.com.br/sbqt-2021/page/727-home>). Os mesmos professores estavam no comitê local do maior evento de física da matéria condensada do Brasil, o Encontro de Outono 2023 da Sociedade Brasileira de Física, que aconteceu em maio de 2023 no centro de convenções da UFOP (<http://www1.fisica.org.br/~eosbf/2023/index.php/pt/>). O Evento contou com 40 palestrantes internacionais e com aproximadamente 900 inscritos. Eventos desse porte trazem ótima visibilidade para a UFOP e para o FIMAT.

É importante ressaltar também que os professores, estudantes e o programa tem se destacado na comunidade científica nos últimos anos. Prova disso são os prêmios que nossos estudantes e professores vêm recebendo. Por exemplo, a professora Jaqueline Soares ganhou o Prêmio L'ORÉAL - UNESCO - ABC "Para Mulheres na Ciência" em 2018, onde recebeu financiamento para manter e realizar sua pesquisa. Em 2017 o professor Rodrigo Bianchi ganhou o Certificado de Mérito - Finalista do II desafio de Startups IDEAS FOR MILK, EMBRAPA e 2º Colocação no Empreenda em ação - Momlight: dispositivo para fototerapia neonatal. Além disso, em 2021 em projeto junto com estudante o professor Rodrigo Bianchi ganhou a Competição internacional "Red Bull Basement Brasil 2021, Red Bull". A equipe do Laboratório coordenado pelo professor Rodrigo Bianchi, nos últimos 15

anos, já foi contemplada com mais de 30 prêmios de inovação tecnológica no país e nos Estados Unidos (vide [https://www.youtube.com/watch?v=VBw\\_yyNSMew&t=5s](https://www.youtube.com/watch?v=VBw_yyNSMew&t=5s)). Em 2019 o professor Adilson recebeu o Prêmio "Pesquisador em Catálise" 2019 da Sociedade Brasileira de Catálise. O professor Paulo Assis, por duas vezes (2022 e 2019) ganhou o prêmio "Prêmio Jean-Pierre Meyers de Redução e Aglomeração de Minérios", da Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. Trabalhos publicados foram capas de periódicos ou destaques de Editor o professor André Esteves teve o seu artigo na Editor's choice de Setembro de 2021 da Química Nova. O professor Adilson teve seu trabalho na capa da revista New Journal of Chemistry (New Journal of Chemistry, v. 44, n. 21, p. 8663-9120, 2020.). Em maio de 2022 um trabalho de um grupo de professores do FIMAT foi capa da Journal of Materials Science (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-022-07141-8>).

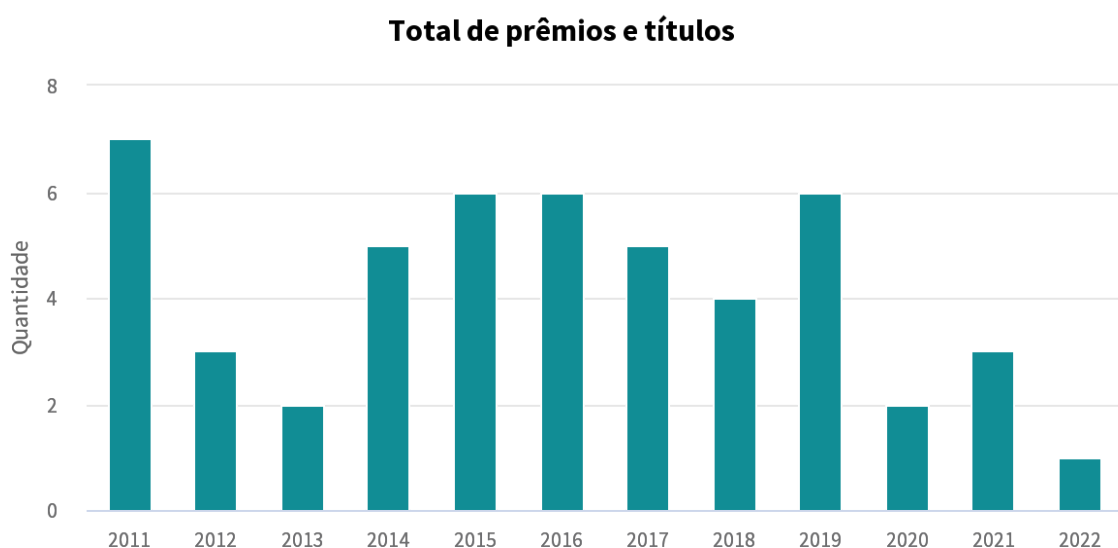


Figura 4 - Total de prêmios e títulos dos professores do PPG FIMAT por ano até 2022.

Como já citado, a visita *in loco* do coordenador de área que ocorreu em 2019 foi fundamental para a reestruturação do programa. Por sinal, foi a primeira vez que o programa foi visitado ao longo de sua existência. Assim, em 2020, o corpo docente



do PPG em Ciências foi levemente reestruturado. Passou a contar com 14 docentes, sendo 12 permanentes e 2 colaboradores. Destes, 5 professores permanentes e um colaborador puderam ser enquadrados na nova categoria de Jovem Docente Permanente. Naquele momento, dos 9 docentes com bolsa de produtividade CNPq, 8 professores se enquadram no nível 2 (7 PQs e 1 DT) e 1 professor permanente é bolsista nível 1-D. É importante ressaltar o caráter interdisciplinar dos docentes que, apesar de contar principalmente com físicos de formação, também conta com químicos e engenheiros. Entre eles, o Prof. Paulo Assis é bolsista de Produtividade Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2.

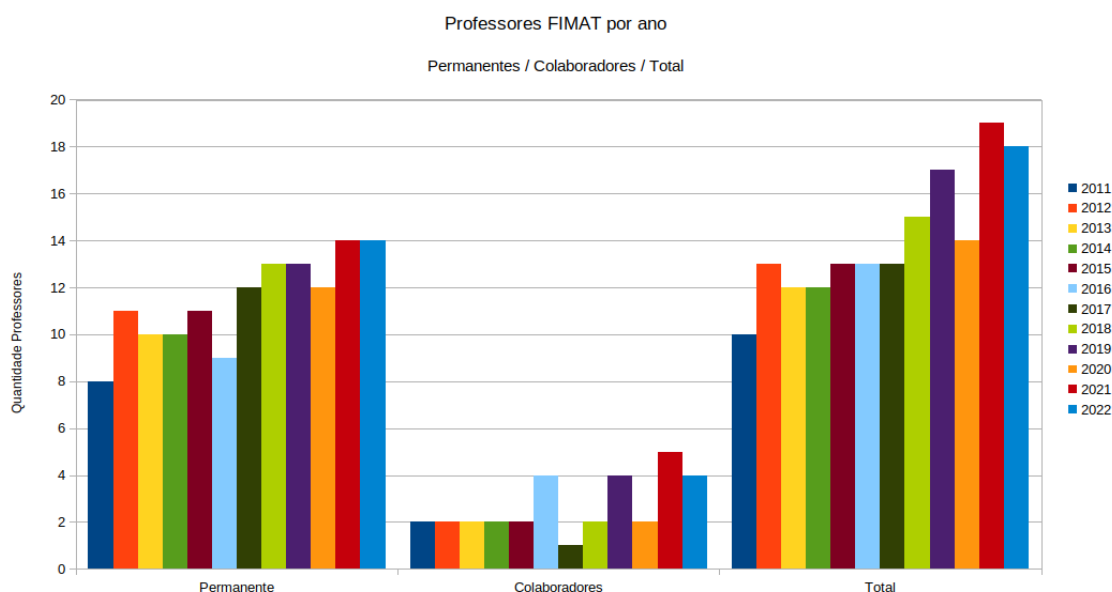


Figura 5 - Distribuição de professores no FIMAT por ano até 2022.

O PPG FIMAT possui apenas o curso de Mestrado. Mesmo assim, desde 2017 passou a contar com pesquisadores realizando estágio de pós-doutoramento. Em 2017 tivemos o primeiro pós-doc cadastrado no PPG FIMAT, Dr. Ranylson Saavedra. Em 2019 outros dois pós-doutorandos foram cadastrados ao PPG: Daniel Rosa e Erico Freitas. Em 2020 a Dra. Nathalia Braga passou a realizar

estágio de pós-doutoramento no PPG FIMAT e atualmente temos 5 pesquisadores em estágio de pós-doutoramento no PPG FIMAT.

Em 2021, o regimento interno do PPG FIMAT foi readequado, buscando conformidade com a nova resolução CEPE/UFOP 8039, de 18/11/2020, que regulamenta os programas de pós-graduação da UFOP. Tratou-se da primeira mudança de regimento que o PPG FIMAT teve desde o ano de sua criação. Dentre as mudanças de destaque é importante frisar a introdução de novos critérios de credenciamento, descredenciamento e recredenciamento do corpo docente. O regimento em vigor traz uma importante mudança nos critérios de avaliação de docentes, eliminando o fator Qualis como fator preponderante. Tem-se, assim, o entendimento de que o Qualis foi criado para avaliar programas de pós-graduação e não pesquisadores de maneira individualizada. Os novos critérios de avaliação observam, principalmente, o fator de impacto onde os periódicos são publicados, bem como outros indicadores que atestam o nível de atuação dos docentes em pesquisa.

Finalmente, com o resultado da última avaliação quadrienal da CAPES, tendo sido atribuída a nota 4 ao PPG FIMAT, tem-se início o processo de expansão e futura consolidação do programa a partir da proposta de criação do curso de Doutorado aqui apresentada.

## **COOPERAÇÃO E INTERCÂMBIO**

Um dos eixos temáticos do PDI UFOP 2016-2025 é exatamente o eixo de internacionalização, o qual propõe a interação da UFOP com outras instituições por meio do apoio e implementação de cooperação técnica, tecnológica, científica e cultural. Tais acordos visam estabelecer intercâmbios de estudantes de pós-graduação, docentes e técnicos, assim como a recepção de alunos estrangeiros e de professores beneficiários desses acordos. Nesse contexto, o PPG FIMAT já recebeu diversos estudantes de mestrado de diferentes localidades, do Brasil e do exterior. Cabe destacar que os projetos de pesquisa, citados anteriormente, estão vinculados a diferentes instituições, além da própria UFOP e, ainda, alguns

professores iniciaram parcerias com empresas. Muitos discentes do programa realizaram sua graduação no Instituto Federal de Ouro Preto e pela proximidade física entre as instituições, a cooperação técnica é facilitada. Além disso, os docentes permanentes mantêm atividades de cooperação científica com diversos grupos e áreas no Brasil e no exterior.

Dentre estas cooperações destacam-se os programas de pós-graduação em Física da UFMG, UFES, UFPB, UFU, da UFF/Niterói, UFRGS, USP, Unicamp, dentre outros. Na área de Matemática Computacional e Química no CEFET/MG. Há também colaborações com pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas, vinculados tanto ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (Sirius LNLS) quanto ao Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). Há ainda a participação de vários pesquisadores no INCT de Nanomateriais de Carbono e de Eletrônica Orgânica, com colaborações em várias instituições do país.

Além das colaborações nacionais, há ainda as colaborações internacionais com o grupo do professor Riccardo Comin no MIT; com o professor Marcos Guimarães na University of Groningen; com o pesquisador David Angel Ruiz Tijerina, do Instituto de Física da Universidad Nacional Autónoma do México; com o Prof. Warren Smith, da California State University em Sacramento, EUA, e com a Profa Daniela Ushizima, da Lawrence Berkeley National Laboratory, para citar algumas delas.

A coordenação do PPG FIMAT, em parceria com a Administração Central da UFOP, em especial a Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROPP/UFOP), tem incentivado o intercâmbio desse e de outros PPGs com diversas instituições de pesquisa, por meio de apoio institucional e financeiro. Por exemplo, a UFOP tem promovido um edital interno de Auxílio Financeiro ao Pesquisador (vide <https://propp.ufop.br/pt-br/auxilio-financeiro-ao-pesquisador>) para despesas com custeio, com valores entre R\$ 2 mil a R\$ 7,5 mil bianuais. Vários docentes do PPG FIMAT têm tido seus projetos aprovados neste edital. A UFOP também conta com outras formas de apoio, como transporte diário dos campi em Ouro Preto e Mariana até o campus da UFMG, onde vários colaboradores e até

professores do PPG FIMAT têm vínculo de colaboração. Neste campus se encontram o Centro de Microscopia, o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) e os departamentos de Física e Química, onde alunos do PPG FIMAT e docentes frequentemente realizam medidas experimentais utilizando técnicas ainda não disponíveis na UFOP. A UFOP também oferece transporte diário ao aeroporto de Confins, favorecendo o intercâmbio com outros estados, e transporte sob demanda para outras instituições vizinhas. Além disso, existe um serviço subsidiado de hospedagem para visitantes (<https://propp.ufop.br/pesquisa/casa-de-hospedes>), o que também contribui para o intercâmbio principalmente em tempos de poucos recursos.

Os projetos de pesquisa do corpo docente do PPG FIMAT, na sua grande maioria, contam com pesquisadores de outras instituições do Brasil que, necessariamente, requer intercâmbio de docentes e discentes. Dentre os projetos de pesquisa nos quais docentes do programa estão envolvidos, vale a pena mencionar aqueles em rede, já que nestes o intercâmbio entre instituições nacionais é parte inerente.

#### Participação e projetos em Redes:

INCT de Nanomateriais de Carbono. Esse Instituto é sediado no Departamento de Física da UFMG, e tem outras dezenove Instituições parceiras: em Minas Gerais, o CDTN, a UFJF, a UFU, a UFV, a UFSJ, a UFOP, a Magnesita e a Nacional de Grafite; no Rio de Janeiro, o INMETRO, a UFF e a UFRJ; em São Paulo, a USP e a USP-RP; no Rio Grande do Sul, a UNIFRA e a FURG; a UFPR no Paraná; a UEFS na Bahia; a UFMA no Maranhão, e a UFPA no Pará. A equipe consiste de 54 doutores fazendo parte destes os professores do FIMAT Matheus Josué de Souza Matos, Alan Barros de Oliveira, Ronaldo Júnio Campos Batista, Jaqueline dos Santos Soares, Taise Matte Manhobosco, Ana Paula Moreira Barboza e Ive Silvestre de Almeida.

INCT de Eletrônica Orgânica (vide <https://www.even3.com.br/workshopineo2022/>), coordenado pelo Prof. Dr. Roberto Mendonça Faria. Sediado no Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, o INEO, como é chamado esse

INCT, conta atualmente com mais de 300 participantes, de todas as regiões do país, incluindo docentes do PPG FIMAT na Região Sudeste. O objetivo principal do INEO é integrar, expandir e fortalecer a área de eletrônica orgânica no país. Fazem parte desse projeto os professores Rodrigo F. Bianchi (que foi gestor do INEO de 2010 a 2020), Melissa Savedra, Bruna Postachinni e Tiago Cazati. Atualmente, o Laboratório de Polímeros e de Propriedades Eletrônicas de Materiais tem se destacado no INEO por desenvolver projetos voltados a aplicações tecnológicas de polímeros e tendo, nesses últimos anos, sediado duas startups e mais de 30 prêmios de inovação tecnológica nessa área (vide [https://www.youtube.com/watch?v=VBw\\_\\_yNSMew&t=310s](https://www.youtube.com/watch?v=VBw__yNSMew&t=310s)).

RED-00282-16/FAPEMIG - Rede de Pesquisa e Inovação para Engenharia de Nanossistemas. Este instituto é sediado na UFMG, coordenado pelo Prof. Ado Jório de Vasconcelos e tem como instituições parceiras: UFOP, UFU, UFLA, UFJF e Embrapa gado e leite. Dentre os participantes estão os docentes: Ana Paula Moreira Barboza, Jaqueline dos Santos Soares, Ronaldo Junio Campos Batista e Alan Barros de Oliveira.

RED-00185-16/FAPEMIG - Rede de Pesquisa em Materiais 2D. Sediada na UFMG, é coordenada pelo prof. Rodrigo Gribel é composta de 37 professores (mais de 60% bolsistas de produtividade) provenientes de 6 ICTs diferentes. Com a criação da rede, os recursos obtidos serão investidos em temas de pesquisa comuns das ICTs e de grande relevância tecnológica. Dentre os participantes estão os docentes: Matheus Josué de Souza Matos, Alan Barros de Oliveira, Ronaldo Júnio Campos Batista, Jaqueline dos Santos Soares, Taise Matte Manhabosco, Ana Paula Moreira Barboza e Ive Silvestre de Almeida.

Rede de Nanomagnetismo- Investigação e desenvolvimento de interfaces e dispositivos. Este instituto é sediado na UFV e tem como instituições parceiras: UFOP, UFMG, UFLA e UFJF. Dentre os participantes está o Prof. Ronaldo Junio Campos Batista.

Também podemos citar como intercâmbio nacional a participação de docentes em outros programas de pós-graduação em outras instituições do país. O professor Ronaldo Junio Campos Batista é membro da pós-graduação em Física na UFV, tendo concluído em 2018 a orientação do doutorado do estudante egresso do PPG FIMAT Rafael Freitas Dias. O professor Rodrigo F. Bianchi foi membro do mesmo programa da UFV, tendo orientado uma egressa do PPG FIMAT, a estudante Cleidinei Cavalcante, e a estudante Mirela de Castro Santos. O Ronaldo J. C. Batista co-orientou uma dissertação de mestrado na UFPE (de Elizane Efigênia de Moraes) e co-orientou uma tese de doutorado na UFPB (de Juliana Aparecida Gonçalves, egressa do FIMAT). O professor Hermano Velten é membro do corpo permanente do PPG-Cosmo da UFES.

Ademais, professores do programa e seus orientandos, têm encaminhado projetos de pesquisa para a utilização da estrutura do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS. A Profa. Ana Paula Moreira Barboza, e seus alunos, têm utilizado a estrutura do LNLS para medidas experimentais utilizando técnicas de Microscopia Óptica de Campo Próximo na faixa do infravermelho (SNOM-IR).

A coordenação do PPG FIMAT vê a internacionalização como um dos principais meios de melhorar a qualidade das produção científica e da pós-graduação de forma geral. Sendo assim, incentiva seu corpo docente/discente a: publicar artigos em periódicos internacionais com a participação de co-autores estrangeiros, a realizar visitas técnicas, dar seminários e participar em conferências no exterior. Somado a isso, existe um esforço do FIMAT juntamente com a Coordenadoria de Assuntos Internacionais (CAINT) para receber alunos estrangeiros. Abaixo está uma lista de atividades que envolvem atividades de intercâmbio internacional que ocorreram ou estão ocorrendo no quadriênio atual.

O PPG FIMAT participa do Programa de Alianças para a Educação e a Capacitação (Bolsas Brasil - PAEC OEA-GCUB), através do qual tem recebido estudantes de países da Organização dos Estados Americanos (OEA). O primeiro aluno estrangeiro que matriculado no FIMAT por meio do PAEC, Manuel Alejandro

Obando Papamija, que é natural da Colômbia, e defendeu sua dissertação em março de 2020. Outros dois alunos estudantes, um do Equador (Luiz Antonio Qualichico) e outro da Colômbia (Cristian Ferney Alvarez) também ingressaram no PPG FIMAT por meio do mesmo programa. Quase todos os professores do PPG FIMAT fizeram estágio de pós-doutoramento no exterior e têm mantido colaborações científicas com instituições do exterior apesar das dificuldades orçamentárias enfrentadas durante o quadriênio e, mais recentemente, devido à pandemia de coronavírus. Como resultado, diversos trabalhos publicados por docentes do PPG FIMAT envolvem pesquisadores de outros países, como por exemplo:

- David Prendergast, Lawrence Berkeley National Laboratory-EUA.
- Luiz Gustavo Pimenta Martins, Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology, EUA.
- Profa Jing Kong, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, EUA.
- Prof. Riccardo Comin, Physics Department, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, EUA
- Prof. Marcos H. Diniz Guimarães, Zernike Institute for Advanced Materials (Faculty of Science and Engineering) of the University of Groningen
- Profa. Meike Stöhr, Zernike Institute for Advanced Materials (Faculty of Science and Engineering) of the University of Groningen
- Prof. Gary W. Gibbons, Cambridge University, Grã Bretanha.
- Prof. Jeffrey Urban, Lawrence Berkeley National Laboratory-EUA.
- Prof. Shaul Aloni, Lawrence Berkeley National Laboratory-EUA.
- Prof. Vincent Vignal, Université de Bourgogne, França.

- Prof. Peter Horvaty, Universidade de Tours, França.
- Prof. Christian Duval, Universidade de Aix-en-Marseille, França.
- Prof. Andrea Perali e prof. Roberto Giambò, Universidade de Camerino, Itália.
- Prof. Pengming Zhang, Institute of Modern Physics, Lanzhou, China.
- Prof. Dmitri Sorokin, Universidade de Padova, Itália.
- Prof. Anton Galajinsky, Universidade de Tomsk, Rússia.
- Prof. David Kubiznak, Perimeter Institute, Waterloo, Canada.
- Prof. Pavel Krtous, Charles Univeristy de Praga, República Tcheca.
- Prof. Francisco Correa - Universidad Austral de Chile.
- Prof. Federico Piazza - CPT/Marselha, França.
- Prof. Luca Amendola - Universidade de Heidelberg, Alemanha.
- Prof. Warrem Smith - California State University, Estados Unidos.
- Prof. Daniela Ushizima - Lawrence Berkeley National Laboratory, Estados Unidos.

Como resultado das colaborações acima, citamos algumas publicações recentes.

- Colaboração dos Profs Mário S. C. Mazzoni e Matheus J. S. Matos com os professores Riccardo Commin e Jing Kong do Massachusetts Institute of Technology-USA e David Ruiz-Tijerina da Universidade Nacional Autônoma do México, da qual resultou a publicação "Pressure-tuning of minibands in MoS<sub>2</sub>/WSe<sub>2</sub> heterostructures revealed by moiré phonons" publicada na revista Nature Nanotechnology em 2023 (<https://www.nature.com/articles/s41565-023-01413-3>).

- Colaboração da Profa Taise Manhabosco com Jeff Urba do Lawrence Berkeley National Laboratory-USA, da qual resultou a publicação "Electrochemical atomic



layer epitaxy deposition of SnTe ultrathin films (Recent Progress in Materials [Internet]. 2019;1(4)).

-Colaboração do Prof. Ronaldo Batista com Davide Prendergast do Lawrence Berkeley National Laboratory-USA, da qual resultou a publicação "Graphene/h-BN In-Plane Heterostructures: Stability and Electronic and Transport Properties (J. Phys. Chem. C 2019, 123, 30, 18600-18608)".

-Colaboração dos Profs Alan de Oliveira, Mário Mazzoni e Matheus Matos com Jing Kong do Massachusetts Institute of Technology-USA, da qual resultou a publicação "Raman evidence for pressure-induced formation of diamondene Nature Communications 8, 96 (2017)" e recentemente " Hard, transparent, sp<sup>3</sup>-containing 2D phase formed from few-layer graphene under compression. Carbon [Internet]. 2021;173:744 - 757." da qual também participa o professor Ronaldo J. C. Batista.

-Colaboração dos Profs Alan de Oliveira e Ronaldo Junio Campos Batista com Charusita Chakravarty do Indian Institute of Technology-INDIA, da qual resultou a publicação " A coarse-grained model based on core-softened potentials for anomalous polymers (Journal of Chemical Sciences 129, 999 (2017))".

- Membros de corpo editorial e revisores: todos os professores do PPG FIMAT atuam como revisores em periódicos e, alguns, são membros de corpo editorial.

O Professor Hermano Endlich Schneider Velten é membro do corpo editorial do periódico Universe (2218-1997, FI 2.813) e membro do comitê de assessoramento da agência National Science Center/Polônia.

O Rodrigo S. Corrêa é membro do corpo editorial do Periódico: Journal of Transition Metal Complexes.

O professor Alan Barros de Oliveira é revisor dos jornais: International Journal of Liquid State Sciences, The Journal of Chemical Physics, Physica. A (Print), The Journal of Physical Chemistry, Journal of Alloys and Compounds e Papers in Physics;

A professora Ana Paula Moreira Barboza é revisora dos jornais: Physica B - Condensed Matter e Revista Matéria;

A professora Jaqueline dos Santos Soares revisou artigos nos jornais: Journal of Biophotonics, Analyst (London. 1877. Print), Food & Function, Ceramics International, Analytical and Bioanalytical Chemistry (Online), Journal of Translational Medicine;

O professor Hermano E. S. Velten é revisor dos periódicos: European Physical Journal C; Physical Review. D. Particles, Fields, Gravitation, And Cosmology; International Journal Of Modern Physics B; Physical Review Letters; International Journal Of Modern Physics D; Entropy; Journal Of Cosmology And Astroparticle Physics; Monthly Notices Of The Royal Astronomical Society. Physics Of The Dark Universe

O professor Mário Sérgio é revisor nos jornais Applied Physics Letters, Journal of Applied Physics, Carbon (New York), Surface Science, Journal of the American Chemical Society, Journal of Physical Chemistry. C. Além disso, é revisor de projetos de fomento de pesquisa nas agências CNPq e é Membro do Comitê de assessoramento da FAPEMIG;

O professor Matheus J. S. Matos é revisor dos jornais: Journal of Physics. Condensed Matter (Print), PCCP. Physical Chemistry Chemical Physics (Print), Brazilian Journal of Physics e CARBON; Além disso, é Revisor de projeto de fomento no CNPq, tendo trabalhado como consultor Ad Hoc no processo de julgamento das propostas submetidas na Chamada CNPQ/Finep/MCTIC//BRICS-STI N° 03/2019. 2019.

O professor Rodrigo Souza Correa é revisor de projetos de fomento no CNPq e revisor de mais de 20 periódicos: Structural Chemistry, Journal of Molecular Structure, Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Arabian Journal of Chemistry, Research on Chemical Intermediates, Materials Science and Engineering B-Advanced Functional Solid-State Materia, Medicinal

Chemistry Research, Advances in Microbiology, Organometallics, Journal of Pharmaceutics and Drug Development (JPDD), Journal of the Chilean Chemical Society, Medicinal Chemistry Research, Journal of the Brazilian Chemical Society, Inorganica Chemita Acta, New Journal of Chemistry, Journal of Chemical Research, European Journal of Medical Chemistry, Inorganic Chemistry Communications, JBIC. Journal of Biological and Inorganic Chemistry (Internet).

O professor Rodrigo Bianchi tem atuado como revisor de periódico em Materials Science and Engineering. B, Solid State Materials, Solid State Communications, Materials Research Bulletin, Journal of Applied Physics, Synthetic Metals, Recent Patents on Corrosion Science, Materials Chemistry and Physics, Sensors and Actuators B: Chemical. O Prof. Bianchi também foi consultor da FINEP, na análise de Projetos de Subvenção, e membro da Câmara Técnica de Ciências Exatas e Materiais da Fapemig.

O professor Ronaldo Batista já atuou como revisor de periódico em Physical Review. B, Condensed Matter and Materials Physics, Physical Review Letters, The European Physical Journal. B, Condensed Matter Physics, Chemical Engineering Journal (1996), International Journal of Modern Physics C, The Journal of Physical Chemistry, Journal of Molecular Liquids (Print), Physica E, Low-Dimensional Systems and Nanostructures (Print), Carbon, Physica B - Condensed Matter, Brazilian Journal of Physics (0103-733), Journal of Alloys and Compounds.

A professora Taise Matte Manhobosco já atuou como revisor de periódico em ACS Applied Materials & Interfaces, Surface & Coatings Technology, Ionics (Kiel), The Journal of Physical Chemistry. A, Corrosion Science, Tribology Letter, Materials Science in Semiconductor Processing.

Destaca-se também a interação local dos docentes do PPG FIMAT com estudantes da UFOP. A UFOP oferta o curso de graduação em Física com ênfase em Materiais desde os anos 1990. Com o início das atividades do PPG FIMAT, esses estudantes passaram a ter a oportunidade de continuar seus estudos na área de Materiais a nível de pós-graduação e representam, hoje, a maior parte dos

alunos com formação em Física. Como existe uma grande superposição do corpo docente do PPG FIMAT e da graduação em Física com ênfase em Materiais, o planejamento, organização e resolução de problemas de ambos os cursos está correlacionado. Hoje, a interação entre o PPG FIMAT e o bacharelado em Física com ênfase em Materiais proporciona um caminho natural para os alunos de graduação que tenham como propósito de prosseguir estudos em nível de mestrado e, futuramente, doutorado.

Ainda no âmbito dos discentes, destaca-se que o Prof. Rodrigo F. Bianchi foi um dos propositores do programa University Chapter, da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais (SBPMaT), em 2014 (<https://www.sbpma.org.br/pt/university-chapters/>). Esse programa tem como objetivo “promover o crescimento profissional, a capacidade de liderança, o espírito colaborativo e a visão multi-institucional e multi-interdisciplinar em estudantes na área de Ciência e Engenharia de Materiais e áreas relacionadas”. Na UFOP, em 2014, foi criado o UChOP, com a tutoria do Prof. Bianchi. O UChOP manteve-se ativo até meados de 2018. Atualmente, o Prof. Bianchi, que foi Diretor Científico da SBPMAT por duas gestões (2014-2018), foi convidado recentemente por essa instituição a retornar seus trabalhos junto à University Chapters. Vem, portanto, resgatando o UChOP a partir de discussões com os discentes atuais do PPG FIMAT.

Os professores do PPG FIMAT regularmente atuam na graduação. Além de ministrar aulas, trabalhos de conclusão de curso (TCC), monitorias e estágio, no âmbito de projetos de iniciação científica, e visando o fortalecimento da integração com a graduação, praticamente todos os professores do programa aprovaram projetos de IC dentro da UFOP e conduzem atividades de pesquisa com alunos em nível de graduação. Muitos dos projetos de IC realizados são, na verdade, sub-projetos dos projetos desenvolvidos dentro das linhas de pesquisa do PPG FIMAT. Conseqüentemente, os alunos de mestrado são orientados a trabalhar em conjunto com os alunos da graduação nas pesquisas realizadas nos núcleos e grupos de pesquisa, de modo a trocarem material de pesquisa e experiências. Isso

envolve os alunos de Iniciação Científica e do Programa de Educação Tutorial (PET) de Física, bem como os alunos que estão desenvolvendo seus projetos de final de curso na graduação (ex: monografias).

Por fim, é importante mencionar que tanto o DEFIS/UFOP, quanto o PPG FIMAT participam de programa de incentivo à mobilidade internacional de estudantes. O PPG FIMAT já recebeu discentes no âmbito do Grupo de Cooperação Internacional de Universidades Brasileiras (GCUB), inclusive tendo a reserva de bolsas de mestrado para estudantes provenientes desta iniciativa. Ao mesmo tempo, o DEFIS tem recebido regularmente alunos de graduação em Física estrangeiros provenientes da *International Association for the Exchange of Students for Technical Experience* (IAESTE), que é uma entidade não governamental, apolítica, e sem fins lucrativos, gerenciado no Brasil pela ABIPE. A IAESTE é membro consultivo da UNESCO e foi fundada pelo Imperial College em Londres e atende em mais de 100 países.

## CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROPOSTA

A seguir são apresentadas as características e diretrizes que levam e justificam a contextualização da Proposta de criação de curso de doutorado em Ciências: Física de Materiais pelo PPG FIMAT.

**Missão:** Formar pessoas com sólido conhecimento científico e tecnológico, capacidade crítica e inovadora para a resolução de problemas, comprometidas com o progresso da ciência e construção de uma sociedade desenvolvida sócio-economicamente. A missão do PPG FIMAT está, portanto, em consonância com o Plano de Desenvolvimento Institucional da UFOP, PDI 2016-2025 ([https://www.ufop.br/sites/default/files/pdi\\_ufop\\_2016\\_2025.pdf](https://www.ufop.br/sites/default/files/pdi_ufop_2016_2025.pdf)), cuja missão institucional é definida da seguinte por: “Produzir e disseminar o conhecimento

científico, tecnológico, social, cultural, patrimonial e ambiental, contribuindo para a formação do sujeito como profissional ético, crítico-reflexivo, criativo, empreendedor, humanista e agente de mudança na construção de uma sociedade justa, desenvolvida socioeconomicamente, soberana e democrática”. Destaque aqui para as palavras criativo e empreendedor, que são muito discutidas dentro desta proposta de doutorado. Logo, para constatar que a nossa proposta é consonante com o PDI UFOP 2016-2025, destaca-se que o presidente da comissão que coordenou o processo de elaboração deste documento, prof. Dr. Rodrigo Bianchi, é docente permanente do PPG FIMAT e foi membro proponente do APCN de mestrado deste programa em 2011.

**Visão:** Ser um programa de pós-graduação de excelência na área de Física dos Materiais e reconhecido pela produção e integração acadêmica científica e tecnológica. Isso será atingido tanto no escopo da pesquisa básica quanto aplicada e tecnológica, com forte atração regional e reconhecimento nacional e internacional.

Dentro deste aspecto é importante mencionar as expectativas referentes à consolidação do PPG FIMAT e de seu curso de doutorado.

A consolidação de um Programa de Pós-Graduação é um processo que requer planejamento estratégico, investimentos em recursos humanos e financeiros e comprometimento com a qualidade acadêmica e científica. Para que um Programa possa se consolidar nos próximos cinco anos é preciso ter uma visão clara de seus objetivos, metas, riscos e desafios, bem como implementar ações que permitam a sua expansão, aprimoramento e consolidação.

Um dos fatores mais importantes para a consolidação de um Programa de Pós-Graduação é a entrada de discentes. Para que um Programa possa crescer e

se fortalecer, é necessário que ele atraia alunos de qualidade, com potencial para desenvolver projetos de pesquisa inovadores e contribuir para a produção científica do país. Nesse sentido, uma entrada anual de 5 (cinco) novos alunos pode ser considerada um número razoável para um Programa em fase de consolidação como o PPG FIMAT que possui, em 2023, 20 docentes em seu quadro. Este número, cinco, é cerca de 60% dos alunos que defendem suas dissertações no PPG FIMAT anualmente. Assim, espera-se que haja uma competição natural no processo de seleção do doutorado, com alunos e docentes comprometidos, portanto, com o aumento da qualidade do programa. Oportunamente, este número de entradas poderá ser revisto. Fatores como a expansão do corpo docente e o financiamento à pesquisa serão preponderantes nesta avaliação. O importante é garantir que se tenha um fluxo contínuo de entradas de novos discentes, e que este número esteja condizente com a capacidade global de orientação de projetos de mestrado e doutorado pelo corpo docente. Se for tomado como base o tempo de titulação média de 48 meses, uma entrada anual de 5 novos discentes no curso de doutorado significará um quantitativo total de algo em torno de 15 a 20 alunos regularmente matriculados no curso de doutorado em 4 anos, os quais se somariam aos atuais 35 alunos de mestrado do PPG FIMAT, em média. Em outras palavras, um corpo discente total com 50 alunos representaria, de acordo com esse levantamento prévio, em uma média de 2 a 3 alunos orientados por cada docente ao fim do primeiro quadriênio. Algo condizente com a realidade atual do PPG FIMAT e, portanto, passível de realização.

Além da entrada de novos alunos, outros fatores são igualmente importantes para a consolidação de um Programa de Pós-Graduação. Um desses fatores é a qualidade do corpo docente, que deve ser composto por professores altamente

qualificados e com experiência em pesquisa. É fundamental que esses professores tenham uma visão compartilhada sobre o escopo e os objetivos do Programa, e trabalhem em conjunto para garantir a excelência acadêmica e científica de seus projetos, dissertações e teses desenvolvidas.

Outro fator importante é a infraestrutura do Programa, que deve ser adequada para a realização de atividades de pesquisa e ensino. Isso inclui laboratórios bem equipados, biblioteca atualizada e acesso a recursos de tecnologia da informação. É preciso investir em recursos para garantir que os alunos e os professores tenham condições de desenvolver projetos de pesquisa de alto nível e participar de eventos científicos relevantes.

Em resumo, um Programa de Pós-Graduação que busca se consolidar nos próximos cinco anos deve ter uma visão clara de seus desafios, riscos e oportunidades. É preciso estar atento às demandas da sociedade e às necessidades do mercado de trabalho, de forma a oferecer cursos e projetos de pesquisa que possam contribuir para o desenvolvimento econômico e social do país. Também é fundamental manter uma política de internacionalização, buscando estabelecer parcerias com universidades estrangeiras e promover a mobilidade acadêmica de alunos e professores.

Ressalta-se que a consolidação de um Programa de Pós-Graduação não é um processo simples ou imediato. É preciso trabalhar de forma consistente e perseverante, investindo em recursos e em pessoas, e mantendo o compromisso constante com a qualidade acadêmica e científica. Se um Programa de Pós-Graduação tem a visão de se consolidar nos próximos cinco anos, ele deve estar disposto a enfrentar desafios e a buscar oportunidades, sempre com a meta



clara de oferecer um ensino de excelência e de contribuir para o avanço do conhecimento em sua área de atuação.

**Valor Gerado:** Inovação e sustentabilidade. Essas são as palavras que resumem a atitude e o compromisso de PPG FIMAT. Essa visão parte da compreensão de que vivemos momentos críticos. O último relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas traz uma perspectiva preocupante. Esta foi reforçada pela última conferência do clima, realizada no Egito. Avanços muito tímidos foram realizados na conferência, e permanecem as previsões de que a situação geral do planeta irá se agravar. Ou seja, 50 anos após a realização da Conferência de Estocolmo, ainda não foi possível construir soluções para os grandes desafios do nosso tempo: a transição energética e a construção de uma efetiva economia circular, centradas na sustentabilidade social, econômica e ambiental. Conseqüentemente, o conceito de Economia Verde, proposto pela Programas das Nações Unidas para o Meio Ambiente em 2008, pode ser resumido nas seguintes iniciativas: melhoria dos processos produtivos; aumento da eficiência com diminuição no uso dos recursos naturais; diminuição das emissões de gases do efeito estufa; transformação de resíduos de um processo em insumos de outros; proteção dos mananciais, uso responsável da água, universalização do saneamento básico; ampliação de fontes de energia limpas e renováveis; Recuperação e preservação dos ecossistemas; atenuar os efeitos da mudança do clima. Essas iniciativas alinhavam-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU e estão, portanto, no escopo do PPG FIMAT. Ou seja, há 7 anos, a ONU propôs metas para o desenvolvimento humano, traduzidas nos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. São cinco os pilares nos quais se organizam esses objetivos: Pessoas, Planeta, Paz, Prosperidade e Parceria. Suas 169 metas

traduzem, entre outros, a necessidade de que até 2030 seja possível assegurar a proteção duradoura do planeta e seus recursos naturais. Apesar de a pandemia de COVID ter tido um impacto importante na consecução das metas, progressos foram feitos.

Como resultado, a compreensão das questões descritas acima traz uma nova abordagem para a área de Ciência dos Materiais. Trata-se de uma área-chave se nos voltamos para as ações capazes de mitigar os impactos causados pelo processo industrial. Novos materiais e novos processos de produção são essenciais para fazer frente a esses desafios. E essa nova visão da área é essencial para inserção do país no panorama de crescimento mundial. A busca por novos materiais, que atendam a requisitos específicos como redução de custos de produção, eficiência e facilidade de acesso será a grande inspiração de pesquisadores ao redor do mundo nas próximas décadas. Para tanto, o domínio de processos e técnicas de fabricação, caracterização estrutural e investigação de propriedades são tópicos essenciais. Para tanto, desenvolver competências essenciais e específicas, que irão diferenciar as propostas de formação de cada estudante, cada qual com perfil desejado, mas todos voltados ao desenvolvimento sustentável, via formação sólida com viés prático, como desejado aos Físico de Materiais, é essencial. O documento Capes, “Ciência para um Brasil Competitivo: o papel da Física”, como já mencionado nesse texto, corrobora essa afirmação.

A pesquisa básica, prática e aplicada, alinhada com a formação de mestres e doutores com elevado conhecimento científico e tecnológico, deverá constituir em um pilar sólido para o crescimento sustentável do país e servirá de referência para os futuros profissionais que irão se colocar tanto para a área acadêmica, quanto

para a empresarial. Profissionais que tragam uma visão multifacetada e diversificada, formados num ambiente em que as visões da ciência básica dialoguem com a busca por soluções práticas e inovações, ligando-se num processo de economia de recursos e de seu reaproveitamento. Profissionais que vejam além das tecnologias e produtos tradicionais nas áreas de materiais. Dessa forma, a qualificação acadêmico-científica dos discentes do PPG FIMAT, atrelados a busca pela inserção nacional e internacional do programa, visa a excelência na formação de doutores comprometidos com uma sociedade mais justa e igualitária, indo, assim, ao encontro das metas dos Planos Nacionais de Pós-Graduação (2005-2010 e 2011-2020) e do PDI UFOP 2016-2025. Essa afirmação mostra claramente a visão do PPG FIMAT: de ser um programa diferenciado e que busca a inserção de seus egressos em mercados cada vez mais competitivos e acirrados.

Em Minas Gerais, por exemplo, existem três programas específicos nesta área de conhecimento que se diferenciam do PPG FIMAT. Por exemplo, cada um desses PPGs apresenta peculiaridades e público-alvo. Há outros cursos em Engenharia de Materiais, como é o caso do Programa em Engenharia de Materiais da UFOP (REDEMAT, em <https://redemat.ufop.br/%C3%A1reas-de-concentra%C3%A7%C3%A3o-e-linhas-de-pesquisa>) cuja origem vem da área prática da Engenharia Metalúrgica voltada ao setor minerometalúrgico, em linhas de pesquisa voltadas aos processos de fabricação, análise de materiais e engenharia de superfícies. Por fim, também pode-se encontrar ênfase em Materiais em PPGs de Física e Química, mas estes são, de maneira geral, focados em alunos com formação específica.

A Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP vem desenvolvendo ações estratégicas de apoio à pesquisa, aos Programas de Pós-Graduação já recomendados pela CAPES e em fase de consolidação, bem como incentivando o surgimento de novos programas. Nesse contexto, vale salientar que o PPG FIMAT se encontra em uma posição estratégica em Minas Gerais, pois além de fácil acesso, ou seja, localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte, possui infraestrutura e corpo técnico competentes.

As questões aqui formuladas, particularmente pensando na transição energética e no desenvolvimento de novos materiais para uma economia circular, não podem ser solucionadas ou remediadas sem uma abordagem técnico-científica, uma vez que muitas variáveis ainda não são devidamente conhecidas e a união de esforços de áreas diferentes se faz necessária. Na implementação de ações corretivas, verificam-se grandes limitações de corpo técnico competente, seja em órgãos públicos como na iniciativa privada e mesmo nas ONGs ligadas ao meio ambiente. Grande parte dessas demandas são levadas às engenharias, mas acredita-se que a Ciência de Materiais, capaz de abarcar profissionais de diferentes áreas, poderá apresentar contribuições mais eficientes e relevantes nesse contexto no Estado de Minas Gerais.

Temas chave para o desenvolvimento de nosso país, mas com foco em vocações históricas de Minas Gerais, já são abordadas no PPG FIMAT, e serão aprofundados e consolidados com a implantação de doutorado. São alguns exemplos: novas estruturas de geração e armazenamento de energia, baseadas em processos limpos e renováveis; novos materiais para as mais diversas aplicações industriais; reciclagem de materiais provenientes de diversos setores industriais, em particular

da indústria minerometalúrgica e da indústria eletroeletrônica; e aplicações diversas de novos materiais em áreas da saúde, sobretudo em dosimetria das radiações.

Outro fator que merece ser salientado é que o PPG FIMAT, já com o nível de mestrado, recebe alunos e alunas de diversas regiões e com diversas formações, ao contrário da maioria de cursos em Engenharia de Materiais ou nas áreas de Física e Química com ênfase em Materiais de Minas Gerais, cujos ingressantes são naturalmente de suas áreas específicas. Cada vez mais, por assumir uma perspectiva multidisciplinar e multifacetada, o público-alvo do PPG FIMAT se diferencia de outros cursos. Isso o torna um fator de formação de pessoal de importância regional, dado que muitos egressos de cursos superiores de nossa região podem ter curso um processo de continuidade, sem a necessidade de migrar para outras localidades.

A proposta de doutorado visa, portanto, contribuir para a formação de egressos capazes de resolver problemas fundamentais e aplicados do mundo contemporâneo a partir do desenvolvimento de competências essenciais e específicas da Física de Materiais.

## **OBJETIVOS**

São objetivos da proposta de doutorado do PPG FIMAT, circunstanciados pelas justificativas e considerações apresentadas nos itens anteriores, a saber:

***OBJETIVO 1. Ser reconhecido como programa de referência em Materiais do país por meio do desenvolvimento de pesquisa básica e prática/aplicada alinhada com a***

*formação de Mestres e Doutores com elevado conhecimento científico e tecnológico;*

Para atingir esse objetivo, o PPG FIMAT deverá aplicar o método científico e de técnicas específicas da área de Materiais, nas quais os docentes do programa demonstram excelência, para a abordagem de problemas concretos, com soluções científicas que requerem, principalmente, a utilização de processos e sistemas físicos inovadores. Como resultado, espera-se aumentar a produção científica e tecnológica da UFOP na área de Materiais, tanto em termos de qualidade como de quantidade. Conseqüentemente, ocorrerá naturalmente o incentivo ao alto padrão de pesquisa e produtividade, por meio da criação de novas colaborações com outras instituições, bem como a partir da inclusão de alunos do programa de forma orgânica nos projetos e da aplicação concreta dos trabalhos em inovação tecnológica.

Além disso, o PPG FIMAT deverá, portanto, incentivar e promover a realização de trabalhos de pesquisa de caráter científico-inovador em áreas estratégicas, sobretudo em materiais estruturados e nanoestruturados. Ênfase será dada em áreas de fronteira do conhecimento, nas seguintes linhas de pesquisa básica e aplicada: sistemas bidimensionais (2D), ligas metálicas, materiais e sensores híbridos orgânico-inorgânicos, cristais iônicos e moleculares, materiais cerâmicos funcionais e materiais semicondutores orgânicos e inorgânicos, atreladas, por sua vez, a sustentabilidade e fontes renováveis de energia.

**OBJETIVO 2.** *Promover a formação científica teórico-experimental sólida de Mestres e Doutores com ênfase em Física de Materiais*

Para atingir esse objetivo, o programa promoverá a busca do entendimento básico dos fenômenos que ocorrem na área de materiais, mas que também apresentem perfil prático e empreendedor, isto é, que seja inspirados pela investigação das propriedades dos materiais buscando possíveis aplicações técnicas e incentivando interações entre empresas e docentes e discentes do programa. Logo, o PPG FIMAT irá fomentar a formação de pesquisadores teóricos e experimentais na qualidade e diversificação necessárias para dar suporte ao desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada nos setores acadêmico e empresarial, sobretudo em áreas estratégicas para o crescimento da região e, conseqüentemente, do país.

Não obstante, a formação discente será fomentada por meio da participação em projetos de pesquisa com viés prático e tecnológico. A formação de profissionais capacitados também envolverá a participação em eventos científicos para promover parcerias e colaborações acadêmicas e empresariais por meio da difusão dos resultados na forma de publicações, patentes, apresentações, startups etc.

Em particular para a academia, o PPG FIMAT irá fomentar a formação de professores e pesquisadores para atuação docente em instituições de ensino, como as instituições de ensino básica, tecnológica e de nível superior.

Já em relação ao setor dito produtivo, o PPG FIMAT irá contribuir para a formação de egressos com perfil prático, mas com amplo conhecimento fundamental, os quais deverão fomentar não somente o desenvolvimento de produtos aplicados, como também a inovação e o empreendedorismo.

## **INICIATIVAS E METAS**

O PPG FIMAT foi estabelecido na UFOP em 2011 e, desde então, vem se consolidando como um programa de referência em Materiais na região. Contudo, a partir da divulgação do relatório de avaliação CAPES referente ao quadriênio 2013-2016, foi definido um processo no qual um conjunto de indicadores passou a ser sistematizado e apresentado periodicamente ao colegiado do programa para a realização de autoavaliações, com base em metas a serem atingidas para cada objetivo do programa. Tais metas foram definidas a partir de um planejamento realizado para atender os aspectos destacados pelos avaliadores da área na CAPES e de acordo com o PDI UFOP 2016-2025.

A seguir são apresentados novamente os objetivos e, logo em seguida, as metas propostas no planejamento do PPG FIMAT e, quando pertinentes, um breve descrito das ações correspondentes.

**OBJETIVO 1.** Ser reconhecido como programa de referência em Materiais do país por meio do desenvolvimento de pesquisa básica e prática/aplicada alinhada com a formação de Mestres e Doutores com elevado conhecimento científico e tecnológico

**Meta 1.1:** Incentivar e promover a publicação de trabalhos de pesquisa de caráter científico-inovador, ou seja, básico-prático-aplicado, em áreas estratégicas, sobretudo em materiais estruturados e nanoestruturados, com ênfase em áreas na fronteira do conhecimento.

**Meta 1.2:** Inaugurar a primeira turma do Doutorado já em 2024.

**Meta 1.3:** Consolidar parcerias com indústrias e promover a transferência de tecnologia, via projetos de pesquisa colaborativos, ao longo dos próximos 5 anos.



**Meta 1.4:** Ampliar consideravelmente a capacitação contínua dos docentes, via recursos do PROAP e outras fontes internas e externas de financiamento, promovendo a participação em cursos, Workshops, encontros científicos, congressos, estágios sabáticos etc. ao longo do próximo quadriênio;

**Meta 1.5:** Ampliar consideravelmente as publicações qualificadas e os registros de propriedade intelectual (patentes, transferência de know how etc) no próximo quadriênio.

**Meta 1.6:** Incentivar e auxiliar os docentes a submeterem projetos às agências de fomento, e junto a empresas e iniciativas privadas, para expandir e/ou consolidar as linhas de pesquisa no programa no próximo quadriênio.

**Meta 1.7:** Criar ambiente atrativo para fixação de docentes e pesquisadores no próximo quadriênio.

**Meta 1.8:** Ampliar consideravelmente a divulgação e a difusão à sociedade dos projetos desenvolvidos pelos docentes e discentes do PPG FIMAT, ao longo dos próximos 5 anos, por exemplo, via site do programa, site da UFOP, através de visitas e apresentações de trabalho e palestras nos Institutos Federais, Escolas e Universidades da Região, etc.

**Meta 1.9:** Promover a atração de Pesquisadores Sênior para visitas de curta, média e longa duração nos próximos 5 anos.

**OBJETIVO 2:** Promover a formação científica teórico-experimental sólida de Mestres e Doutores com ênfase em Física de Materiais

**Meta 2.1:** Criar ambiente atrativo para jovens talentos (discentes) no próximo quadriênio.

**Meta 2.2:** Promover a capacitação contínua de discentes, via recursos do PROAP e outras fontes internas e externas de financiamento, para participação em cursos, Workshops, encontros científicos, congressos etc. ao longo do próximo quadriênio;

**Meta 2.3:** Promover e expandir iniciativas de trocas e colaborações dos discentes com pesquisadores renomados na área, via organização de eventos locais (ex: seminários, Workshops, mesas redondas e Semanas do PPG FIMAT), parcerias com grupos de pesquisa etc. ao longo dos próximos 5 anos.

**Meta 2.4:** Desenvolver competências essenciais (via disciplinas obrigatórias) e específicas (via disciplinas optativas e desenvolvimento de dissertações e teses) no escopo do perfil de Materiais proposto no projeto de doutorado apresentado.

**Meta 2.5:** Estabelecer iniciativas acadêmicas (ex: disciplinas de empreendedorismo e escrita científica) e parcerias com o setor produtivo (ex: estágio/intercâmbio, colaborações em projetos e acesso a tecnologias avançadas) para fomentar o desenvolvimento de habilidades científicas, práticas e aplicadas dos discentes nos próximos 5 anos.

**Meta 2.6:** Monitorar constantemente o progresso dos discentes para avaliar o progresso dos estudantes (ex: desempenho acadêmico, envolvimento em projetos de pesquisa, participação em eventos científicos, publicações etc).

**Meta 2.7:** Realizar e consolidar pesquisas periódicas para avaliar a satisfação dos discentes identificando fraquezas e pontos fortes do programa, bem como para manter contato frequente com os egressos sobre o impacto do programa em suas trajetórias profissionais.

**Meta 2.8:** Formar egressos que tenham empregabilidade em mercados acadêmicos e empresariais competitivos e acirrados;

Como iniciativa, destaca-se que em 2019, o programa recebeu a visita *in loco* da coordenação da área 47 da Capes e a coordenação do PPG FIMAT avaliou como positiva tal iniciativa. Foi, assim, a primeira vez que o programa foi visitado pela coordenação da área, e permitiu, dentre outras consequências, a melhor visão das falhas e virtudes do programa, além da possibilidade concreta em estabelecer estratégias para melhoria dos índices relevantes para o processo de avaliação quadrienal. Como resultado, foi estabelecido um plano de diagnóstico/ações pelo PPG FIMAT, as quais são apresentadas a seguir:

**Diagnóstico: Número de discentes não proporcional o número de docentes.**

**Aumentar o número de alunos ao invés de reduzir o corpo docente.**

Foi estabelecido, de acordo com a visita da comissão Capes, que o número de alunos deverá aumentar em vez de reduzir o corpo docente. Isso foi atribuído a partir do reconhecimento que o número de alunos era pequeno frente ao corpo docente do programa. Como resultado, foram tomadas as seguintes ações

**Ação 1:** Aumentar o número de vagas ofertadas em cada processo seletivo;

**Ação 2:** Ampliar a entrada de discentes de anual para semestral;

**Ação 3:** Ofertar vagas a alunos estrangeiros oriundos do programa GCUB (Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras);

A segunda medida tomada pelo PPG FIMAT estabelece a entrada semestral de estudantes, ao invés de anual. Esta medida foi tomada imediatamente após a visita do coordenador de área em 2019 e teve um impacto imediato mesmo sem divulgação prévia. Os últimos processos seletivos tiveram os seguintes números: 2019-1: 18 inscritos / 6 matrículas; 2019-2: 12 inscritos / 5 matrículas; 2020-1: 20

inscritos / 9 matrículas; 2020-2: 39 inscritos / 19 matrículas; 2021-1:19 inscritos / 9 matrículas; 2021-2: 12 inscritos/ 7 matrículas; 2022-1: 16 inscritos/ 8 matrículas; 2022-2: 5 inscritos / 1 matrícula; 2022-3: 9 inscritos/ 6 matrículas; 2023-1: 13 inscritos/ 4 matrículas.

Os números totais de 2019 e 2020 são expressivos se comparados aos anos anteriores. Foram 39 matrículas no biênio 2019-2020 contra 18 matrículas no biênio 2017-2018. No entanto, a diminuição no número de bolsas de estudo oferecidas pelas agências de fomento nos últimos anos tem tido como consequência o aumento do número de evasões. Isso também afetou o número de matrículas no biênio 2021-2022 onde tivemos 16 matrículas. Mas, mesmo neste cenário, temos observado que o FIMAT aumentou sua atividade de formação, ou seja, mesmo sem bolsas de estudos, muitos estudantes continuam na pós-graduação, defendendo as dissertações no tempo regular.

Por fim, foi implementando o aumento do número de vagas oferecidas a alunos estrangeiros oriundos do programa GCUB (Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras), hoje temos 3 alunos estrangeiros titulados. Uma vaga está garantida para o ano de 2023. Assim, o aumento no número de entradas no PPG demanda uma maior atenção ao acompanhamento dos alunos matriculados. Ao mesmo tempo, é importante enfatizar que passamos por um momento de profunda crise no financiamento público em ciência e tecnologia. A título de exemplo, o FIMAT conta hoje com apenas 9 bolsas de mestrado, enquanto que chegou a disponibilizar 18 cotas em 2016. Portanto, tanto atualmente quanto futuramente, é justo dizer que a maioria dos alunos farão seu curso de mestrado sem bolsa. Para mitigar os efeitos desta realidade, ou seja, minimizar as evasões discentes, algumas atitudes foram e serão implementadas: i) a UFOP possui um amplo programa de distribuição de

bolsas de assistência estudantil e a participação dos alunos do FIMAT nestas atividades é incentivado; ii) curiosamente, a migração para o modelo virtual, devida à pandemia corrente, possibilitou que alguns alunos pudessem continuar e se matricular no mestrado sem ter o custo do deslocamento para a cidade de Ouro Preto; iii) ainda no contexto das atitudes tomadas perante a atual pandemia, vários auxílios “pacote de dados” para os alunos foram concedidos pela UFOP para que os alunos tenham acesso virtual de qualidade. Com efeito prático, desde as últimas seleções ocorridas em 2020 e 2021/1 tivemos alunos matriculados provenientes de outras regiões do país, algo que dificilmente ocorreria no período pré-pandemia.

Ainda sobre a política de entrada de alunos no PPG FIMAT, onde se incentiva a participação de discentes provenientes de cursos correlatos na área de exatas, é importante também mencionar que não é utilizado o Exame Unificado da Física (EUF) em nossos processos seletivos. Mesmo tendo nossa área de atuação focada em física de materiais, o formato do EUF é fortemente atrativo e benéfico para discentes com formação única e exclusiva em bacharelado em física. Justamente, este não é o nosso único público alvo. Temos recebido alunos com uma formação diversa, além de físicos, engenheiros, matemáticos e químicos.

Outras medidas que também impactam no número de matrículas são as medidas tomadas para aumentar a visibilidade e a inserção social do programa. Dentre elas, realizamos após a visita do coordenador de área em 2019, o primeiro Workshop do FIMAT, que contou com a participação de alunos de graduação e ensino médio. Também melhoramos nosso website e criamos uma página no Instagram (@fimatufop) do programa para melhorar a visibilidade.

Além disso, desde a visita do coordenador de área, o coordenador tem realizado reuniões para dar ciência aos docentes do programa acerca dos pontos que precisam ser melhorados, em especial, o quesito que envolve reforçar ainda mais a quantidade de publicações com discentes.

É mencionado também neste campo uma outra iniciativa em curso, liderada pelo FIMAT, que visa aumentar a interação com a indústria. Trata-se da oferta de uma turma de pós-graduação lato sensu, com início previsto para 2024, em parceria com a empresa Gerdau. Este curso é uma demanda da empresa, buscando uma maior especialização de seu corpo técnico. O programa proposto para o curso de Especialização em Ciências e Engenharia de Materiais está dirigido ao estudo dos fenômenos físicos nos quais se baseia a maioria das aplicações tecnológicas, usando as ferramentas físicas e matemáticas necessárias para a sua compreensão. O Especialista, apoiado numa formação sólida e atual em ciências físicas, processamento, estrutura e propriedades de materiais cerâmicos e/ou poliméricos e/ou metálicos, deve possuir capacidade de abordar problemas novos e/ou tradicionais na sua área e em áreas correlatas. O público-alvo é composto por funcionários desta empresa, com formação em nível superior nas diversas engenharias, física, estatística e química. Serão ofertadas onze disciplinas, com a participação de seis docentes do FIMAT, a saber, prof(a)s Américo Bernardes, Ana Paula Barboza, Hermano Velten, Paulo Assis, Rodrigo Bianchi e Taise Manhabosco. A proposta acadêmica deste curso de especialização corporativa é que cada aluno do curso traga um problema encontrado na empresa e, junto a um orientador acadêmico (preferencialmente do corpo docente do FIMAT) e um orientador corporativo (um engenheiro sênior da empresa) apresentem o estudo do caso no trabalho de conclusão de curso. Algumas disciplinas ofertadas neste curso

de especialização possuem ementas equivalentes à algumas das disciplinas ofertadas no FIMAT. Assim, idealmente, o egresso deste curso de especialização, que deseje se matricular posteriormente em algum dos cursos stricto sensu do FIMAT, poderá solicitar aproveitamento de créditos.

As iniciativas descritas anteriormente foram fundamentais para que o FIMAT recebesse o conceito 4 na última avaliação quadrienal, possibilitando, assim, a solicitação do curso de doutorado.

Esta proposta de criação do curso de doutorado é fundamentada em quatro eixos centrais que representam uma mudança significativa da atual estrutura de funcionamento do curso de mestrado do FIMAT.

Todas estas propostas foram discutidas no âmbito de todo o corpo docente do FIMAT a partir do momento em que a nota do PPG subiu para o conceito 4, possibilitando o pedido de criação do curso de doutorado. Citamos em seguida os quatro principais pontos.

- 1) Reestruturação das atuais áreas de pesquisa por meio da criação de uma nova área;
- 2) Reformulação da grade de disciplinas ofertadas pelo PPG;
- 3) Obrigatoriedade do estágio acadêmico ou tecnológico;
- 4) Fomentar uma maior participação da FIMAT com a indústria e o setor produtivo via modelo de especialização lato sensu e aumento da sinergia com outros PPGs.

Discutimos abaixo cada um destes eixos com maiores detalhes

1) A área de pesquisa de Aplicação de Materiais envolve o estudo e desenvolvimento de materiais para aplicações em diversos campos da engenharia e da ciência. Ela tem como objetivo principal a criação de materiais com propriedades específicas que possam ser utilizados em dispositivos e tecnologias que atendam às necessidades da sociedade.

Dentre as aplicações de materiais, podem ser citados os estudos em materiais para dispositivos eletrônicos, como semicondutores, diodos emissores de luz (LEDs), células solares, transistores e circuitos integrados. Além disso, também são estudados materiais para aplicações na área da saúde, como biomateriais, próteses e dispositivos médicos.

A área de aplicação de materiais também envolve o desenvolvimento de materiais para aplicações em setores como aeroespacial, automotivo e de energia. Por exemplo, são estudados materiais para a produção de aeronaves mais leves, resistentes e eficientes, além de materiais para o desenvolvimento de baterias mais eficientes e duráveis.

Os estudos em Aplicação de Materiais também se concentram em materiais de baixo custo e com menor impacto ambiental, visando contribuir com a sustentabilidade e redução de emissões de carbono. Dessa forma, pesquisas são realizadas em materiais como biopolímeros, biocompósitos e nanomateriais sustentáveis.

Os pesquisadores da área de Aplicação de Materiais utilizam técnicas como a síntese de materiais, análise de propriedades físicas e químicas, simulações computacionais e testes experimentais para desenvolver novos materiais e entender



suas propriedades. O objetivo é desenvolver materiais com propriedades específicas para atender às necessidades das indústrias e da sociedade em geral.

2) O curso de mestrado do FIMAT foi criado aos moldes de um curso tradicional da área de física, mas contando com aspectos específicos da área de materiais. Hoje, existem quatro disciplinas obrigatórias: Seminários, Ciência de Materiais, Preparação e Caracterização de Materiais e Mecânica Quântica. As principais mudanças propostas se referem às duas últimas disciplinas. A disciplina Preparação e Caracterização de Materiais passará a se chamar Preparação, Caracterização e APLICAÇÃO de Materiais. Esta mudança visa adequar a disciplina à nova área de concentração proposta e terá, obviamente, uma reformulação em sua ementa. Também propomos uma mudança na forma como a Mecânica Quântica será ofertada no FIMAT. Antes de descrever esta mudança, é importante uma contextualização. O FIMAT tem atraído, desde sua criação, estudantes com um perfil diverso. Não apenas físicos, mas químicos, matemáticos, estatísticos e engenheiros. Na realidade, bacharéis em física são uma pequena parte do nosso corpo docente. Após dez anos de atuação do curso, o conjunto de docentes percebeu que os discentes que não são formados em bacharelado em física enfrentam uma enorme dificuldade com o curso de Mecânica Quântica Aplicada, criado aos moldes de um curso padrão em qualquer pós-graduação em física. Assim, muitos alunos que nunca tiveram disciplinas como estrutura da matéria e mecânica quântica na graduação, deveriam ingressar no mestrado e cursar uma disciplina com nível muito avançado. Dada esta observação, a proposta de criação do doutorado prevê a seguinte mudança. Será criada uma disciplina de Introdução à Física Quântica, obrigatória para o mestrado. Esta disciplina possuirá uma ementa

voltada homogeneizar o conhecimento básico acerca dos fenômenos quânticos, chegando, finalmente, nas aplicações básicas da equação de Schroedinger. A disciplina Mecânica Quântica Aplicada, com sua ementa atual, que contém aspectos técnicos e mais avançados, será ofertada como disciplina obrigatória do curso de doutorado.

3) Consideramos que esta é a proposta mais inovadora e ambiciosa de nosso projeto. Trata-se da obrigatoriedade, do discente do curso de doutorado, da realização de um período de estágio durante o curso. A realização do estágio sanduíche é uma prática comum nos doutorados brasileiros. No entanto, esta prática não é tida como uma obrigatoriedade. A única exceção que temos conhecimento é a adotada no PPGCOSMO/UFES, onde os discentes devem efetuar, obrigatoriamente, um período de estágio no exterior, ou instituição colaboradora. Aqui, em nossa proposta, tentamos replicar esta prática, mas com um diferencial. Não exigimos que o estágio seja realizado no exterior. Ao invés disso, o estágio poderá ser realizado dentro de alguma empresa ou indústria, ou instituição de ensino superior brasileira. Portanto, caberá ao orientador sugerir qual será o tipo de estágio que melhor se adequa ao projeto científico do discente. Caso o orientador opte pelo estágio acadêmico tradicional, assim como ocorre nos moldes de um doutorado sanduíche, a instituição de destino poderá estar sediada no Brasil ou no exterior. Obviamente a experiência no exterior é muito importante para a internacionalização da atividade científica brasileira, mas é importante ressaltar que existem grupos de pesquisa brasileiros na área de física e materiais de excelência internacional. Por outro lado, é importante descrever aqui quais os moldes do estágio tecnológico imaginado nesta proposta. Nossa ideia é que o discente atue

dentro de uma empresa/indústria por meio de um contrato de estágio que pode ser remunerado, ou não. O projeto deve ser elaborado em parceria entre o docente do FIMAT orientador da tese de doutorado e um membro da empresa e submetido ao colegiado do FIMAT. Ao fim do estágio, que deve ter duração máxima de 12 meses, assim como ocorre no período de doutorado sanduíche, o bolsista deve emitir relatório de atividades e este deve ser aprovado pelo colegiado. Após este processo o discente será matriculado na disciplina obrigatória do FIMAT, com 4 créditos, e serão computados os aproveitamentos de créditos. Por acreditarmos que trata-se de uma proposta inovadora no cenário acadêmico brasileiro, discutimos aqui esta proposta no campo oportunidades e ameaças.

4) Uma iniciativa liderada pelo FIMAT que ocorre em paralelo ao pedido de criação do curso de doutorado é a oferta de uma turma de especialização lato sensu em ciência e engenharia de materiais. O curso de especialização em Ciência e Engenharia de Materiais é regulamentado pela UFOP e sua última turma foi ofertada em 2018 em parceria com a REDEMAT. A partir de 2023 o FIMAT passará a coordenar a oferta destas turmas. Há a previsão para o início de uma turma em 2024. Esta iniciativa pode ter um impacto considerável no item 3, descrito acima. Ao introduzirmos a obrigatoriedade de um intercâmbio/estágio, por exemplo, em empresas, a interação dos docentes do FIMAT com membros atuantes na indústria deve criar naturalmente uma comunicação entre nossos futuros doutorandos e o meio produtivo. Por exemplo, os docentes do FIMAT que orientarem doutorandos e, ao mesmo tempo, estiverem atuando nos Trabalhos de conclusão de curso da especialização, podem promover uma sinergia entre os projetos acadêmicos. A previsão é que as turmas de especialização lato Sensu sejam ofertadas a cada 2

anos, justamente um ciclo que pode captar alunos de doutorado do FIMAT interessados em projetos em comum. Além deste aspecto, uma análise do ambiente interno da UFOP também nos permite concluir que a criação do curso de doutorado na área de física de materiais viria a contribuir significativamente para o aumento da produção científica do Departamento de Física da UFOP e da universidade, como um todo. Existem diversos PPGs de excelência na UFOP. Como alguns poucos exemplos, podemos citar os PPGs nas áreas de Geociências, Farmácia, Química e Metalurgia. O aumento do grau de especialização na área de física dos materiais, pretendido com a criação do curso de doutorado, poderá criar uma maior parceria com estes programas.

## **ANÁLISE DE AMBIENTE (Oportunidade e Ameaças)**

A análise do ambiente é uma etapa crucial para a criação de um curso de doutorado na área de Física de Materiais. Nesse processo, é essencial identificar e avaliar as oportunidades e os riscos associados a essa iniciativa, a fim de embasar uma decisão informada e estratégica.

No que diz respeito às oportunidades, a área de Física de Materiais apresenta um cenário promissor. O avanço tecnológico e científico tem impulsionado a demanda por profissionais altamente capacitados nessa disciplina. Além disso, a interdisciplinaridade da Física de Materiais proporciona colaborações com outras áreas, como a Engenharia, a Química e a Biologia, ampliando as possibilidades de pesquisa e aplicação dos conhecimentos.

A existência de pesquisadores qualificados, infraestrutura adequada e parcerias com instituições de renome são fatores favoráveis ao desenvolvimento de um curso

de doutorado nessa área. A criação desse programa possibilitará a formação de pesquisadores especializados, capazes de contribuir para a produção científica e o avanço tecnológico na área de Materiais.

No entanto, é importante considerar os riscos associados à criação do curso. Um dos desafios é a competição com outras instituições de ensino superior que já oferecem programas de doutorado em Física de Materiais. É fundamental avaliar cuidadosamente a diferenciação e a proposta de valor do curso a ser criado, destacando os pontos fortes e únicos que o distinguirão no mercado de trabalho. Como medida para mitigar esta possível dificuldade, pensamos que a obrigatoriedade do estágio acadêmico/tecnológico pode ser um importante diferencial do nosso curso.

Outro risco a ser considerado é a disponibilidade de recursos financeiros e estruturais para suportar a implantação e a manutenção do programa. É essencial analisar a capacidade da instituição em fornecer laboratórios, equipamentos e suporte adequados para a pesquisa na área de Física de Materiais, bem como garantir o financiamento necessário para bolsas de estudo e projetos de pesquisa.

Ademais, é necessário considerar a demanda por profissionais com formação em Física de Materiais tanto no âmbito acadêmico quanto no setor industrial. Realizar uma análise do mercado de trabalho e da empregabilidade dos egressos do programa de doutorado é crucial para garantir a relevância e a sustentabilidade do curso.

Em conclusão, a análise de ambiente para a criação de um curso de doutorado em Física de Materiais requer uma avaliação cuidadosa das oportunidades e riscos envolvidos. Identificar as demandas do mercado, a disponibilidade de recursos e a

competitividade do programa é fundamental para tomar decisões estratégicas e assegurar o sucesso e a relevância dessa iniciativa acadêmica.

### **Análise de Riscos**

Os riscos e dificuldades para chegar aos objetivos propostos que podemos vislumbrar são os seguintes.

1) As mudanças na política de concessão de bolsas. O FIMAT está configurado de uma forma que exige preferencialmente a dedicação integral do estudante. No entanto, esta não tem sido a realidade do programa na última década. Logo, há necessidade de bolsas para que isto possa acontecer. O FIMAT tem funcionado nos últimos anos com uma grande defasagem entre o número de bolsas e o número de discentes. Em média, apenas um terço dos discentes regularmente matriculados possuem bolsa de estudos. Isto evidencia um problema crônico do PPG, mas que é fruto da alta procura pelo nosso curso de mestrado. Tem havido muitas incertezas na política de distribuição de bolsas pelas agências de fomento, especialmente as federais, que podem eventualmente criar obstáculos para que os nossos estudantes tenham as condições necessárias para o desenvolvimento dos seus trabalhos. Por este motivo, uma parte substancial dos futuros pedidos de projetos científicos deve focar na fixação de um número expressivo de bolsas de doutorado.

2) A não renovação e ampliação do material informático e laboratorial que é necessário para o desenvolvimento de vários projetos de pesquisa e,

consequentemente, de teses de doutorado. Este é novamente um aspecto que está submetido às incertezas da conjuntura atual.

3) A falta de recursos necessários para intercâmbio científico tanto para docentes quanto para discentes do programa. Em uma estrutura como a do FIMAT, onde as colaborações nacionais e internacionais são cruciais para o desenvolvimento dos objetivos propostos, a impossibilidade de se ter intercâmbios com os parceiros científicos pode dificultar a concretização daqueles objetivos. Este aspecto é fundamental para evitar uma excessiva dependência de universidades e centros científicos no entorno de Ouro Preto, sobretudo, da UFMG.

4) As restrições para atrair pós-doutorandos e pesquisadores visitantes, do Brasil e do Exterior. A presença de pós-doutorandos e pesquisadores/professores visitantes é um elemento essencial para a renovação e atualização temática da equipe. Novamente, a possibilidade de atrair estes colaboradores têm sido limitada fortemente.

5) A ausência de uma infra-estrutura física adequada em vista da ampliação do programa. No momento, a estrutura física, mesmo que não ideal, é satisfatória, mas caso o número de membros docentes e discentes se amplie como desejamos, haverá necessidade de um maior suporte institucional no que se refere a este item.

### **Política de Autoavaliação**

Iniciamos fazendo uma reflexão sobre aspectos específicos encontrados na ficha de avaliação quadrienal 2021 do programa.

No campo 1, sobre o PROGRAMA, dos 4 pontos avaliados, obtivemos conceito MUITO BOM em dois deles e um conceito BOM. O único conceito REGULAR ocorreu no ponto 1.4 “Os processos, procedimentos e resultados da autoavaliação do programa, com foco na formação discente e produção intelectual.” Aqui, o comitê avaliador indica a ausência de uma prática sistematizada de um processo de autoavaliação. Nossa reação a este conceito é que o programa deve prever em seu regimento uma comissão permanente de autoavaliação e acompanhamento discente. Justamente, esta comissão foi a principal responsável pela elaboração desta proposta de criação de curso.

No campo de FORMAÇÃO, dos 5 pontos avaliados, obtivemos conceito MUITO BOM duas vezes e um conceito BOM. Foi atribuído conceito REGULAR nos itens “Qualidade da produção intelectual de discentes e egressos” e “Qualidade e envolvimento do corpo docente em relação às atividades de formação no programa.” Quanto a estes dois pontos, avaliamos que o primeiro tem forte dependência com a inexistência do doutorado. É muito desafiador desenvolver produções de alto impacto em projetos de mestrado que, ao obedecer os critérios da CAPES, tendem a ter duração máxima de apenas 24 meses. Já quanto ao segundo ponto, nossa proposta, já implementada a partir de 2023, é que exista uma maior rotatividade dos docentes na oferta de disciplinas, participação nos processos seletivos, participação na organização de workshops e eventos dentro do FIMAT, melhor distribuição das orientações dos discentes, distribuição de comissões de avaliação continuada do programa, oferecimento de cursos de curta



duração de caráter formativo experimental e teórico-computacional, etc. Em nossa revisão do regulamento do programa implementamos metas de credenciamento e credenciamento de docentes, através de uma instrução normativa (disponível no <https://fimat.ufop.br/>), que visa aumentar e melhorar a publicação de docentes com discentes e egressos e melhorar a participação dos docentes nas atividades do programa.

No campo IMPACTO NA SOCIEDADE recebemos dois conceitos MUITO BOM e um conceito BOM. Avaliamos que nossas iniciativas neste campo foram corretamente interpretadas pelo comitê. Obviamente, continuamos a estudar novas possibilidades de atuação neste campo. Estas incluem, por exemplo, uma maior participação do FIMAT na mostra de profissões da UFOP.

Em resumo, nosso conceito final no campo PROGRAMA foi MUITO BOM, no campo FORMAÇÃO foi BOM e no campo IMPACTO NA SOCIEDADE foi MUITO BOM. Assim, esta proposta de criação do curso de doutorado teve especial atenção ao quesito de formação do discente resultando, por exemplo, na reestruturação do corpo de disciplinas do FIMAT.

Em aspectos mais gerais, como análise do histórico do FIMAT ao longo da última década, nossa autoavaliação considera que são pontos fortes do programa:

Sermos um dos poucos cursos em ciências dos materiais multidisciplinar na região central do estado de MG. O FIMAT possui um público alvo bem particular, contando com alunos oriundos de diversos cursos de graduação como física, química e engenharias. Dito isso, pretendemos aumentar a visibilidade do nosso

curso perante cursos de graduação nestas áreas na região metropolitana de Belo Horizonte e centro leste de MG.

Corpo docente qualificado: quase todos os docentes do FIMAT possuem bolsa de produtividade. Visando manter e aumentar este indicativo e também oxigenar o corpo docente, a coordenação do FIMAT tem proposto uma política unificada de contratação de novos docentes junto ao Departamento de Física da UFOP. Na última década a contratação de novos docentes pelo DEFIS não era pautada no fortalecimento do PPG o que impossibilitou a ampliação do corpo docente do FIMAT tanto nos aspectos quantitativos quanto qualitativos.

Publicação de discentes: lembramos que o FIMAT possui apenas o curso de mestrado, mas a grande maioria dos discentes tem co-autoria em artigos de alto impacto na área. Normalmente, espera-se que uma produtividade de alto impacto seja obtida por alunos de doutorado.

Alguns pontos fracos do FIMAT e que precisam ser tratados com maior atenção:

Ampliação do portfólio de fomento: atualmente o PPG conta apenas com bolsas CAPES/UFOP/FAPEMIG. Seria ideal contar com bolsas CNPq, mas esta agência não tem fomentado novas bolsas para programas sem cotas CNPq. Uma estratégia recente tem sido buscar financiamento de bolsas via parcerias com o meio produtivo. Por exemplo, neste último ano um bolsista de pós-doutorado se juntou ao FIMAT tendo sua pesquisa integralmente financiada pela CEMIG - via projeto do Prof. Paulo Assis.

Evasão discente: o aumento no número de entradas adotado pelo FIMAT ocorreu em um momento de corte no número de bolsas de estudos. Como já mencionado,

uma maior interlocução com o programa de fomento interno da UFOP (como bolsas de monitoria) se faz necessária.

A falta de um doutorado: a persistente nota 3 atribuída ao FIMAT não possibilitou a criação de um programa de doutorado na área até então. Isso tem impactos em toda a cadeia acadêmica. Os alunos da graduação já entendem que não poderão fazer toda a sua formação acadêmica em nível de pós-graduação e, com isso, muitos já decidem abandonar a UFOP após a graduação. Os nossos alunos de mestrado que desejam seguir sua formação em nível de doutorado já passam a vislumbrar a mudança da cidade de Ouro Preto no meio do mestrado. Caso desejassem permanecer na cidade de Ouro Preto, a outra opção seria fazer um doutorado na área de engenharias, no curso REDEMAT. De fato, esta tem sido uma alternativa de muitos egressos do FIMAT. Isto acaba por criar um viés na opção das linhas de pesquisa dos nossos calouros no PPG FIMAT. Os que pretendem ficar em Ouro Preto acabam por preferir uma opção de área que permita continuar o doutorado na REDEMAT. Devido a este fato, temos observado um esvaziamento nas áreas ligadas à ciência básica do PPG FIMAT.

## **ÁREAS DE CONCENTRAÇÃO E LINHAS DE PESQUISA**

A seguir são apresentadas as áreas de concentração do PPG FIMAT, e suas respectivas linhas de pesquisa, que se encontram no âmbito de desenvolvimento de trabalhos experimentais, práticos e teórico-computacionais.

### **1) Área 1: CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS E SISTEMAS ESTRUTURADOS E NANOESTRUTURADOS**

A área de pesquisa em Caracterização de Materiais e Sistemas Estruturados e Nanoestruturados tem como objetivo a caracterização de materiais em uma ampla faixa de escalas, desde a nano até a macroescala, com foco na investigação fundamental das propriedades dos materiais inspirados pelas suas possíveis aplicações técnicas. Nessa área são preparados, caracterizados e investigados diversos tipos de materiais, incluindo, assim, materiais cerâmicos, poliméricos, metálicos, semicondutores, compósitos, materiais bidimensionais (2D), moléculas orgânicas e inorgânicas, minerais complexos e biomateriais. Ênfase é dada em materiais como grafeno, nitreto de boro, dicalcogenetos de metais de transição (TMDs), haletos de metais de transição, heteroestruturas de materiais 2D, nanotubos de carbono, polímeros conjugados, filossilicatos e nanocelulose. Para isso, dentro dessa área, diferentes técnicas tem sido empregadas e aperfeiçoadas. Essas técnicas incluem métodos de Microscopia de Varredura por Sonda; Espectroscopias Óptica e Elétrica, como a Raman, UV-Vis e de Impedância Complexa; Espectroscopias de Fluorescência Estacionária e de Fluorescência Resolvida no Tempo; Difração de raios X (DRX); Ensaio Mecânicos (tração, deformação etc) e Ensaio de Tribologia, além de Síntese de Polímeros e Técnicas de Crescimento de Cristais.

Assim, no estudos das propriedades elétricas e fotofísicas de polímeros conjugados e outras moléculas orgânicos semicondutoras, por exemplo, o uso de técnicas como Espectroscopias de Absorção, Fluorescência Estacionária, Fluorescência Resolvida no Tempo são usadas para investigar fenômenos como transferência de energia e relaxação energética, bem como para a caracterização e fabricação dispositivos à base de materiais orgânicos, em particular os fotovoltaicos (OPVs), como também no estudo das propriedades de transporte de cargas

fotogeradas nesses dispositivos. Areladas a essas técnicas, a análise de materiais orgânicos via Espectroscopia de Impedância tem sido utilizada não somente para caracterização das propriedades elétricas e dielétricas de filmes e dispositivos poliméricos, como LEDs, sensores de pressão e dosímetros poliméricos, como também para a investigação sistemática das propriedades desses dispositivos visando a compreensão das curvas de resposta desses dispositivos pra promover, dentre outras análises, a eficiência elétrica desses sistemas.

Jà o estudo de propriedades tribológicas, elétricas e magnéticas de materiais bidimensionais esfoliáveis como grafeno, dissulfeto de molibdênio, nitreto de boro e talco, técnicas de Microscopia por Varredura por Sonda (SPM) já tem sido empregadas no PPG FIMAT. O objetivo do uso da SPM vai além da tradicional caracterização morfológica das superfícies. É possível, por exemplo, analisar novos materiais, modular e controlar suas propriedades utilizando a ponta do SPM, o que é útil não apenas no que diz respeito ao funcionamento dessas estruturas, em condições variadas, mas sobretudo, na otimização das mesmas para aplicação em dispositivos eletrônicos. Esta técnica também pode ser utilizada para caracterização de inúmeros outros materiais, moléculas e superfícies, o que permite uma forte interação com outras áreas da instituição como química, farmácia e engenharias, além de pode estabelecer novos grupos de trabalho entre os laboratórios e docentes do PPG FIMAT. Não obstante, a técnica SPM vem se destacando por seu grande potencial no estudo de propriedades eletromecânicas de diferentes materiais biológicos permitindo, assim, a análise morfológica da superfície m regiões específicas de forma absolutamente local, não invasiva e controlada em determinados casos.

Na sequência, a técnica de Espectroscopia Raman tem se tornado uma das ferramentas valiosas para estudar as propriedades eletrônicas e vibracionais de materiais (desde nanomateriais até materiais de ordem macro) visando diversas aplicações, tanto no campo da biotecnologia (detecção de doenças), revestimentos (incorporação de talco nanométrico em matriz de hidroxiapatita) e construção civil (incorporação de talco nanométrico em matriz cimentícia). Essa técnica tem se estabelecido no PPG FIMAT e proporcionado, dentre outras constatações, a nucleação de novos grupos de pesquisa interno ao programa.

Já a linha de pesquisa de caracterização de materiais policristalinos por difração de raios X no PPG FIMAT tem apresentado aplicações variadas. A abordagem permite interações com departamentos de farmácia e colaborações com empresas. Os métodos de Rietveld e Pair Distribution Function (PDF), por exemplo, são utilizados para analisar biomateriais na impressão 3D. Além disso, a pesquisa envolve análise de polimorfos de fármacos e materiais inorgânicos para fins tecnológicos, utilizando difração de raios X em policristais. A integração com diferentes laboratórios do PPG FIMAT e departamentos da UFOP é uma das janelas dessa linha. Os métodos empregados têm aplicações em investigação de sistemas de liberação controlada de fármacos, desenvolvimento de biofilamentos para impressão 3D e análise de estruturas cristalinas. Também contribuem para a construção de células solares orgânicas e dispositivos optoeletrônicos. A técnica de Raio-X é indispensável no desenvolvimento de metodologias de preparação de cristais moleculares. A correlação entre estrutura e propriedades funcionais dos materiais é explorada para o desenvolvimento de novos materiais em eletrônica, catálise, energia e biomédica. A pesquisa aborda síntese de compostos moleculares, preparação de monocristais, otimização de experimentos de difração

de raios X, análise de dados de difração e estudos de propriedades físicas e químicas dos materiais.

### **Linhas de Pesquisa da Área 1**

A seguir são apresentadas as 03 linhas de pesquisa voltadas à fabricação e caracterização de materiais orgânicos, inorgânicos e híbridos no PPG FIMAT. Estabelece-se aqui uma nota sobre a separação das linhas por classes de materiais, uma vez que há especialistas no PPG FIMAT que estabeleceram suas carreiras em técnicas de processamento e/ou caracterização voltadas a materiais específicos, isto é, orgânicos ou inorgânicos, mas que, por sua vez, estão estabelecendo e podem estabelecer parcerias entre si para promover, dentre outras cooperações, a sinergia de seus trabalhos no emprego de técnicas de processamento, caracterização ou no desenvolvimento de novos materiais híbridos, por exemplo.

#### **1.1 Materiais e Sistemas Orgânicos**

Nessa linha os docentes do PPG FIMAT tem estabelecido trabalhos tanto no processamento, quanto na caracterização de materiais orgânicos diversos: de nanocelulose a fibras vegetais, polímeros e moléculas orgânicos conjugados. Assim, a fabricação de filmes de nanocelulose autosustentados e caracterização dos mesmos a partir de técnicas de Microscopia de Varredura por Sonda, Espectroscopia Raman e Caracterização Elétrica. Estudo das alterações das propriedades morfológicas e elétricas dos filmes produzidos mediante exposição a diferentes condições ambientais como umidade, meio (líquido ou gasoso) e composição química tem sido foco dos trabalhos desenvolvidos. Já a investigação

de fibras vegetais e polímeros conjugados, por seu vez, tem sido realizada a partir de técnicas de impressão (ex: *wirebar coating*, rotogravura, *spincoating*, *silkscreen*) em substratos rígidos e flexíveis (ex: papel), típicas da Eletrônica Impressa e Eletrônica Orgânica, para caracterização ótica e elétrica visando possíveis aplicações em dosímetros de radiação, língua e nariz eletrônicos. Técnicas de espectroscopia de Luminescência, Absorção e Impedância Complexa tem sido usadas com o objetivo de compreender as propriedades elétricas e óticas desses materiais. Por fim, a investigação das características optoeletrônicas de materiais orgânicos eletricamente ativos, como moléculas orgânicas conjugadas, e o uso desses materiais em células solares, tem sido realizada a partir de técnicas de Fluorescência Estacionária e Resolvida no Tempo.

## **1.2 Materiais e Sistemas Inorgânicos**

Nessa linha os docentes do PPG tem trabalhado na preparação e caracterização de diversos materiais, de novas espécies minerais complexas a materiais bidimensionais. Assim, tem sido realizada a pesquisa, investigação e otimização da síntese de materiais bidimensionais incluindo grafeno, dicalcogenetos de metais de transição e heteroestruturas, como também outros nanomateriais crescidos por técnica de deposição química na fase vapor (CVD). Caracterização dos nanomateriais inorgânicos sintetizados por diversas técnicas de Microscopia de Varredura por Sonda, Espectroscopia Raman e via caracterização das Propriedades Elétricas (medidas de condutividade).

Também tem sido realizado e é proposto o estudo de arranjos estruturais e composições químicas inéditas de novas e raras espécies minerais complexas. Técnicas como a difração de raios X de pó (Cu K $\alpha$ ) e monocristal (Mo K $\alpha$ ) auxiliam



na solução e refinamento da estrutura cristalina enquanto análises por microsonda eletrônica nos modos EDS e WDS permitem identificar e quantificar a composição química dos compostos em alta resolução espacial e de energia. Essas informações são bastante úteis para as etapas de identificação, extração e beneficiamento desenvolvidas pelas empresas de mineração. Ou seja, uma oportunidade para estabelecer parcerias nessa área.

Dando sequência, a espectroscopia Raman com microscópio confocal em conjunto com a análise por fotoluminescência é empregada tanto na investigação dos minerais como na caracterização de heteroestruturas semicondutoras sintetizadas com aplicações tecnológicas em dispositivos ópticos de última geração.

Por fim, em se tratando de minerais vale destacar o estudo de novos minerais esfoliáveis. A proposta envolve desde a produção dos flocos, em escala nanométrica a partir do mineral bruto (via esfoliação mecânica ou em fase líquida), até a análise dos mesmos utilizando técnicas de SPM, espectroscopia raman, difração de raios X para posterior aplicação em dispositivos optoeletrônicos. A exploração dos processos de esfoliação mecânica e em fase líquida, acompanhados pela caracterização (e possível aplicação) utilizando as técnicas citadas vem sendo cada vez mais comum na comunidade científica.

### **1.3 Materiais e Sistemas Híbridos**

Nessa linha, já tem sido realizado e é proposto a consolidação do estudo da interação de fibras de nanocelulose com diversos nanomateriais bidimensionais a partir de técnicas de Microscopia de Varredura por Sonda, além da caracterização das propriedades elétricas utilizando medidas de condutividade, bem com o estudo de heteroestruturas de *van der Waals*. Destaca-se também o desenvolvimento de

compósitos, otimizados com materiais 2D, com interesse nas áreas de saúde e engenharia.

Por fim, fabricação e caracterização de materiais inorgânicos condutivos ou luminescentes em matriz poliméricos é foco dessa linha de pesquisa. Estabelecer materiais que visem novas oportunidades de pesquisa, sobretudo atrelando-se o desenvolvimento de novas classes de materiais híbridos orgânico-inorgânicos, com propriedades óticas, elétricas e mecânicas específicas, é tema dessa linha. Como exemplo é o uso de fibras vegetais, óxidos metálicos e corantes luminescentes para fabricação de sensores de pressão, gases e sensores de radiação. Outro exemplo é o uso de antocianinas em matrizes poliméricas para a caracterização e desenvolvimento de sensores de frescor de carnes e metais pesados, tais como os trabalhos já em desenvolvimento no PPG FIMAT

## **2) Nome da Área 2: ASPECTOS TEÓRICOS E COMPUTACIONAIS DA CIÊNCIA DE MATERIAIS**

A ciência dos materiais é uma área multidisciplinar para o desenvolvimento e estudo de novos materiais com propriedades específicas para aplicações em diversas áreas da ciência e da engenharia. No estudo de materiais também é importante o emprego de métodos teóricos e de simulações computacionais a fim de entender os fenômenos e se consiga os modelos adequados para descrever os experimentos e fenômenos. Com o avanço do estudo de materiais e da nanotecnologia essas técnicas de simulações computacionais ganharam maior sofisticação e alta reprodutibilidade, permitindo o entendimento de fenômenos cada vez mais complexos. Dependendo do tipo de propriedade que se queira descrever, diferentes técnicas podem ser utilizadas, desde técnicas de primeiros princípios à

dinâmica molecular com potenciais clássicos. Nesse sentido, os estudos teóricos e computacionais da ciência dos materiais desempenham um papel importante e tem como objetivo principal a aplicação de técnicas teóricas e computacionais para compreender as propriedades dos materiais e projetar novos materiais com propriedades específicas.

Os pesquisadores desta linha de pesquisa podem utilizar técnicas teóricas como a mecânica quântica, a termodinâmica e a física estatística para compreender a estrutura e as propriedades dos materiais em nível atômico e molecular. Além disso, eles podem utilizar técnicas computacionais como a modelagem molecular e a simulação numérica para simular o comportamento dos materiais em diferentes condições de temperatura, pressão e composição.

A pesquisa nesta linha de pesquisa tem várias aplicações práticas, como o desenvolvimento de materiais com propriedades específicas para aplicações em setores como aeroespacial, automotivo, eletrônico, biomédico e energético. Alguns exemplos de aplicações incluem o desenvolvimento de novos materiais para baterias, células solares, dispositivos eletrônicos e materiais resistentes à corrosão e ao desgaste.

Além disso, os pesquisadores desta linha de pesquisa também investigam as propriedades dos materiais em nível macroscópico, como a resistência mecânica, a condutividade térmica e elétrica, a dureza e a tenacidade. Eles buscam entender as relações entre a estrutura dos materiais e suas propriedades macroscópicas, com o objetivo de projetar novos materiais com propriedades aprimoradas.

Especificamente, podemos citar temas típicos desta área como sistemas complexos, problemas em materiais heterogêneos, sistemas não-homogêneos,

dinâmica e modelagem molecular, transição de fases, semicondutores magnéticos diluídos, propriedades magnéticas e de transporte de carga, propriedades de transporte com polarização de spins (spintrônica), métodos de primeiros princípios, nanoestruturas de nitreto de boro e carbono (fulerenos, grafenos e nanotubos), materiais bidimensionais, condensados de Bose-Einstein e problemas de hidrodinâmica em geral.

Em resumo, esta linha de pesquisa tem um papel fundamental na compreensão e desenvolvimento de novos materiais com propriedades específicas para aplicações em diversas áreas da ciência e da engenharia.

## **Linhas de pesquisa da área 2**

### **2.1) Análise teórica e computacional de sistemas físicos quânticos**

Esta linha de pesquisa engloba a pesquisa em nanomateriais, tanto em seus aspectos fundamentais quanto sob o ponto de vista de aplicações. Mais especificamente, há um foco na proposta e caracterização de novos materiais nos quais podem ser observados fenômenos emergentes em física de muitos corpos, bem como na caracterização das propriedades estruturais, eletrônicas e magnéticas de materiais já existentes ou recém sintetizados. Destaca-se a grande importância de colaborações com grupos experimentais, uma vez que a linha descrita pressupõe a elaboração de modelos para explicação de fenômenos observados em laboratório. Entre esses fenômenos, além da observação de novos materiais, destacam-se a modulação de propriedades eletrônicas a partir de manipulações nanométricas por meio de diversas sondas, as interações das nanoestruturas com outras moléculas, a formação de heteroestruturas, a influência do ambiente nas diversas propriedades,

e as respostas elétrica e mecânica dos compostos. Importante citar a possibilidade de estudos mais aplicados, como a investigação do uso de materiais como sensores e em dispositivos eletrônicos em geral.

A linha de pesquisa possui uma interseção relevante com a questão de fontes renováveis de energia, como o estudo de materiais com potenciais aplicações em células solares e catálise. Permite também a interação com a área de minerais, uma vez que envolve uma extensa metodologia adequada à caracterização de cristais.

A metodologia constitui, por si só, uma tema fascinante na área de pesquisa, pois diz respeito à descrição do comportamento de sistemas multieletrônicos, isto é, sistemas interagentes constituídos por um número elevado de partículas. As metodologias incluem métodos de primeiros princípios, como a Teoria do Funcional da Densidade (DFT), métodos semi empíricos, como o tight-binding, e métodos de simulação de dinâmica molecular, que podem ser feitas por primeiros princípios ou via potenciais modelo. Diversas técnicas, dentro de cada um dos métodos, são usadas ou desenvolvidas para o estudo de propriedades específicas dos materiais.

## **2.2) Análise teórica e computacional de sistemas físicos clássicos**

Sistemas nos quais efeitos quânticos não são levados em consideração de forma explícita são chamados de sistemas clássicos ou sistemas tratados classicamente. Nestes, modelos teóricos e computacionais têm foco em propriedades nas quais efeitos de estrutura eletrônica possam ser desprezados ou, quando relevantes, tratados de forma efetiva. Neste contexto, potenciais empíricos desempenham um papel fundamental na descrição dos fenômenos físicos em sistemas tratados classicamente.

Muitas propriedades interessantes podem ser exploradas em sistemas clássicos. Exemplos incluem transições de fase, defeitos em estruturas cristalinas, propriedades de transporte de átomos e moléculas, estudos de fadiga, condutividade térmica, propriedades vibracionais (com o seu equivalente óptico dado pela espectroscopia Raman, por exemplo) dentre outras. Sistemas mesoscópicos, como sistemas granulares e sistemas fibrosos, podem ser estudados por métodos de elementos discretos.

Muitas vezes, o estudo teórico/computacional de sistemas clássicos envolve a modelagem de materiais caracterizados por diferentes escalas espaciais e temporais. A possibilidade de tratar esses sistemas com modelagens clássicas requer uma abordagem na qual efeitos quânticos (inerentes às componentes de menor escala) relevantes ao fenômeno sob investigação sejam incorporados de alguma forma (em geral, implicitamente) no modelo físico. Além disso, a modelagem computacional de sistemas mesoscópicos que leve em consideração detalhes da estrutura microscópica de seus constituintes (os chamados modelos ab-initio) muitas vezes envolve um custo computacional proibitivo. Dessa forma, modelos clássicos demandam uma abordagem simplificada de sistemas reais que seja capaz de incorporar, na escala mesoscópica relevante, ingredientes físicos fundamentais inerentes à estrutura microscópica que desempenham papel fundamental para o estudo dos fenômenos sob investigação. Esse processo de modelagem que visa destacar os aspectos básicos da estrutura fina molecular em uma abordagem macroscópica é conhecido na comunidade de física de materiais como coarse-graining. Essa metodologia é fundamental no estudo de muitos fenômenos biológicos, os quais usualmente envolvem a modelagem de macromoléculas complexas, e suas interações com interfaces e membranas de

diferentes estruturas moleculares. É também utilizado em larga escala no estudo da formação (espontânea ou induzida) de estruturas macroscópicas com base em blocos fundamentais de menor escala, conhecido na literatura como processos de self-assembly. Uma vez que o processo de coarse-graining requer uma intuição física acurada dos fenômenos de diferentes escalas, sua combinação com cálculos de primeiros princípios, simulações ab-initio e/ou resultados experimentais é extremamente útil. Nesse sentido, o trabalho computacional a ser desenvolvido por nossos grupos mostra-se extremamente promissor, uma vez que abrange diferentes técnicas que permitem o estudo de sistemas complexos desde suas escalas fundamentais até escalas mesoscópicas relevantes em sistemas biológicos e em física de materiais.

Se por um lado a modelagem clássica de sistemas em nanoescala perde efeitos importantes advindos da mecânica quântica, por outro lado é possível se explorar um espaço de variáveis muito maior devido às simplificações inerentes a essa abordagem quando comparada com modelos quânticos. Ainda, geralmente, a física por trás dos resultados é mais evidente quando são usados modelos mais simples.

### **3) Nome da Área 3: APLICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS**

Essa área de pesquisa tem como objetivo principal estabelecer a ponte entre a investigação fundamental das propriedades dos materiais com suas possíveis aplicações técnicas em áreas de fronteira de conhecimento. Consequentemente, estabelecer no PPG FIMAT uma área voltada ao desenvolvimento de novos materiais e sistemas materiais, bem como de novas ferramentas de caracterização e análise dos mesmos, visando possíveis aplicações tecnológicas voltadas à sociedade e para atender às possíveis demandas do mercado. Essa área inclui,

portanto, o aperfeiçoamento de técnicas de caracterização já disponíveis no PPG FIMAT, como a de Espectroscopia de Impedância Complexa para identificação e aperfeiçoamento das curvas de resposta elétrica de sensores de gases e de pressão híbridos orgânicos-inorgânicos, bem como o desenvolvimento de novos materiais, como polímeros, cerâmicas, metais e compósitos, visando aplicações para indústrias e setores automotivos, aeroespacial, eletrônico, biomédica, civil etc. Assim, os docentes do PPG FIMAT já tem utilizado e deverão consolidar o uso de diversas técnicas e metodologias para desenvolver e avaliar novos materiais, como as de Microscopia Eletrônica de Varredura, Espectroscopia de Raios-X, Espectroscopia Raman, Ensaio de corrosão, Ensaio de Desgaste etc. Entre essas técnicas e metodologias destacam-se as de síntese química, a deposição de filmes finos, a eletrodeposição, a de laser ablativo, de eletrônica impressa, de dosimetria das radiações etc.

Os avanços na área de aplicação e desenvolvimento de materiais têm impacto significativo em diversas áreas da sociedade. Por esse motivo, os trabalhos nessa área serão norteados pela sustentabilidade, como foco nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU. Por exemplo, na indústria eletrônica, onde a eletrônica impressa e orgânica estão presentes no PPG FIMAT, a descoberta de novos materiais permite a produção de dispositivos eletrônicos mais eficientes, com menor consumo de energia, maior capacidade de processamento e com possibilidades futuras desde o emprego em células fotovoltaicas até sensores de radiação para aplicações ambientais. Ademais, na área biomédica, os materiais desenvolvidos e aplicados são utilizados em próteses, implantes e equipamentos médicos, permitindo não apenas a melhoria na qualidade de vida dos pacientes, como também o monitoramento e controle em tempo real de procedimentos



hospitalares, onde os sensores óticos, mecânicos e elétricos são de grande importância.

A nanotecnologia é outra área que tem se beneficiado dos avanços em materiais, permitindo a produção de materiais e dispositivos com propriedades especiais que antes eram impossíveis de serem alcançadas.

A aplicação e o desenvolvimento de materiais também tem contribuído significativamente para a sustentabilidade ambiental. O desenvolvimento de materiais biodegradáveis e recicláveis, por exemplo, reduz o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de materiais. Além disso, o uso de materiais mais eficientes em termos de energia e recursos naturais contribui para a redução da pegada de carbono da indústria. Reduzir o impacto do lixo plástico no desenvolvimento de novos produtos é tema do trabalho de docentes do PPG FIMAT.

Por fim, os docentes do PPG FIMAT já tem estabelecido trabalhos projetos com aplicações em biomateriais, sensores, esterilizador portátil de água, materiais de construção civil, revestimentos etc. Portanto, a área 3 se destaca como uma área multidisciplinar, por abrange diversas áreas de conhecimento, como a Física, a Química, a Engenharia, a Biologia, e vai desde o emprego prático de nanopartículas, nanomateriais e nanocompósitos até o desenvolvimento de sistemas e dispositivos mais complexos à base de filmes ultrafinos, incluindo sistemas orgânicos (polímeros), inorgânicos (óxidos e ligas), orgânicos-inorgânicos, passando ainda por aplicações desses novos materiais e sistemas em nanocamadas, heteroestruturas, sensores diversos e dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos orgânicos e orgânicos-inorgânicos.

Em resumo, essa área proposta no PPG FIMAT, que se destaca em relação a atual composição de áreas do programa (Mestrado), pois surge dentro dessa proposta de Doutorado, funcionará como o meio para estabelecer que os egressos do programa apresentem formação diversificada unindo, assim, habilidades (ou competências) de estudo investigativo (via ciência básica e aplicada), ponto forte do programa, norteadas, por sua vez, por possíveis aplicações técnicas e tecnológicas de materiais. Portanto, são produtos que devem ser gerados pelos trabalhos desenvolvidos nessa linha: patentes, *startups*, transferência de *know how*, estabelecimento de parcerias público-privadas, colaborações técnicas com outros centros de pesquisa, inserção de egressos em centros de pesquisa e indústrias etc.

### **Linha de pesquisa da área 3**

#### **3.1 Desenvolvimento de novos materiais, técnicas de caracterização e produtos**

Esta linha envolve trabalhos que já encontram-se em desenvolvimento no PPG FIMAT e que devem se consolidar com o programa de doutoramento. Trabalhos que vão desde a reutilização/reciclagem de materiais e o reaproveitamento de rejeitos de mineração, visando a economia circular, até o estudo da corrosão, tribocorrosão, desgaste de revestimentos e pelo emprego de novas ligas metálicas, passando ainda pelo desenvolvimento e aprimoramento de biomateriais com aplicação de nanominerais bidimensionais; de novas aplicações e novas propriedades para minerais abundantes em Minas Gerais; de cerâmicas avançadas e suas aplicações e, por fim, pelo uso de polímeros e estruturas orgânicas para aplicações em sensores de gás, líquidos, alimentos e radiação. Claramente, os temas de pesquisa

citados acima ilustram a complementaridade entre ciência pura e aplicada voltadas ao desenvolvimento tecnológico. Nesse caso, a ciência pura envolve os aspectos teórico-científicos do programa. Ela aborda os problemas sob uma ótica teórica, oferecendo explicações para fenômenos físicos observados nas escalas nano e macro, apoiando-se, por exemplo, em modelos fenomenológicos e em simulações computacionais. Técnicas da mecânica quântica e física molecular são amplamente utilizadas. Ou seja, a pesquisa aplicada desenvolvida nessa linha possuirá forte correlação com a ciência pura, a qual fornecerá suporte para a explicação dos fenômenos observados experimentalmente, mas como foco na sustentabilidade e no desempenho (ex: eficiência, eficácia, tempo de vida, reprodutibilidade, sensibilidade, equidade, custo) dos “produtos” a serem proposto e desenvolvidos.

## **CARACTERIZAÇÃO DO CURSO**

### **Objetivo do curso/perfil do egresso a ser formado**

Pretende-se formar um cientista de materiais. Trata-se de um profissional com conhecimento consolidado nas áreas básicas que sustentam a física de materiais e que, ao mesmo tempo, seja capaz de aplicar o conhecimento adquirido em sua atuação profissional posterior. Dentre as habilidades desejadas na atuação após o curso de doutorado, espera-se que o egresso do PPG FIMAT, 1) caso opte pelo perfil acadêmico, seja capaz de realizar pesquisa científica no estado da arte nas áreas da física e química da matéria condensada e materiais; 2) caso se posicione profissionalmente no meio produtivo, podemos esperar que atue na resolução de problemas deste setor, sendo também capaz de identificar as demandas oriundas da indústria que necessitam de atenção do meio acadêmico. Esta última vertente é

uma realidade no parque tecnológico/industrial no entorno de Ouro Preto. Empresas como Vale do Rio Doce, Samarco, CSN, Gerdau, entre outras, possuem demandas específicas que este profissional deverá ser capaz de sanar. Esta demanda tem sido verificada e, portanto, a formação de pessoal especializado deverá suprir a carência de mão de obra especializada no setor produtivo.

Um dos aspectos inovadores da nossa proposta de criação do curso de doutorado é a introdução da obrigatoriedade de um estágio acadêmico ou tecnológico com duração entre 6 e 12 meses. Por estágio acadêmico, temos em mente um período aos moldes do doutorado-sanduíche no exterior. No entanto, devido às incertezas sobre financiamento desta modalidade, nossa proposta é que o discente possa realizar tal estágio em uma instituição brasileira. Ainda, caso o projeto de pesquisa do discente possua aspectos tecnológicos com forte presença no setor produtivo, o estágio acadêmico poderá ser substituído por um estágio profissional em alguma empresa ou indústria. De fato, assim como citado anteriormente, o entorno de Ouro Preto é dotado de um forte pólo minero-metalúrgico. Portanto, nosso objetivo com esta iniciativa é formar o cientista de materiais que possui contato direto com empresas atuantes na área e que seja capaz de identificar os problemas que o setor minero-metalúrgico enfrenta e quais as soluções que a academia poderia prover. Acreditamos que esta iniciativa terá grande impacto no perfil do egresso e será considerado uma das principais vitrines do nosso programa de pós-graduação.

Independentemente da atuação da área de atuação do egresso, sua formação acadêmica também será moldada pelo conjunto de disciplinas que ele deve cursar. O corpo de disciplinas obrigatórias, descrito a seguir, é balanceado entre disciplinas de cunho teórico, sobretudo mecânica quântica, como também disciplinas de formação em técnicas experimentais básicas (mestrado) e avançadas (doutorado).

A depender da área de atuação, um conjunto específico de disciplinas eletivas estará disponível para o discente. Em outras palavras, o discente de uma área de atuação deverá, obrigatoriamente, optar por uma das disciplinas eletivas daquela área, reforçando, assim, sua capacitação dentro da área de pesquisa.

### **Descrição sintética do esquema de oferta de curso**

A estrutura curricular do curso de mestrado prevê um conjunto de disciplinas obrigatórias, a saber:

- 1) Seminários da Pós-Graduação, Carga Horária: 30 horas / Créditos: 02;
- 2) Preparação e caracterização de materiais, Carga Horária: 60 horas (40 teóricos e 20 práticas em laboratório) / Créditos: 04;
- 3) Mecânica Quântica Aplicada, Carga Horária: 60 horas / Créditos: 04;
- 4) Ciência de Materiais, Carga Horária: 60 horas / Créditos: 04.

Este conjunto de 4 disciplinas pretende oferecer ao discente a formação básica na área. Todas estas disciplinas têm sido ofertadas regularmente a cada semestre nos últimos anos. Geralmente, os discentes se matriculam nestas disciplinas em seu primeiro semestre do curso de mestrado.

Após a conclusão deste conjunto obrigatório de créditos, o aluno deve eleger, em concordância com seu orientador, quais serão as disciplinas eletivas a serem cursadas no segundo e, eventualmente, terceiro semestre do curso de mestrado. Até 2019 eram ofertadas regularmente duas disciplinas eletivas por semestre. Desde 2020 o número de eletivas por semestre subiu para 3. Com a criação do doutorado, deverão ser ofertadas de 4 a 5 eletivas por semestre.

Assim como já destacado, nossa proposta prevê uma mudança na forma como as disciplinas serão ofertadas também no mestrado. Caso o doutorado seja aprovado, a disciplina Mecânica Quântica Aplicada será ofertada no doutorado, seguindo sua ementa formal, enquanto que o mestrado contará com uma nova disciplina obrigatória, Introdução à Física Quântica. Novamente, esta mudança é fruto da experiência acumulada ao longo da última década, onde percebemos que discentes oriundos de cursos de engenharia e química, que nunca tiveram contato com aspectos mais formais e técnicos da Mecânica Quântica, tem grande dificuldade com um curso tradicional de Mecânica Quântica em nível de pós-graduação.

Ainda, para atender a nova área de pesquisa voltada à Aplicação de Materiais, a disciplina Preparação e caracterização de materiais teria seu nome alterado para Preparação, caracterização e aplicação de materiais, com a devida mudança em sua ementa.

Portanto, a nova configuração das disciplinas do FIMAT será a seguinte.

Disciplinas obrigatórias para o Mestrado:

M1) Seminários da Pós-Graduação 1, Carga Horária: 30 horas / Créditos: 02;

M2) Preparação, caracterização e APLICAÇÃO de materiais I, Carga Horária: 60 horas (40 teóricos e 20 práticas em laboratório) / Créditos: 04;

M3) INTRODUÇÃO À MECÂNICA QUÂNTICA: 60 horas / Créditos: 04;

M4) Ciência de Materiais, Carga Horária: 60 horas / Créditos: 04.

Serão 7 (sete) disciplinas obrigatórias para o curso de Doutorado:

D1) Seminários da Pós-Graduação 1, Carga Horária: 30 horas / Créditos: 02;

D2) Preparação, caracterização e APLICAÇÃO de materiais I, Carga Horária: 60 horas (40 teóricos e 20 práticas em laboratório) / Créditos: 04;

D3) Mecânica Quântica Aplicada: 60 horas / Créditos: 04;

D4) Ciência de Materiais, Carga Horária: 60 horas / Créditos: 04.

As disciplinas D1, D2 e D4 são idênticas às ofertadas para o curso de mestrado. Assim, o mestre formado pelo FIMAT, que deseje se matricular no curso de doutorado, deverá cursar, além de Mecânica Quântica Aplicada, as seguintes disciplinas obrigatórias:

D5) Seminários da Pós-Graduação 2, Carga Horária: 30 horas / Créditos: 02;

D6) Intercâmbio acadêmico/tecnológico, Carga Horária: 60 horas / Créditos: 04

D7) Preparação, caracterização e APLICAÇÃO de materiais II, Carga Horária: 30 horas (15 teóricos e 15 práticas em laboratório) / Créditos: 02;

O objetivo da criação da disciplina D6, Intercâmbio acadêmico/tecnológico, é garantir que o discente terá um período de atuação fora da UFOP. Acreditamos que este aspecto será um grande diferencial do curso de doutorado.

As disciplinas eletivas serão organizadas por grupos referentes a cada uma das três áreas de concentração. Assim, um discente que estiver atrelado a um projeto de pesquisa pertencente à certa área, deverá cursar as disciplinas próprias desta área. Esta estratégia garante a oferta semestral de ao menos uma disciplina eletiva associada a cada área.

## **DISCIPLINAS**

O curso de doutorado contará com 7 disciplinas obrigatórias:

### 1- Seminários da Pós-Graduação 1

Carga Horária: 30 horas / Créditos: 02.

Ementa: Apresentação de tópicos da literatura científica e de pesquisas feitas por alunos, professores e conferencistas convidados da pós-graduação, oferecida no para os alunos ingressantes já no primeiro semestre. A ideia é permitir o contato imediato dos alunos ingressantes com diferentes áreas de pesquisa e contato com possíveis futuros orientadores.

### 2-Preparação, caracterização e aplicação de materiais 1

Carga Horária: 60 horas (40 teóricos e 20 práticas em laboratório) / Créditos: 04

Ementa: Introdução ao processamento, à preparação e à análise química de materiais; cinética e termodinâmica; substâncias puras e misturas simples; relações entre processamento, estrutura, propriedade e desempenho de materiais; métodos preparativos para classes específicas de materiais metálicos, cerâmicos, monocristais, vidros, polímeros e compósitos; introdução às técnicas usuais de caracterização de materiais.

### 3-Mecânica Quântica Aplicada

Carga Horária: 60 horas / Créditos: 04.

Ementa: Operadores em mecânica quântica. Postulados da mecânica quântica e equação de Schrodinger. Mecânica quântica matricial. Movimento linear e oscilador harmônico. Momento angular e átomo de hidrogênio. Teoria de perturbação e método variacional. Noções sobre simetrias e representação de grupos. Estruturas



atômicas e moleculares. Rotações e vibrações moleculares. Transições eletrônicas moleculares. Propriedades elétricas e ópticas de moléculas.

#### 4- Ciência de Materiais

Carga Horária: 60 horas / Créditos: 04.

Ementa: Introdução aos Materiais; Estrutura Atômica; Arranjo Atômico; Imperfeições da Rede Cristalina; Tipos de Materiais; Relação estrutura/microestrutura-propriedade de materiais, Propriedades Químicas, Mecânicas, Térmicas, Elétricas, Magnéticas e Óticas de Materiais.

#### 5 - Seminários da Pós-Graduação 2

Carga Horária: 30 horas / Créditos 02;

Ementa: Apresentação de tópicos da literatura científica na área de materiais e de pesquisas feitas por alunos, professores e conferencistas convidados. 25% da disciplina deverá conter tópicos de inovação, empreendedorismo e preparação para profissionais no mercado de trabalho em empresas e indústria em áreas correlatas de materiais.

#### 6 - Intercâmbio Acadêmico / Tecnológico

Carga horária: 60 horas / Créditos 4;

Ementa: Intercâmbio acadêmico em Instituição de Ciência e Tecnologia (ICT) ou estágio profissional em empresa da área de materiais supervisionado por professor do programa e colaborador nas ICTs ou empresas. O período total do estágio deve compreender pelo ao menos 6 meses. Ao fim deste período um relatório de

atividades deve ser confeccionado e assinado por discente, orientador e supervisor. Sua aprovação deve ocorrer no âmbito do colegiado do curso.

#### 7 - Preparação, caracterização e APLICAÇÃO de materiais II

Carga Horária: 30 horas (15 teóricos e 15 práticas em laboratório) / Créditos: 02;

Ementa: Técnicas avançadas de preparação, processamento, caracterização e aplicação de materiais. A disciplina possui ementa livre, sendo o professor regente responsável por direcionar cada discente aos tópicos específicos que tenham interface com o desenvolvimento de cada trabalho de tese de doutorado.

Além das 7 disciplinas obrigatórias, também serão criadas as seguintes disciplinas optativas que serão comuns todos os discentes:

- **Escrita científica**

Carga Horária Total: 60h / Teórica: 2h/semana / Prática: 2h/semana.

**Objetivo:** Desenvolver e/ou aprimorar técnicas para Escrita Científica, incluindo a concepção, preparação e escrita de artigos científicos, dissertações/teses e projetos.

**Programa Resumido:** Os fundamentos da escrita científica; Os modelos da escrita científica; Produção de textos científicos; Ferramentas computacionais e práticas de escrita científica.

**Bibliografia:**

[1] Schuster, Ethel, Levkowitz, Haim, Oliveira Jr., Osvaldo N. (Eds), "Writing Scientific Papers in English Successfully: Your complete roadmap", Gráfica Compacta, 2014, São Carlos.

[2] Volpato, Gilson Luiz. Dicas para redação científica. 3. ed. ampl. rev. São Paulo,

Cultura Acadêmica, 2010.

[3] Glasman-Deal, Hilary. Science research writing for non-native speakers of English. London, Imperial College Press, c2010 Hackensack, NJ. xi, 257 p.

- **Inovação e Empreendedorismo**

Carga Horária Total: 60 h / Teórica: 2h/semana / Prática: 2h/semana.

**Objetivo:** Estimular o pensamento empreendedor a partir do desenvolvimento de projetos aplicados e tecnológicos voltados à área de Materiais, ou áreas correlatas e afins.

**Programa Resumido:** Estimular a cultura empreendedora por meio do desenvolvimento de projetos aplicados e tecnológicos a partir da introdução e prática do empreender como meio de identificação de problemas, idealização e foco de soluções criativas e inovadoras, prototipagens e testes de produtos ou etapas de processos voltados à área de Materiais, ou áreas correlatas e afins.

**Bibliografia:**

[1] André Luís Silva, *Empreendedorismo Universitário*. Jundiaí/SP: Paco Editora, 2019.

[2] Teresa Cristina Lopes Fabrete, *Empreendedorismo*, 2ª ed. São Paulo: Editora Pearson, 2019.

[3] José Dornelas, *Empreendedorismo para visionários: desenvolvendo negócios inovadores para um mundo em transformação*, 2ª ed. São Paulo: Empreende, 2019.

[4] José Dornelas, *Empreendedorismo, Transformando Ideias em Negócios*, 8ª ed., Empreende, 2021.

[5] *Design thinking: ferramenta de inovação para empreendedoras e empreendedores*, em <https://endeavor.org.br/tecnologia/design-thinking-inovacao/>

[6] M. Vianna, Y. Vianna, I. K. Adler, B. Lucena, B. Russo, Design thinking: inovação em negócios, MJV Tecnologia Ltda, 2011.

[7] *Engineering for sustainable development*, International Center for Engineering Education - CIEE da United Nations Education, Scientific and Cultural Organization – UNESCO, 2021.

Abaixo listamos as disciplinas optativas ofertadas atualmente pelo PPG FIMAT, com a inclusão das duas novas disciplinas citadas acima. As siglas G1, G2 e G3 fazem referência às áreas de pesquisa do PPG como já descrito anteriormente. Todas as ementas estão apresentadas no site do PPG FIMAT (<https://fimat.ufop.br/disciplinas/disciplinas-optativas>). A proposta é que o discente deve realizar suas optativas dentro do respectivo grupo G1, G2 ou G3 de acordo com seu projeto de pesquisa. A indicação dos grupos G1, G2 e G3 não exclui, necessariamente, que um discente de outra área possa fazer a disciplina de outro grupo. Caberá ao orientador, avaliando o perfil do aluno, aprovar a matrícula do discente nas disciplinas, via sistema informatizado da UFOP na plataforma [minha.ufop.br](http://minha.ufop.br) conforme Resolução Proppi/UFOP número 8039 de 18 de Novembro de 2020.

Grupo G1 - Área: **CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS E SISTEMAS ESTRUTURADOS E NANOESTRUTURADOS**

Fotofísica Molecular;

Microscopia de Varredura por Sonda;

Cristalografia e Difração de Raios-x;

Física de Polímeros;

Física do Estado Sólido;

Materiais cerâmicos;

Materiais e Dispositivos Eletrônicos;

Nanociência e Nanotecnologia;

Técnicas de Caracterização Espectroscópicas.

Métodos de Física Computacional\*;

Escrita científica para artigos, dissertações/teses e projetos de pesquisa\*;

Inovação e Empreendedorismo\*.

Grupo G2 - Área: **ASPECTOS TEÓRICOS E COMPUTACIONAIS DA CIÊNCIA**

### **DE MATERIAIS**

Teoria Eletromagnética nos Materiais;

Estrutura Eletrônica de Átomos Moléculas e Sólidos;

Física do Estado Sólido;

Física Estatística;

Magnetismo em matéria condensada;

Materiais e Dispositivos Eletrônicos;

Métodos Matemáticos;

Nanociência e Nanotecnologia;

Métodos de Física Computacional\*;

Escrita científica para artigos, dissertações/teses e projetos de pesquisa\*;

Inovação e Empreendedorismo\*.

Grupo G3 - Área: **APLICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS**

Fotofísica Molecular;

Microscopia de Varredura por Sonda;

Dispositivos Eletrônicos Orgânicos;  
Física de Polímeros;  
Materiais cerâmicos;  
Materiais e Dispositivos Eletrônicos;  
Nanociência e Nanotecnologia;  
Técnicas de Caracterização Espectroscópicas;  
Métodos de Física Computacional\*;  
Escrita científica para artigos, dissertações/teses e projetos de pesquisa\*;  
Inovação e Empreendedorismo\*.

\* Disciplinas optativas comuns a todos os grupos.

## **CORPO DOCENTE**

Atualmente, os critérios estabelecidos para ingresso e permanência de professores no Programa acompanham os critérios de avaliação da CAPES que permitem obter a avaliação máxima em relação ao corpo docente e estão descritos nos regimentos dos cursos de mestrado e doutorado. Um critério básico para o credenciamento de docentes como membros permanentes é que sejam bolsistas de produtividade do CNPq. Estes bolsistas perfazem a maioria do corpo do docente do programa. Atualmente são 11 bolsistas CNPq entre o corpo docente permanente. Praticamente  $\frac{2}{3}$  do corpo docente permanente total. Neste quesito o FIMAT possui o número mais expressivo dentre todos os PPGs da UFOP. Em seguida, o corpo docente é composto por docentes com produtividade relevante e que atuam em áreas de pesquisa consideradas estratégicas para o aumento do nosso portfólio de atividades científicas. Muito provavelmente, os docentes permanentes do programa que ainda não bolsistas de produtividade do CNPq, por

serem ainda recém-doutores, deverão ter suas bolsas Pq implementadas ao longo do próximo quadriênio.

O perfil docente do FIMAT é formado por profissionais de diversas áreas. É composto majoritariamente por físicos, mas também conta com a participação de professores/pesquisadores com formação em química e engenharias, enriquecendo as linhas de pesquisa do Programa com um amplo espectro de possibilidades, condizente com a proposta pedagógica interdisciplinar do curso. Em sua atual configuração docente, o FIMAT conta com 20 docentes, sendo 16 permanentes e 4 colaboradores. Dentre os docentes, 11 são bolsistas do CNPq (10 Pq2 do nível 2, 1 Pq nível 1D e 1 bolsista Prod. Desen. Tec. e Extensão Inovadora nível 2).

Vamos listar aqui os membros permanentes do programa obedecendo uma separação entre pesquisadores cuja atuação tem natureza experimental ou teórico/computacional.

São 11 os membros permanentes do programa com perfil de atuação no contexto da física e químicas experimentais:

Ana Paula Moreira Barboza: bacharel em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (2005). Fez mestrado (2008), doutorado (2012) e pós-doutorado (2013) nessa mesma universidade. É especialista em técnicas de Microscopia de Varredura por Sonda (SPM), com ênfase em caracterização eletromecânica de nanoestruturas como nanotubos, nanofios, nanofibras de colágeno e celulose, nanopartículas, nanorods, materiais bidimensionais, filmes finos, sistemas auto-construídos, utilizando diferentes técnicas de SPM. Atualmente é coordenadora de um projeto universal da FAPEMIG e participa de duas Redes interinstitucionais: (i) Rede Estudos e aplicações de materiais 2D, coordenada pelo

prof. Rodrigo Gribel (UFMG) e (ii) Rede de pesquisa e inovação para bioengenharia de nanossistemas, coordenada pelo prof. Ado Jorio (UFMG). É revisora do periódico *Physica B - Condensed Matter* desde 2017. Seus projetos envolvem não apenas a caracterização de nanomateriais, mas sobretudo a modificação controlada de propriedades dos mesmos.

André Esteves Nogueira: graduado em Química e mestre em Agroquímica pela Universidade Federal de Lavras e doutor em ciências/Físico-Química - Universidade Federal de São Carlos, atuando no CEPID/CDMF - Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais, no INCTMN- Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Materiais em Nanotecnologia e no Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica (LIEC-UFSCar). Pós-doutorando na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO) e no Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Atualmente é professor da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e participa como membro permanente no programa de pós-graduação PPGQUIM e FIMAT . Tem experiência na área de Físico-Química e atua nos seguintes temas: Síntese e Caracterização de nanomateriais, Catálise, Fotocatálise. Aplicação em em processos de Redução de CO<sub>2</sub>, Water Splitting e em processos oxidativos avançados. ResearcherID: O-3735-2015

Bruna Bueno Postacchini: graduou-se em Física (2001) pela Universidade de São Paulo (USP), possui mestrado em Ciências (2003) em Ciências também pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP-USP) e doutorado (2009) em Física com ênfase em Física Aplicada pelo Instituto de Física de São Carlos (IFSC-USP) com estágio sanduíche na University of Durham-Inglaterra (2008). É



docente Associado III na Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP atuando nessa instituição desde 2009. Coordena o Laboratório de Fotofísica Molecular (criado em 2013) o qual conta com um espectrômetro de fluorescência resolvida no tempo com resolução temporal de centenas de Pico segundos. Atua no estudo de Processos Fotofísicos (luminescência, absorção, tempos de vida do estado excitado, transferência de energia ressonante) de moléculas orgânicas eletroativas tais como clorofila, ftalocianinas e outros derivados de porfirina com aplicação em dispositivos conversores de energia, sensores, chaveamento ótico e terapia fotodinâmica. Atua na divulgação científica e extensão sobre as aplicações da luz na área da saúde.

Jaqueline dos Santos Soares: possui doutorado em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestrado em Física pela Universidade Federal de Viçosa e graduação em Física pela Universidade Federal de São João del Rei. Fez pós-doutorado no G.R. Harrison Spectroscopy Laboratory, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, EUA, onde trabalhou com detecção de doenças utilizando espectroscopias (Raman, reflectância e fluorescência), tendo como foco a espectroscopia Raman. Durante o doutorado estudou serpentinas de nanotubo de carbono utilizando espectroscopia Raman, trabalhou com caracterização de materiais e em síntese de serpentinas de nanotubo de carbono por deposição química na fase vapor (CVD), no Weizmann Institute Of Science em Israel. O mestrado teve ênfase em medidas de transporte elétrico e fabricação de dispositivos usando litografia óptica. E na graduação estudou as propriedades das superfícies de carbetto de silício utilizando cálculos ab initio. Recebeu o prêmio "Para Mulheres na Ciência - categoria Física - 2018" concedido pela L'Oréal-UNESCO-Academia Brasileira de Ciências.

Marcelo Barbosa de Andrade: é físico de formação e atua nas áreas de pesquisa e ensino. Publicou mais de 40 artigos em periódicos especializados. Estes trabalhos receberam cerca de 487 citações (fator h = 10) na Web of Science, 830 citações (fator h= 13) no Google Scholar e 550 citações (fator h 10) no SCOPUS ((dados de abril de 2023). Possui experiência em Física da Matéria Condensada com ênfase na caracterização de minerais e compostos sintéticos inorgânicos. Desenvolveu seus projetos de pós-doutorado e orientou alunos de Treinamento Técnico, Iniciação Científica e Mestrado em Cristalografia e Espectroscopia Raman no IFSC-USP e no College of Science, University of Arizona. Possui Graduação e Mestrado em Física pelo Instituto de Física (IF-USP) e doutorado pelo Instituto de Geociências (IGC-USP) com ênfase em cristalografia e nomenclatura de minerais. Trabalha de maneira interdisciplinar, utilizando técnicas de difração de raios X e nêutrons em associação com espectroscopia Raman e microsonda eletrônica com o intuito de caracterizar compostos sintéticos e naturais complexos. Destaque especial para a caracterização de compostos semicondutores e onze novas espécies minerais, algumas incluindo terras raras, antimônio, nióbio e tântalo, aprovadas pela International Mineralogical Association (IMA). ORCID ID. [orcid.org/0000-0001-9137-8831](https://orcid.org/0000-0001-9137-8831).

Rodrigo de Souza Correa: atua como professor adjunto do Departamento de Química (DEQUI) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Doutor em Química Inorgânica, pela Universidade Federal de São Carlos (2009-2013). Concluiu seu mestrado em Física Aplicada-Física Biomolecular, pelo Instituto de Física de São Carlos-USP (2007-2009). Possui graduação em Bacharelado em Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Federal de Alfenas (2003-2007). Realizou um estágio de pós-doutorado no Laboratório de síntese

orgânica na Universidad de La Habana (2013-2014) sob supervisão do Prof. Dr. Raúl Oscar Mocoello Castell como parte do projeto MES-CUBA/CAPES (14237-13-0). E outro pós-doutorado no Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos (2014-2015) financiado pela FAPESP, sob supervisão do Prof. Dr. Alzir Azevedo Batista. Tem experiência em cristalografia aplicada à estudos de interações intra e intermoleculares de moléculas com interesse farmacológico e engenharia de cristais moleculares. Também, atua na área de Química Inorgânica, com ênfase em síntese e caracterização de complexos metálicos contendo bioligantes. Atualmente é responsável pelo Laboratório de Química Estrutural e Inorgânica e participa como membro permanente nos programas de pós-graduação PPGQUIM e FIMAT.

Rodrigo Fernando Bianchi: graduado em Física pela Universidade de São Paulo - USP (1995), mestre (1997) e doutor (2002) em Ciência e Engenharia de Materiais pela USP, doutorado sanduiche na University of North Carolina at Chapel Hill, EUA (2000), pós-doutorado no Instituto de Física de São Carlos - USP (2002-2006) e pesquisador visitante do Department of Electrical Engineering and Computer Sciences da Universidade da Califórnia em Berkeley, EUA (2011-2013). Foi docente do Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos da Escola Politécnica da USP (2004-2006), membro da Câmara de Ciências Exatas e Materiais da Fapemig (2011-2012) e Coordenador do Núcleo de Inovação Tecnológica e Empreendedorismo da UFOP (2013-2014). É Professor Titular do Departamento de Física da UFOP, Bolsista de Produtividade do CNPq, Diretor Científico da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais - SBPMat, Professor Permanente dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e de Ciências: Física de Materiais da UFOP e Pró-reitor de Planejamento e

Desenvolvimento UFOP. Possui mais de 60 artigos publicados, 05 patentes nacionais e 02 PCTs. Orientou 05 doutores, 12 mestres e mais de 30 ICs e TCCs. Recebeu o prêmio de destaque científico do ICEB-UFOP em 2011, 02 prêmios nacionais de inovação tecnológica, 03 prêmios estaduais de pesquisa científica e 02 prêmios regionais de inovação. É sócio fundador da empresa Lifee - Tecnologia em Favor da Vida, e membro da SBF, da SBPMat, do MRS, da NY Academy of Science e da ANPEI. Tem experiência em empreendedorismo e na área de Física de Materiais, atuando principalmente na pesquisa de filmes finos e dispositivos eletrônicos orgânicos

Taíse Matte Manhabosco: possui graduação em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul(2002), mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul(2005), doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul(2009), pós-doutorado pela Université de Bourgogne (2012) e pós-doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul(2009). Atualmente é Professor Adjunto IV da Universidade Federal de Ouro Preto, Revisor de periódico da ACS Applied Materials & Interfaces, Revisor de periódico da Surface & Coatings Technology, Revisor de periódico da Ionics (Kiel), Revisor de periódico da The Journal of Physical Chemistry. A, Revisor de periódico da Corrosion Science, Revisor de periódico da Tribology Letter e Revisor de periódico da Materials Science in Semiconductor Processing. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Atuando principalmente nos seguintes temas:AFM, corrosão, desgaste, DLC (Diamond-like Carbon), Electrodeposition e Líquidos orgânicos.

Thiago Cazatti: bacharel em Física pelo Instituto de Física de São Carlos-USP (2000), mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais pelo Instituto de Física de São Carlos (2003) e doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais pelo Instituto de Física de São Carlos (2007). Pós doutorado pela Universidade de Durham, Durham, UK (2008). Atualmente é Professor Adjunto IV do Departamento de Física da Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: Estudo das propriedades Ópticas e Elétricas de filmes finos de materiais orgânicos semicondutores, caracterização e fabricação dispositivos Optoeletrônicos de materiais orgânicos, em particular os fotovoltaicos (OPVs) e estudo das propriedades de transporte de cargas fotogeradas em dispositivos orgânicos. Outra linha de pesquisa envolve espectroscopia de sistemas orgânicos conjugados, onde utiliza-se absorção, fotoluminescência e espectroscopia ultra-rápida para investigar a fotogeração de portadores de cargas, fenômenos de transferência de energia e relaxação energética.

Vinícius Danilo Nonato Bezzon: possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2010), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Mestrado e Doutorado pelo Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais (POSMAT), Faculdade de Ciências de Bauru (Unesp), em que desenvolveu projetos de pesquisa no Laboratório de Cristalografia de Policristais do Instituto de Química de Araraquara (Unesp) na área de difração de raios X por policristais. Tem experiência em análise qualitativa e quantitativa de fármacos cristalinos e materiais inorgânicos para aplicação tecnológica utilizando a difração de raios X por policristais e o Método de Rietveld. Em seu doutorado, realizou estágio sanduíche no Canadian Light Source,

University of Saskatchewan, Canadá (bolsa Capes PDSE 99999.010868/2014-03), onde desenvolveu estudo de estruturas de curto e intermediário ordenamento de sistemas de liberação controlada aplicando o método Pair Distribution Function com dados de espalhamento total de raios X com luz síncrotron de alta energia.

Viviane Martins Rebello dos Santos: possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1999), graduação em Licenciatura e Bacharelado em Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2002), doutorado em Química Orgânica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2003) e Pós doutorado em Química Orgânica pela UFMG (2006). Atualmente, é professora Associado III do departamento de Química, professor permanente do programa de Pós-graduação em Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental (PPGSSA) e professor permanente do programa de Pós-graduação em física de materiais (FIMAT) e pesquisador da Universidade Federal de Ouro Preto. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Síntese Orgânica Biológica, produtos naturais e modificação química de materiais, atuando principalmente nos seguintes temas: atividade T-Cruzi, biopolímeros, atividade antifúngica, fotoproteção, produtos naturais e meio ambiente.

Outros 5 docentes permanentes possuem um perfil teórico/computacional:

Alan Barros de Oliveira: possui graduação em Física/Bacharelado pela Universidade Federal da Bahia (2001), mestrado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2004) e doutorado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008). Tem experiência na área de Física, com ênfase em Equação de Estado, Equilíbrio de Fases e Transições de Fase, atuando principalmente no seguinte tema: water anomalies, phase transition, criticality.

Hermano Endlich Schneider Velten: possui graduação em Física pela UFES (2005), mestrado (2007) e doutorado (2011) em Ciências Físicas pela UFES com período sanduíche em Bielefeld Universität (Alemanha) em 2009. Foi Pós-Doutorando na Bielefeld Universität, pesquisador visitante do Centre de Physique Théorique (CPT) em Marseille (França) e Bolsista Atração de Jovens Talentos (BJT) do programa Ciência Sem Fronteiras (CNPq). Atua no FIMAT com foco na investigação do comportamento de condensados de Bose-Einstein e interface gravitação-matéria condensada.

Mário Sérgio Mazzoni: possui graduação em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (1994), doutorado em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999) e pós-doutorado na Universidade da Califórnia em Berkeley. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: teoria do funcional da densidade, biofísica, nanotubos, fulerenos, transporte elétrico e dinâmica molecular.

Matheus Josué de Souza Matos: possui graduação em Bacharelado em Física pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2007), mestrado e doutorado em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009/2014) e foi bolsista de pós-doutorado da Universidade Federal de Minas Gerais/CAPES (2014-2015). Atualmente é professor adjunto no Departamento de Física da Universidade Federal de Ouro Preto. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: métodos de primeiros princípios (DFT), dinâmica molecular, interações de van der waals, estudo de nanoestruturas como nanotubos, grafeno e C60 e materiais bidimensionais.

Ronaldo Junio Campos Batista: possui graduação (2001), mestrado (2003) e doutorado em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (2006) com estágio sanduíche na Universidade de Cambridge (2004-2005). Atualmente, é professor da Universidade Federal de Ouro Preto. Tem experiência na investigação da propriedades de eletrônicas, de transporte eletrônico, magnéticas e estruturais de nanotubos, grafeno, fulerenos, nanopartículas metálicas, superfícies, interfaces, polímeros e junções moleculares por meio de cálculos de primeiros princípios e dinâmica molecular usando potenciais empíricos.

A distribuição apresentada acima corrobora a informação já apresentada que cerca de cerca de  $\frac{2}{3}$  (1/3) das dissertações já defendidas no PPG FIMAT desde sua fundação estão concentradas nas áreas experimentais (teóricas), ou seja, isto evidencia um balanço harmonioso entre trabalhos defendidos e as linhas de pesquisa.

## **VÍNCULO DE DOCENTES A DISCIPLINAS**

O PPG FIMAT possui um conjunto de disciplinas obrigatórias e optativas que são usualmente ministradas por grupos de professores que se intercalam para promover um rodízio constante de atuação na pós-graduação. Há, inclusive, a prática de compartilhamento de disciplina entre 2 ou mais professores, sendo lançadas as devidas cargas didáticas na Plataforma Sucupira.



A saber, listamos abaixo as disciplinas ofertadas pelo PPG nos últimos anos e seus respectivos docentes responsáveis, bem como os principais docentes aptos a lecionarem nos próximos períodos.

- CIÊNCIA DE MATERIAIS - Rodrigo Bianchi, Taise Manhabosco, Thiago Cazati, Ana Paula Barboza, Jaqueline Soares, Viviane Rebello dos Santos, Marcos Pimenta;

- CRISTALOGRAFIA E DIFRAÇÃO DE RAIOS-X - Marcelo Andrade, Rodrigo Correa, Vinícius Bezzon;

- DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS ORGÂNICOS - Rodrigo Bianchi, Thiago Cazati;

- ESTRUTURA ELETRÔNICA DE ÁTOMOS, MOLÉCULAS E SÓLIDOS, Matheus J. S. Matos, Ronaldo Batista, Mário Mazzoni;

- FÍSICA DE POLÍMEROS - Rodrigo Bianchi, Thiago Cazati, Ive Silvestre;

- FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO - Matheus J. S. Matos, Ronaldo Batista;

- FÍSICA ESTATÍSTICA - Américo Bernardes, Alan Barros, Hermano Velten

- FOTOFÍSICA MOLECULAR - Bruna Postacchini, Thiago Cazati;

- MATERIAIS CERÂMICOS - Taise Manhabosco, Paulo Assis;

- MATERIAIS E DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS - Rodrigo Bianchi, Ive Silvestre;

- MECÂNICA QUÂNTICA APLICADA - Matheus J. S. Matos, Thiago Colla, Ronaldo Batista, Mário S. C. Mazzoni, Hermano Velten;

- MÉTODOS DE FÍSICA COMPUTACIONAL - Alan Barros, Américo Bernardes;

- MÉTODOS MATEMÁTICOS - Thiago Colla, Hermano Velten;

- MICROSCOPIA DE VARREDURA POR SONDA - Ana Paula Barboza, Ive Silvestre;
- NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA - Ana Paula Barboza, Ive Silvestre, Marcos Pimenta, Matheus JS Matos, Thiago Cazati, Rodrigo Bianchi, Ronaldo Batista;
- PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS - Ana Paula Barboza, Rodrigo Bianchi, Thiago Cazati, Jaqueline Soares, Paulo Assis;
- SEMINÁRIOS DA PÓS-GRADUAÇÃO - todos os professores;
- TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO ESPECTROSCÓPICAS - Jaqueline Soares, Thiago Cazati, Rodrigo Bianchi e Viviane Rebelo dos Santos;
- TEORIA ELETROMAGNÉTICA DOS MATERIAIS - Thiago Colla, Américo Bernardes, Hermano Velten.

## **ATIVIDADES DOS DOCENTES**

O quadro abaixo demonstra o quantitativo total da produção acadêmica dos docentes do programa ao longo de suas carreiras incluindo, principalmente, orientações em trabalhos de conclusão de curso nas diversas modalidades.

	Nome	OPC	AJR	AP	LIV	CLIV	OPB	TA	AT	CCD	DMDI	DP	DT	ED	Outro	PRT	RP	ST	OE
1.	Alan Barros de Oliveira	0		49	0	1		0	17					2					1
2.	Americo Tristao Bernardes	0	5	66	7	6		67	3										
3.	Ana Paula Moreira Barboza	0		37	0	0		9	1							2			3
4.	Andre Esteves Nogueira	0		40	0	2		42	5										1
5.	Bruna Bueno Postacchini	0		9	0	0		17	67						2				
6.	Hermano Endlich Schneider Velten	0		75	3	1		4	4					3					20
7.	Ive Silvestre de Almeida	0		10	0	0		9	9										1
8.	Jaqueline dos Santos Soares	0		31	0	0		5	4			1				3			2
9.	Mario Sergio de Carvalho Mazzoni	0		63	0	1		6											2
10.	Marcelo Barbosa de Andrade	4	18	53	0	1	9	76	20	3	2					9			2
11.	Matheus Josue de Souza Matos	0		40	0	0		61	16							3	1	15	8
12.	Paulo Santos Assis	0	8	94	11	6	5	23	18				3	3	14	2			7
13.	Rodrigo Fernando Bianchi	0	22	76	3	6		239	67	5		12	7		5	25			18
14.	Rodrigo de Souza Correa	0		109	0	0		104	6					1		1			1
15.	Ronaldo Junio Campos Batista	0		56	0	1		10	9						2				2
16.	Taise Matte Manhabosco	0		34	0	0		37	19		1								
17.	Thiago Cazati	0		27	0	0		56	27										7
18.	Thiago Escobar Colla	0		16	0	0		0											
19.	Viviane Martins Rebello dos Santos	0		44	1	1		140											5
20.	Vinicius Danilo Nonato Bezzon	0		28	0	0		31	23										4

**Produção do Docente** - Legenda: Outra Produção Cultural - OPC, Artigo em Jornal ou Revista - AJR, Artigo em Periódico - AP, LIVRO - LIV, OE: Organização de Eventos, Outro – Capitulo de Livro - CLIV, Outras produções bibliográficas - OPB, Trabalho em anais - TA, Apresentações de Trabalho - AT, Curso de Curta Duração - CCD, Desenvolvimento de Material Didático e Institucional - DMDI, Desenvolvimento de Produto - DP, Desenvolvimento de Técnica - DT, Editoria - ED, Programa de Rádio Ou TV - PRT, Relatório de Pesquisa - RP, Serviços Técnicos - ST

	Nome	Categoria	Orientações Concluídas					Disciplinas	Participação em Projetos de Pesquisa			
			Graduação		Pós-Graduação				Total em andamento	Na Proposta		
			IC	TCC	ESP	ME	DO			Total	Responsável	Membro
1.	Alan Barros de Oliveira	P	8	1	0	6	3	4	11	11	1	10
2.	Americo Tristao Bernardes	C	16	5	3	7	9	1	1	1	1	0
3.	Ana Paula Moreira Barboza	P	8	0	0	9	1	4	8	8	1	7
4.	Andre Esteves Nogueira	P	8	0	0	0	0	0	5	5	2	3
5.	Bruna Bueno Postacchini	P	26	3	0	2	0	1	1	1	1	0
6.	Hermano Endlich Schneider Velten	P	6	1	0	4	4	2	1	1	1	0
7.	Ive Silvestre de Almeida	C	7	2	0	3	0	1	4	4	0	4
8.	Jaqueline dos Santos Soares	P	4	1	0	3	0	2	7	7	3	4
9.	Mario Sergio de Carvalho Mazzoni	P	5	2	0	15	5	2	7	7	1	6
10.	Marcelo Barbosa de Andrade	P	2	0	0	3	0	0	2	2	1	1
11.	Matheus Josue de Souza Matos	P	8	2	0	8	2	4	10	10	2	8
12.	Paulo Santos Assis	C	0	83	3	48	11	1	5	5	5	0
13.	Rodrigo Fernando Bianchi	P	28	9	3	36	11	5	2	1	1	1
14.	Rodrigo de Souza Correa	P	32	2	0	6	1	2	3	3	1	2
15.	Ronaldo Junio Campos Batista	P	2	0	0	14	3	4	10	10	0	10
16.	Taise Matte Manhabosco	P	17	0	2	15	1	1	8	8	1	7
17.	Thiago Cazati	P	24	4	2	6	1	5	4	4	4	0
18.	Thiago Escobar Colla	C	0	2	0	0	0	2	3	3	2	1
19.	Viviane Martins Rebello dos Santos	P	87	17	0	5	0	1	8	8	8	0
20.	Vinicius Danilo Nonato Bezzon	P	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0

**Atividades de Formação (Orientação, disciplinas, projetos)**

Os números apresentados indicam a maturidade do corpo docente e sua qualificação para que possam participar de um programa de doutorado na condição de orientadores principais.

## **INFRAESTRUTURA E LABORATÓRIOS DE PESQUISA**

Dos 20 docentes do PPG FIMAT, 18 estão lotados no prédio do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB) 1, campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto/MG. Todos os gabinetes de professores possuem em torno de 15 metros quadrados e são ocupados individualmente, ou com outro colega de departamento. O professor Paulo Assis possui gabinete no prédio da Escola de Minas, também no mesmo campus, enquanto que o professor Mário Mazzoni está lotado no campus da UFMG em Belo Horizonte.

O programa conta com secretaria exclusiva, sendo atendido pela TAE Mariana Cristina Moreira desde sua criação. Há também um gabinete exclusivo para a coordenação do programa. Na mesma estrutura física, temos uma sala de seminários exclusiva para o PPG FIMAT, com capacidade para cerca de 30 pessoas, onde grande parte das disciplinas do programa são ministradas. Seminários com um público maior são deslocados para um auditório adjacente, de uso comum a todos departamentos e PPGs do ICEB. Os discentes possuem uma sala de estudo exclusiva, com capacidade para uso simultâneo de 10 alunos.

Faremos agora uma breve descrição de cada laboratório de pesquisa coordenado por docentes permanentes do programa.

1- Lab. de Polímeros e Propriedades Eletrônicas de Materiais (LAPPEM, 120 m<sup>2</sup>). Atua na produção e caracterização de filmes finos e dispositivos (opto)eletrônicos orgânicos, como dosímetros de radiação, sensores de gases, de pressão e deformação. Possui: Ponte de Impedância, medidor de alta resistência elétrica, criostato, Espectrofluorímetro, Espectrofotômetro UV-Vis e FTIR, deposição por sputtering, AFM, câmara de luvas com controle de atmosfera, balanças de precisão, viscosímetro, rotogravura, spinner, silkscreen e wirebar, sistemas de fototerapia neonatal para fabricação de dispositivos médico-hospitalares. Prensa e estufas térmicas, capelas de exaustão de gases, sistema de fabricação de filmes por automontagem, impressora 3D, microscópio ótico, Câmara de luvas.

2- Lab. de Eletroquímica e Difusão (LED, 108 m<sup>2</sup>). Atua no desenvolvimento e aprimoramento de materiais destinados a aplicações diversas, tanto no campo da biotecnologia, telecomunicações, revestimentos, construção civil, etc. São desenvolvidos e aplicados desde nanomateriais até materiais de ordem macro para o aprimoramento de superfícies e materiais base. Possui: capelas, medidor de pH, aquecedor/agitador, centrífuga, estufa a vácuo, geladeira, balanças de precisão, evaporadora Edwards, medidor de ângulo de contato, microscópios, peneirador mecânico, moinho de bolas, salt spray, poltriz manual e automática, fornos (verticais e horizontal), forno com controle de atmosfera, mufla, mesa vibratória, máquina de corte de precisão, sistema para estudo de difusão, prensa manual, bidestilador de água, dilatômetro, banho termostático, fontes de potencial, potenciostato/galvanostato/EIS, ultrasson de alta potência, ultrasson de baixa potência.

**3** - Lab. de Materiais Optoeletrônicos (LAMOe) e FotoFísica Molecular (84,16m<sup>2</sup>). Atua no estudo das Propriedades Óticas e Elétricas de Sistemas de Semicondutores Orgânicos, Fotogeração de Cargas em Dispositivo Optoeletrônicos e Fabricação e Caracterização de Dispositivos Fotovoltaicos. Possui: lab. de química, capelas de exaustão de gases, refrigerador, agitadores magnéticos e ultrassônicos, chapas aquecedoras; infraestrutura para confecção de filmes finos pela técnica de automontagem e pelo método drop-casting; Equipamentos para caracterização por espectroscopia absorção UV-Vis, fluorescência estacionária e resolvida no tempo.

**4** - Lab. de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (47,65m<sup>2</sup>). Atua na síntese de nanomateriais por CVD e caracterização elétrica dos mesmos. Possui: sistema CVD completo, medidor de alta resistência elétrica, câmara de gases e umidade acoplado ao sistema elétrico para a produção de sensores.

**5** - Lab. de Espectroscopia Raman (35,45m<sup>2</sup>) em fase de implementação. Até sua finalização as medidas estão sendo realizadas no Lab. de Espectroscopia Raman da UFMG em parceria com o Prof. Marcos Pimenta e Profa. Ariete Righi. Atua na caracterização de materiais, especialmente nanomateriais, e também na síntese de nanomateriais por CVD. Possui: Laser de diodo (785 nm), espectrômetro, CCD, microscópio, mesa óptica, medidor de potência, computador, forno, controladores de gases e capelas de exaustão.

**6** - Lab. Multiusuário Difração de Raios X (51,15m<sup>2</sup>). Possui Difratômetro de raios X de pó (necessita manutenção) modelo X'Pert com tubo de raios X de cobre (Cu Ka 1,5405 Å). É possível a realização de coleta e análise de dados de raios X de

alta resolução envolvendo materiais Avançados, Espécies Mineraias e Compostos Orgânicos com aplicações tecnológicas; e também a identificação e quantificação de fases cristalinas, obtenção de parâmetros estruturais, determinação de cristalinidade e refinamento pelo método de Rietveld.

**7-** Lab. de Microscopia (48,05m<sup>2</sup>). Atua na caracterização de materiais bidimensionais e de células e tecidos cancerígenos utilizando Microscopia de Varredura por Sonda. Toda a infraestrutura (salas de preparação de amostras e equipamentos de caracterização) necessária para o desenvolvimento das pesquisas estão disponíveis no DEFIS da UFOP onde os experimentos vêm sendo realizados em colaboração com o DF da UFMG, o Nanolab/REDEMAT e o IFMG-Ouro Preto. Nos três lugares há equipamentos de SPM em operação com fácil acesso para professores, estudantes e pesquisadores.

**8** - Nanolab/REDEMAT (64m<sup>2</sup>)– Lab. Multiusuário de Microscopia Eletrônica, Mineralogia Eletrônica Quantitativa, Microdifração de Elétrons, Microanálise de Fases, Difractometria de Raios-X Quantitativa, Fluorescência de Raios-X, Microtomografia de Raios-X e Microscopia de Força Atômica.

**9** - Lab. de Simulação Computacional (LabSimCo - 47,94m<sup>2</sup>), equipado com Cluster Zerberus: Cluster de computadores formado por 16 nós de processamento de dados, cada nó com um processador Intel Core i7 3,4 GHz, 4 Gb de memória RAM; Diversas estações de trabalho; Diversos no-breaks; Dois aparelhos de ar-condicionado; Uma impressora Laser Lexmark E120;

**10** - Lab. de Dinâmica Molecular e Estrutura Eletrônica (106,59m<sup>2</sup>), equipado com cluster Dínamo de computadores formado por 42 nós de processamento de dados com processadores Intel i7-8700, 2600, 4770, 4790, 6700, além de Intel Xeon E5410 e 5630, totalizando mais de 150 cores de processamento e 292 threads. O cluster é interligado por 3 switches de 24 portas (3COM). Ethernet. Conta com diversas estações de trabalho; no-breaks, aparelhos de ar-condicionado e impressoras. Os professores trabalham com simulação computacional usando métodos de primeiros princípios e dinâmica molecular para descrever experimentos realizados por colaboradores experimentais espalhados por todo Brasil.

**11** - Lab. de Estrutura Eletrônica, do qual o professor Mário Mazzoni (UFMG) faz parte, possui um Cluster computacional composto de um head node, 15 compute nodes interligados por uma rede Gigabit 1Gbps e outra rede Infiniband 40Gbps e 23 compute nodes interligados por uma rede ethernet. Total de 38 compute nodes, com 736 cores de processamento e 1.8 TB de memória RAM. O espaço reservado para armazenamento é de 9.2TB, sendo 3.7TB para armazenamento no cluster e 5.5TB para backup de arquivos. O Sistema Operacional do cluster é o Rocks 5.4.3. Tal equipamento tem ajudado a formação de estudantes na área de Simulação computacional, principalmente em colaboração com o Prof. Matheus Matos.

Além dos laboratórios citados acima, também podemos mencionar equipamentos multiusuários do FIMAT incluem: máquina Universal de Ensaio Eletromecânica, difratômetro de Raios X (Amostras Policristalinas), potenciostato-galvanostato, espectrofluorímetro, laser compacto de diodo excitação (785 nm) e detector CCD (faixa de 200 nm a 1050 nm).



## **CARACTERIZAÇÃO DO ACERVO DA BIBLIOTECA**

Criada em 1982, a Biblioteca do ICEB conta hoje com uma área de 817,90 m<sup>2</sup> (ampliação concluída em 2006), distribuída em 2 andares, com cabines de estudos individuais e salas de estudo em grupo, com acervo de aproximadamente 16.000 exemplares, estatística mensal de 3.000 empréstimos. Em maio de 1998, teve início o Projeto de Criação e Informatização do Sistema de Bibliotecas da UFOP. Dois anos depois, o Sistema de Bibliotecas e Informação da Universidade Federal de Ouro Preto (SISBIN/UFOP) foi inaugurado, com a aprovação do Conselho Universitário (CUNI). Esta biblioteca conta com cabines de estudos individuais e salas de estudo de grupo. Os serviços oferecidos são:

- Acesso ao Portal de Periódicos da CAPES
- Comutação bibliográfica
- Consulta e empréstimo local
- Empréstimo domiciliar
- Empréstimo entre bibliotecas (outras instituições)
- Empréstimo de periódicos
- Orientação de normalização de trabalhos e publicações técnico-científicas
- Pesquisa bibliográfica

Ademais, desde de 2016 a UFOP, por meio de um convênio com a RNP (Rede Nacional de Pesquisa), oferece um serviço de acesso à internet sem fio desenvolvido para instituições nacionais e internacionais de ensino e pesquisa (Eduroam). A UFOP também oferece um serviço VPN ou Virtual Private Network - uma rede privada virtual que permite aos usuários, com o devido privilégio de acesso, se conectarem à rede da UFOP de casa ou de qualquer lugar que tenha

acesso à internet. Assim, o usuário tem a mesma facilidade de acesso ao portal de periódicos da CAPES, que teria se estivesse o acessando fisicamente na UFOP.

Nas dependências físicas do ICEB, o FIMAT conta com uma estrutura de informática adequada para os alunos. Além dos recursos disponíveis em cada laboratório, no qual os alunos estão vinculados, eles ainda podem usar uma sala de estudo, equipadas com computadores com acesso à internet e acesso ao portal de periódicos CAPES, além de um roteador para acesso à internet via wi-fi. O programa FIMAT conta ainda com 01 aparelho DATASHOW e 01 notebook, ambos para uso do corpo docente. Além disso, existe uma rede wifi MINHAUFOP que permite o acesso aos estudantes em todas as dependências do instituto. Para a realização dos seus projetos de pesquisa, os alunos do FIMAT contam com pleno acesso aos recursos dos respectivos laboratórios e de laboratórios colaboradores dentro e fora da UFOP.

## **FINANCIAMENTOS**

Os programas de pós-graduação da UFOP possuem incentivo da universidade para pesquisa através de bolsas de iniciação científica, de pós-graduação e do Edital de Auxílio pesquisador com verba de custeio que cobre parte dos gastos dos laboratórios do PPG FIMAT. Além disso, há todo o investimento de infraestrutura com gastos com energia elétrica, materiais de consumo, reagentes e vidrarias e material bibliográfico. Outrossim, docentes do programa são financiados por entidades como CNPq e Capes, por meio de programas regulares e amplamente difundidos na comunidade acadêmica brasileira como, por exemplo, as bolsas de produtividade (CNPQ) e auxílios PAEP (CAPES). A FAPEMIG também tem sido historicamente uma importante fonte de recursos para o desenvolvimento de

pesquisas no estado de Minas Gerais. Vale destacar também acordos de financiamento com empresas do setor privado como CEMIG e Vale do Rio Doce.

No campo Histórico do Programa já foram citados e descritos alguns dos principais projetos dos membros do PPG. Abaixo, fazemos uma exposição das informações sobre financiamentos de agências públicas de fomento e parcerias público-privada, bem como o montante total de recursos aportados em projetos em andamento durante o ano de 2023.

FAPEMIG: docentes do programa têm sido financiados principalmente pelo programa de Bolsa Pesquisador Mineiro e pela demanda universal. Exemplos de pesquisadores, programa e valores são: Rodrigo Correa, universal, R\$ 36 mil; Ana Paula Moreira Barboza, universal, R\$ 35mil; Jaqueline dos Santos Soares, universal 2022, R\$ 177 mil; Ive Silvestre, universal, R\$ 35 mil; Thiago Cazati, universal, R\$ 50 mil; Taise Manhabosco, universal, R\$ 77 mil; Alan Barros de Oliveira, EDITAL PPM XI, valor R\$ 48.000,00; Hermano Velten, universal, R\$ 78 mil, Matheus Matos, universal, R\$45.000,00. Na rede 2D da FAPEMIG que envolve várias instituições de MG e vários professores do PPG FIMAT o financiamento foi de R\$ 1.374.143,25. Da mesma forma, na rede de Nanomagnetismo, da qual o professor Ronaldo faz parte foram arrecadados R\$ 1.364.749,91.

CNPQ: além das bolsas de produtividade, exemplos de pesquisadores, programa e valores são: Hermano Velten, edital 36/2022, R\$ 466 mil e edital 39/2022, R\$ 657 mil; Ana Paula Moreira Barboza, universal, R\$ 20 mil; André Esteves, Chamada 59/2022 , R\$ 300 mil. Em pedidos com parcerias com outras universidades o PPG FIMAT tem também levantado financiamento. Em projeto Universal /CNPq em colaboração com a UFMG professores do FIMAT aprovaram projeto da ordem de R\$650 mil. Vários professores também participam dos INCTs. Por exemplo, a

chamada do INCT/Nanocarbono de 2023 é de R\$1.480.000,00 pelo CNPq e R\$1.220.000,00 pelo FAPEMIG.

CAPES: no quadriênio vigente (2022-2026) o programa é fomentado, além da taxa anual do PROAP, que em 2023 foi de R\$ 20 mil, pelos programas PDPG-CONSOLIDACAO-3-4/Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) Emergencial de Consolidação Estratégica dos Programas de Pós-Graduação stricto sensu acadêmicos com valor aportado de R\$ 25 mil e pelo programa PDPG-POSDOC/Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) Pós-Doutorado Estratégico com bolsas de pós-doutoramento e taxas de custeio de R\$ 12 mil anuais.

Gerdau: Paulo Santos Assis, "Uso de biomassa na geração de vapor e outro envolvendo aproveitamento de resíduos sólidos e efluentes", Valor do projeto: R\$1.200,000,00; Taise Manhadosco, Aprimoramento do processo de eletrodeposição de revestimentos níquel e revestimentos compósitos de níquel/Uniguard", R\$ 20.000,00;

ArcelorMittal: Paulo Santos Assis, Controle na produção de aço e Desenvolvimento de biomassa na coqueria, R\$ 4 milhões.

Vale/Embrapii: Américo Tristão Bernardes, R\$ 630 mil; Matheus J.S. Matos R\$580 mil.

## **INFORMAÇÕES ADICIONAIS**

Utilizamos este campo para mencionar que propostas do PPG FIMAT têm tido destaque interno na UFOP em situações de charadas internas da pró-reitoria de pesquisa e inovação. Recentemente, no processo seletivo regido pelo EDITAL PROPPI N° 1/2023, para a seleção de pré-proposta(s) interna(s) para compor a

Proposta Institucional da UFOP a ser submetida junto a chamada FAPEMIG 03/2023 - Programa Institucional de Consolidação da Pesquisa Científica e Tecnológica, o projeto “Aquisição de equipamento para ensaios nano-tribológicos, tribológicos e de tribocorrosão”, coordenado pela profa. Taise Manhabosco foi a primeira colocada e será a representante da instituição na chamada FAPEMIG (vide <https://propp.ufop.br/pt-br/editais-proppi/edital-no-proppi-012023-selecao-de-pre-propostas-internas-para-compor-chamada-fapemig>).

Ainda no âmbito de seleções internas da UFOP, no âmbito do Edital Proppi nº. 21/2022 para contratação de professor visitante da instituição, a proposta do FIMAT foi a primeira classificada dentre todos PPGs da UFOP ( <https://propp.ufop.br/pt-br/editais-proppi/selecao-de-propostas-para-professor-visitante-nacional-ou-estrangeiro>). É devido a este processo que será viabilizada a contratação do professor Marcos Assunção Pimenta (CNPq 1A) pelo período inicial de julho/2023 a junho/2024 com possibilidade de prorrogação do prazo de vigência do contrato até junho de 2025. A experiência do professor Marcos Pimenta será muito importante para a implementação do curso de doutorado do FIMAT.

## **INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES**

Acreditamos que temos plenas condições de obter a aprovação de nossa solicitação pela CAPES. Consideramos pertinente submeter esta proposta de abertura do curso de Doutorado em Ciência dos Materiais na Universidade Federal de Ouro Preto, dadas a nossa recente avaliação da CAPES e os dados adicionados nesta proposta.

A infraestrutura física do nosso programa é de excelente qualidade e contamos com um bom conjunto de equipamentos. Nosso corpo docente é qualificado e produtivo, com cerca de 70% dos docentes permanentes sendo bolsistas de produtividade em pesquisa pelo CNPq. Além disso, obtivemos a aprovação de projetos de pesquisa em órgãos de fomento e estabelecemos parcerias de cooperação com grupos e instituições nacionais e internacionais. A alta porcentagem de nossos estudantes que continuam os estudos e/ou estão

empregados (maior 98%) e a escassez de programas de doutorado na área de objeto de nossa proposta no estado e região reforçam a relevância e o potencial de sucesso do nosso curso.



Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física Gleb Wataghin  
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 777  
CEP: 13083-859  
(19) 3521-5318/3521-5319  
Site: [portal.ifi.unicamp.br](http://portal.ifi.unicamp.br)  
[monica@ifi.unicamp.br](mailto:monica@ifi.unicamp.br)



## **Avaliação de Proposta de Curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências: Física de Materiais - Universidade Federal de Ouro Preto, MG**

A proposta de criação do curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação (PPG) em Ciências: Física de Materiais (FIMAT) na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) visa expandir a capacidade de educação avançada e oportunidades de pesquisa original para estudantes interessados em explorar as propriedades fundamentais em ciência básica e em tecnologias relacionadas a Materiais. A proposta mantém um foco na interdisciplinaridade inerente à área, bem como na interação com a sociedade e consequente empregabilidade dos egressos. Relaciono abaixo os principais aspectos da proposta apresentada, que considero bastante positiva como um todo.

### Corpo docente:

O sucesso de um curso de doutorado depende muito da experiência e das realizações dos membros do corpo docente. A proposta do FIMAT se baseia em um quadro de vinte docentes, dezesseis deles permanentes no PPG. Este quadro é altamente qualificado, com grande maioria (~70%) dos docentes permanentes como bolsistas de Produtividade PQ e DT do CNPq, e com interesses de pesquisa cobrindo diferentes áreas na ciência de materiais e suas aplicações.

Os docentes envolvidos na proposta também atuam em grandes e diversas colaborações de pesquisa com integrantes de todo o Brasil, como os INCT's, e da pesquisa com caráter mais tecnológico em unidade EMBRAPA, além de colaborações internacionais mais pontuais. Estas redes de interação com outras instituições beneficiam também a pesquisa feita localmente. A UFOP atua como polo regional para atração de estudantes e convênios com indústrias, mantendo ao mesmo tempo uma parceria bastante tradicional com pesquisadores da UFMG e de outras universidades de Minas Gerais.

### Currículo:

O currículo proposto para o curso de doutorado demonstra uma abordagem abrangente e bem estruturada quanto aos principais conceitos e tópicos avançados na área, e que diferenciam a presente proposta do cenário encontrado em outros PPGs de Física. O catálogo de disciplinas proposto prevê uma modificação na grade do mestrado já existente (e nota 4 na CAPES, após uma reformulação bem-sucedida), no que diz



Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física Gleb Wataghin  
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 777  
CEP: 13083-859  
(19) 3521-5318/3521-5319  
Site: [portal.ifi.unicamp.br](http://portal.ifi.unicamp.br)  
[monica@ifi.unicamp.br](mailto:monica@ifi.unicamp.br)



respeito à estrutura das disciplinas de Mecânica Quântica. Em particular, para o mestrado, uma disciplina introdutória deverá permitir o acompanhamento do conteúdo por estudantes de diferentes cursos de Graduação, enquanto uma disciplina mais avançada será oferecida para o Doutorado. Com isso, o curso de Mecânica Quântica, que melhor caracteriza o perfil de um físico, deixa de ser obstáculo para o ingresso de estudantes com formação em áreas afins e que compõem o perfil interdisciplinar da área de Materiais.

As demais disciplinas obrigatórias do currículo serão mais voltadas para Materiais, e para aspectos importantes da formação pretendida para os estudantes de doutorado. Por isso, a grade inclui também disciplinas de Escrita Científica, Inovação e Empreendedorismo, e a criação de um Intercâmbio Acadêmico/Tecnológico. Estas duas últimas disciplinas formam um grande diferencial do curso proposto em relação a seus pares em outras instituições brasileiras. Mostram-se uma estratégia válida e de acordo com um dos objetivos da proposta, o de aumentar a interação com o setor produtivo da sociedade. Com isso, o curso deve gerar egressos com conhecimento na área de Materiais, e perfil prático e empreendedor, capaz de propor, investigar e realizar aplicações técnicas derivadas do conhecimento adquirido. De fato, exemplos deste tipo de perfil já existem no curso de mestrado, e devem ser ampliados com a criação do curso de doutorado.

#### Instalações de pesquisa:

A disponibilidade de instalações de ponta é crucial para a realização de pesquisas inovadoras e impactantes em qualquer área, e em particular em Materiais, que requer diversos tipos de análise para as amostras produzidas, particularmente em etapas de exploração de novas rotas de síntese. Neste sentido, a proposta mostra um parque de equipamentos bastante robusto e que cobre as principais técnicas necessárias para a investigação na área de Materiais. Em complemento a esse parque, e também ao disponível através da interação com outras universidades, docentes do FIMAT têm utilizado laboratórios nacionais, como o LNLS, para análises mais aprofundadas e necessárias para pesquisa original e de maior qualidade na área.

Nota-se, portanto, o compromisso da instituição em proporcionar aos alunos acesso a laboratórios equipados com ferramentas diversas de síntese e caracterização, tanto em recursos computacionais como em infraestrutura experimental. Falta, porém, na proposta um detalhamento de como ocorre (e se ocorre) o acesso aos equipamentos em grupos de pesquisa, uma vez que os laboratórios multiusuários descritos no documento são limitados a técnicas baseadas em raios-X e microscopia.





Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física Gleb Wataghin  
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 777  
CEP: 13083-859  
(19) 3521-5318/3521-5319  
Site: [portal.ifi.unicamp.br](http://portal.ifi.unicamp.br)  
[monica@ifi.unicamp.br](mailto:monica@ifi.unicamp.br)



### Captação de estudantes e financiamento à pesquisa:

O FIMAT forma atualmente cerca de sete mestres/ano, muitos dos quais continuam na pós-graduação, migrando para o doutorado nas engenharias da UFOP. Boa parte dos egressos termina o mestrado com publicações em revistas científicas classificadas no QUALIS A da Capes, o que é um indicador da qualidade da formação dos estudantes e da pesquisa realizada. Esta qualidade se reflete na mais recente inserção de pós-doutores atuando junto aos docentes do PPG, além das várias colaborações nacionais e internacionais.

O PPG também instituiu, a partir de 2024, um curso lato sensu de Especialização em Ciências e Engenharia de Materiais, em parceria com a empresa Gerdau. Há uma certa superposição das disciplinas deste curso com as oferecidas pelo FIMAT, incentivando os egressos a se matricularem em cursos strictu sensu do PPG.

Este cenário demonstra capacidade de atrair e manter um quadro de estudantes para o doutorado cuja criação é proposta. Com as novas diretrizes em ciência e tecnologia na esfera federal, espera-se que um número suficiente de bolsas esteja disponível para os estudantes, permitindo seu envolvimento em tempo integral na pesquisa. O risco desse cenário não se concretizar, porém, é inerente a todos os PPGs do país, que sofrem com a retração de investimentos em ciência e tecnologia nos últimos anos. Portanto, entendo que não deve ser considerado um ponto negativo da proposta.

Por outro lado, o caráter interdisciplinar da pesquisa e as colaborações com parceiros do setor produtivo previstas na proposta deve atrair recursos extraordinários para o fomento à pesquisa e bolsas de estudo, ao mesmo tempo que permitirão aos estudantes abordar desafios do mundo real e possivelmente transformar as soluções estudadas em aplicações práticas com impacto econômico e social.

### Impacto da proposta e recomendação final:

O curso de doutorado proposto pelo FIMAT mostra potencial para causar um impacto significativo na área e principalmente na interação da universidade com a economia local. Ao proporcionar uma sólida base teórica e habilidades de pesquisa prática aos estudantes, o curso deverá formar pesquisadores e profissionais altamente qualificados que possam contribuir para o avanço da compreensão da física/ciência de materiais e suas aplicações. A integração de parcerias e colaborações com representantes do setor produtivo e empresarial facilitará a transferência de conhecimento e promoverá avanços



Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física Gleb Wataghin  
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 777  
CEP: 13083-859  
(19) 3521-5318/3521-5319  
Site: [portal.ifi.unicamp.br](http://portal.ifi.unicamp.br)  
[monica@ifi.unicamp.br](mailto:monica@ifi.unicamp.br)



tecnológicos, beneficiando tanto a academia quanto a sociedade em geral. Entendo a proposta como muito positiva em todos os aspectos analisados, e recomendo sua aprovação.

Profa. Dra. Mônica Alonso Cotta

---

Documento assinado eletronicamente por **MONICA ALONSO COTTA, PROFESSOR TITULAR**, em 17/07/2023, às 11:36 horas, conforme Art. 10 § 2º da MP 2.200/2001 e Art. 1º da Resolução GR 54/2017.

---



A autenticidade do documento pode ser conferida no site:  
[sigad.unicamp.br/verifica](http://sigad.unicamp.br/verifica), informando o código verificador:  
**692169E6 0EFE436C 97D718B2 8F6B651A**





São Carlos, 17 de julho de 2023

**Parecer sobre Proposta de criação do curso de Doutorado, em APCN/CAPES 2023, para o Programa FIMAT da Universidade Federal de Ouro Preto, sob coordenação do Prof. Dr. Hermano Endlich Schneider Velten**

Neste parecer considereirei três aspectos que considero essenciais para a criação de um curso de doutorado. O primeiro aspecto é relacionado à equipe responsável pela implementação do curso; o segundo tem a ver com a experiência na universidade de cursos de pós-graduação em áreas correlatas. O terceiro aspecto é associado ao tema e sua pertinência para um doutorado. Como ficará claro na exposição de argumentos deste parecer, a proposta do Programa FIMAT tem méritos em todos esses aspectos.

A equipe de coordenação e de orientadores do curso de doutorado proposto para o Programa FIMAT é composta por 20 docentes, que têm sido atuantes no curso de mestrado e feito importantes contribuições científicas e tecnológicas. Uma parcela considerável desses docentes tem bolsa de pesquisa do CNPq, um indicativo claro de qualidade e atividade em alto nível. De acordo com a primeira tabela na página 107 da Proposta, cada um desses docentes já publicou dezenas de artigos científicos em revistas internacionais. Merece destaque também a participação desses docentes em outros itens relevantes de produção científica, como livros e capítulos de livros. Quanto à produção tecnológica são listados desenvolvimentos de técnicas e de produtos. A propósito, um diferencial da presente proposta de curso de doutorado com relação a outros cursos acadêmicos está na ênfase em inovação, para além da pesquisa. Essa ênfase é justificável pela experiência da equipe. Outro destaque da equipe está na formação de alunos de mestrado e doutorado (apesar de ainda não haver doutorado na FIMAT, que está sendo proposto agora). Na segunda tabela da página 107 da Proposta, contam-se mais de 50 projetos de doutorado concluídos sob orientação dos docentes do curso. Aparecem também cerca de 180 orientações concluídas de mestrado. O coordenador, Prof. Dr. Hermano Velten, é um pesquisador relativamente jovem com produção científica de alta qualidade, tendo formado mestres e doutores. Ele tem as credenciais necessárias para assumir um cargo de grande responsabilidade, como é a coordenação do curso de doutorado. Em suma, é possível afirmar que a equipe proponente do curso de doutorado no Programa FIMAT já demonstrou competência para orientações no nível de doutorado.

Com relação ao segundo aspecto, o da experiência da UFOP em cursos de pós-graduação em áreas correlatas à pretendida no FIMAT, menciono a consolidação do curso de mestrado do FIMAT. Atualmente com conceito 4, esse programa pode evoluir ainda mais se puder incrementar sua pesquisa com alunos(as) de doutorado. Ou seja, o Programa FIMAT está suficientemente maduro para implementar um curso de doutorado. Valem aqui os comentários sobre a experiência da equipe do FIMAT mencionada no parágrafo anterior. Mencione-se, também, a evolução da pesquisa e pós-graduação na UFOP, que merece ser apoiada.



O terceiro aspecto, o do tema em que o curso de doutorado está sendo proposto, merece uma reflexão detalhada. Pode-se argumentar que há muita competitividade em cursos de doutorado em física no Brasil, e que seria difícil atrair muitos(as) alunos(as). Entretanto, há dois pontos positivos a serem ressaltados que podem rechaçar essa argumentação. O primeiro deles é o número de egressos do curso de mestrado do FIMAT, que poderiam fazer o doutorado. Ou seja, já uma fonte natural de candidatos(as) para o doutorado. O segundo positivo é a ênfase em materiais, o que torna o curso bastante multidisciplinar. Essa característica multidisciplinar permeia a proposta do doutorado no FIMAT, tanto nas áreas de pesquisa quanto nas disciplinas elencadas. De fato, um dos grandes méritos da proposta está nas inovações pretendidas, com diversidade de formações em física de materiais, e incentivo ao empreendedorismo para formar profissionais que possam atuar não só em entidades acadêmicas ou de pesquisa como em empresas de diferentes setores.

Pelo exposto até aqui, minha análise dos três aspectos mencionados no início é amplamente favorável à criação do curso de doutorado do Programa FIMAT.

Atenciosamente

Osvaldo N. Oliveira Jr