

# Projeto de Desenvolvimento Institucional

## Implementação do Centro Multiusuário de Nanotecnologia no Departamento de Física (DF-UFMG)

### I. IDENTIFICAÇÃO

- Título do Projeto: **Implementação do Centro Multiusuário de Nanotecnologia no Departamento de Física (DF-UFMG)**
- Execução: **Departamento de Física, ICEx-UFMG**
- Período de Execução: **01 de janeiro de 2017 a 31 de dezembro 2020**
- Gestão: **Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP**

Este projeto foi desenvolvido por uma comissão designada pela Câmara Departamental do Departamento de Física (DF) do Instituto de Ciências Exatas (ICEx) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), composta pelos seguintes servidores: chefe e subchefe do DF, os coordenadores dos colegiados de graduação e de pós-graduação em Física, um representante do corpo docente não ligado à administração e um representante dos técnicos administrativos. O projeto foi construído por esta comissão com base no trabalho recente de três comissões anteriores: comissão de planejamento estratégico, formada por seis professores titulares do DF; comissão de avaliação docente, formada por quatro professores titulares e um professor associado; e comissão de espaço físico, formada por três professores associados e um representante técnico-administrativo.

### II. OBJETIVO GERAL

Implementar, no Departamento de Física (DF) do ICEx, o Centro Multiusuário de Nanotecnologia, com a finalidade de fomentar o desenvolvimento na UFMG, gerando infraestrutura para uma melhoria qualitativa da pesquisa científica da Universidade, aumentando seu impacto na instituição, no Brasil e no mundo.

#### JUSTIFICATIVA:

O projeto aqui proposto pauta-se no atual Plano de Desenvolvimento Institucional da UFMG (PDI 2013-2017) que, em sua página 111, item 5.3.4.1.3-1 (relativo ao texto da Pró-Reitoria de Pós-Graduação), propõe, dentre outras, as ações:

“1. Incentivar a implantação de laboratórios multiusuários e interdisciplinares, para favorecer as atividades docentes e discentes de cursos de pós-graduação”.

2. Aprimorar e adequar a infraestrutura dos cursos e programas de pós-graduação da UFMG, bem como destinar-lhes os recursos financeiros necessários à sua manutenção, no limite das disponibilidades orçamentárias.

3. Aumentar a participação de discentes e docentes da UFMG em programas de cooperação interinstitucional, seja com universidades do país ou do exterior; seja em programas bilaterais ou multilaterais.

Na sua página 129, item 5.4.3.3 (relativo ao texto da Pró-Reitoria de Pesquisa), também são propostas, dentre outras, as ações descritas abaixo:

Buscar parcerias com empresas privadas, visando: i) o apoio às atividades de pesquisa da UFMG; ii) o financiamento de programas de bolsas de iniciação científica e tecnológica.

Adotar, na UFMG, plataforma laboratorial multiusuária, para permitir o acesso de todos os docentes da instituição a equipamentos adquiridos com recursos institucionais.

4. Criar, com recursos orçamentários, programa destinado ao atendimento de demandas emergenciais relacionadas com a atividade de pesquisa.”

Com a estruturação do Centro Multiusuário de Nanotecnologia no DF, o projeto visa construir um ambiente que amplie as atividades da Universidade no cumprimento de sua missão de formação de recursos humanos, de geração de conhecimento, levando-os para a comunidade externa na forma de inovações e fomentando a interdisciplinaridade, atingindo mais eficiência em suas práticas, com natural otimização dos investimentos públicos.

#### **a. Em busca de um novo patamar para da pesquisa e da extensão**

A UFMG é formada atualmente por 20 unidades acadêmicas, além de três unidades especiais, onde aproximadamente 3.000 professores realizam atividades de ensino, pesquisa e extensão. Destes, 325 estão no ICEx, dos quais 75 no DF.

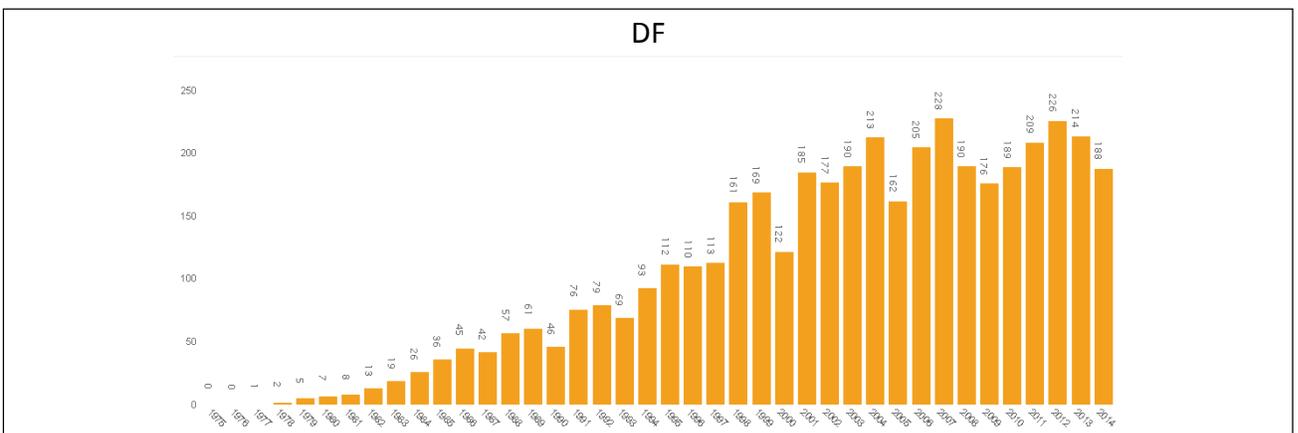
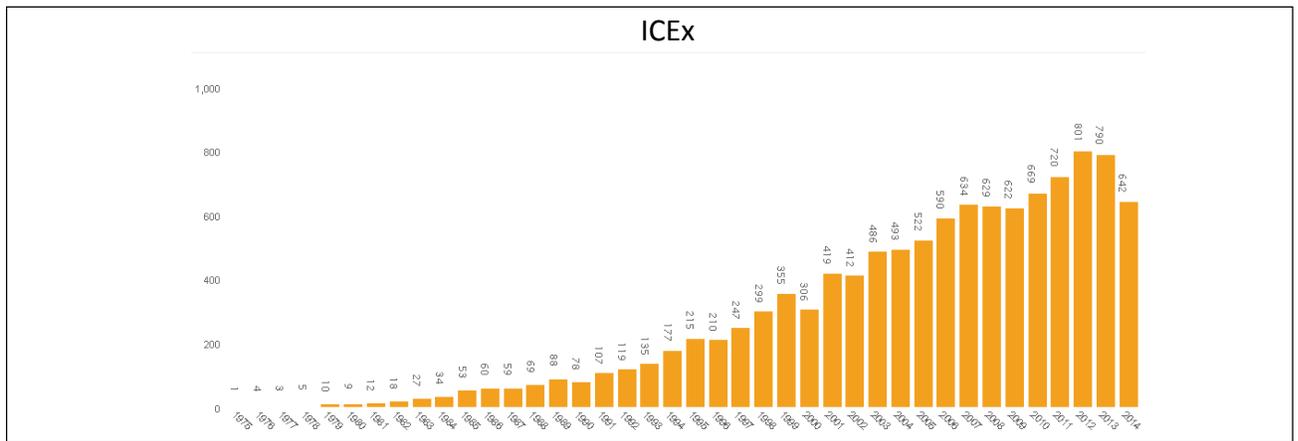
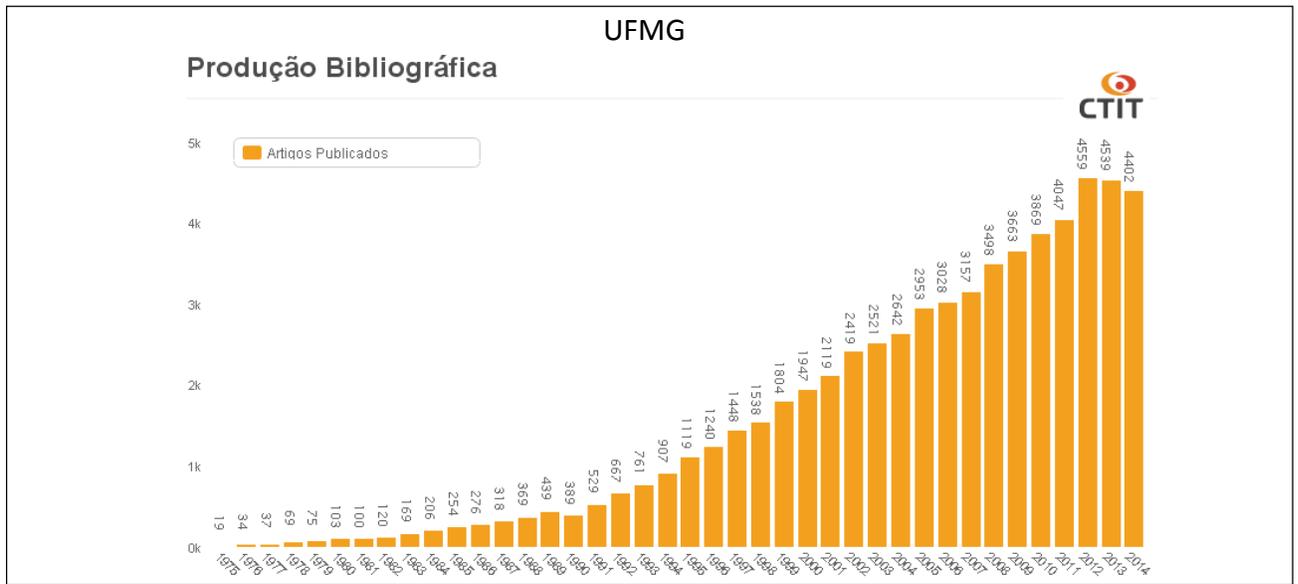
Os três gráficos de produção científica na próxima página, extraídos da plataforma SOMOS UFMG, mostram a evolução da produção de artigos científicos na UFMG. Observa-se uma expansão considerável da produção científica, iniciada nos anos 70, sendo que a pós-graduação *stricto sensu* foi formalmente iniciada na UFMG em 1968.

Até os anos 90, o crescimento relativo do número de artigos produzidos no DF foi superior se comparado ao ICEx como um todo, e mais ainda quando comparado a UFMG integralmente. Nos últimos 15 anos, entretanto, enquanto a UFMG demonstra ainda uma forte tendência ao aumento da produção científica, no ICEx, e principalmente no DF, o número de artigos publicados tem caminhado para uma estabilização.

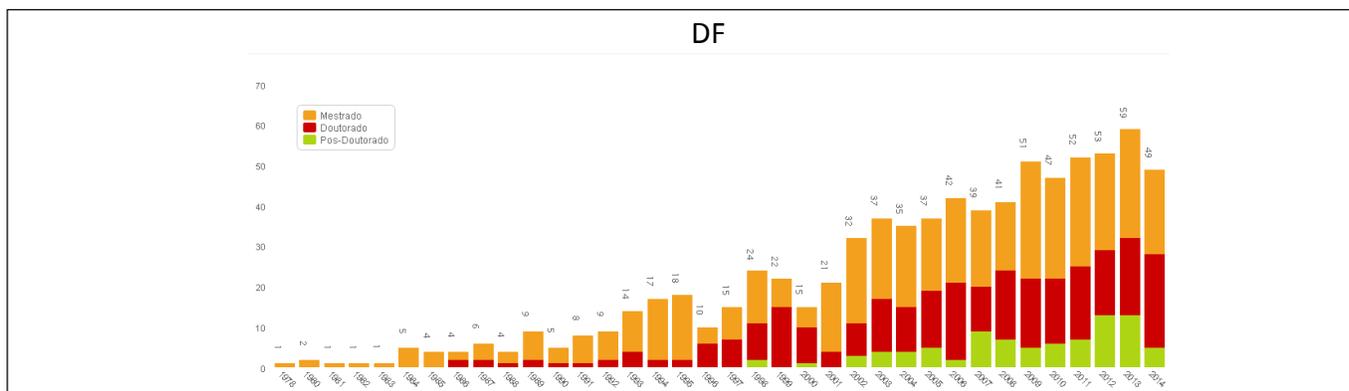
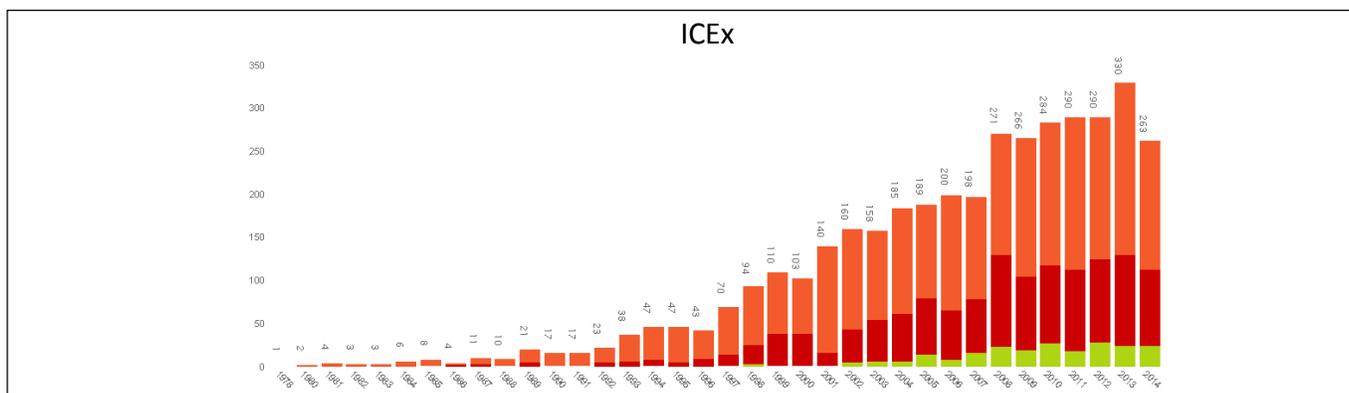
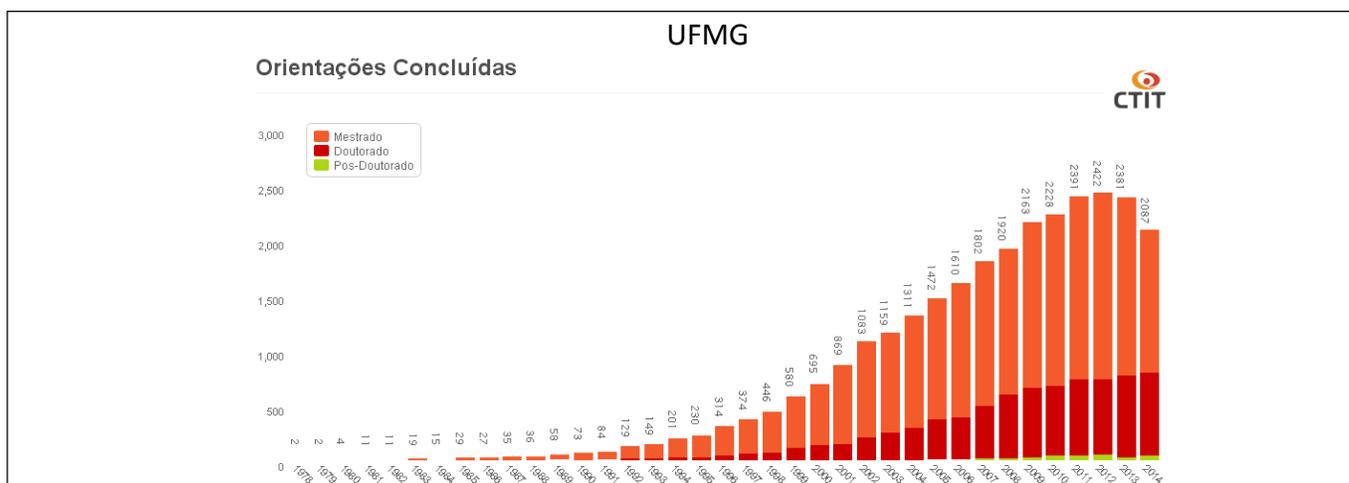
Os três gráficos de orientações concluídas, na página seguinte, também extraídos da plataforma SOMOS UFMG, mostram a evolução do número de mestres, doutores e pós-doutores na UFMG, ICEx e DF.

Até o final dos anos 80, uma parcela relativamente substancial dos mestres e doutores formados pela UFMG vem do ICEx, e particularmente do DF. Novamente, nos últimos 15 anos, o crescimento relativo da UFMG é superior ao do ICEx, e particularmente ao crescimento da formação de recursos humanos no DF.

Número de artigos publicados pelos docentes ativos da UFMG (cima), ICEx (meio) e DF (baixo).



Número de orientações concluídas de mestrado, doutorado e pós-doutorado (ver legendas) pelos docentes ativos da UFMG (cima), ICEx (meio) e DF (baixo).



A tendência a um regime numerológico estacionário do DF em relação à UFMG, observado nos gráficos, longe de ser um indicativo negativo, reflete o estado atual de maturidade e profissionalização do Departamento, como resultado de políticas e ações adotadas no passado. Agora, na busca de novos modelos de atuação, com novos indicadores, iremos procurar atingir novos patamares de qualidade da atuação departamental.

## **b. O Departamento de Física está pronto para receber o Centro e atingir o novo patamar.**

O DF fundamenta suas ações, com vistas ao seu aprimoramento, no seu planejamento estratégico, onde define-se:

**Missão:** Avançar o conhecimento e educar alunos em ciências físicas, gerando bases para avanços científicos e tecnológicos nesta área do conhecimento e em áreas afins, tendo em vista o interesse público no país e no mundo.

**Visão:** Ser reconhecido nacional e internacionalmente como centro de excelência em ensino, pesquisa e extensão em ciências físicas e, nacionalmente, também como referência em gestão e conduta ética.

**Valores:** Ética, conhecimento, transparência, comprometimento, responsabilidade socioambiental, mérito, *meliora*, sustentabilidade institucional.

**Objetivos:**

- Produzir conhecimento científico de impacto na ciência mundial e que sirva de base para o desenvolvimento socioeconômico e cultural;
- Formar profissionais que tenham nível de excelência reconhecido internacionalmente, capazes de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico e cultural;
- Trabalhar pelo aumento da inserção do físico no setor industrial e de serviços;
- Trabalhar pela difusão do conhecimento, aperfeiçoando a comunicação interna e externa à comunidade universitária;
- Garantir infraestrutura e gestão adequadas à Missão, otimizando a logística de materiais, bens e serviços;
- Implementar políticas de gestão de pessoas com foco no mérito, aperfeiçoando o recrutamento e a distribuição da força de trabalho;
- Garantir um ambiente de trabalho saudável e seguro, fundamentado em nossos Valores;
- Fomentar a interdisciplinaridade.

O corpo docente do DF cresceu sistematicamente desde sua constituição, atingido 71 professores ativos em 1978 e, a partir daí, flutuou levemente em torno deste número. Hoje, o DF tem 75 professores ativos. Nesse período, o corpo docente profissionalizou-se; em 1978, apenas 16 dos 71 professores tinham doutorado e, atualmente, 73 são doutores. O número de artigos por professor está entre dois e três por professor por ano, sendo o foco atual predominantemente voltado para o aumento da qualidade da produção científica, medido pelo seu impacto científico.

O corpo de pessoas atuando como técnico e administrativo em educação atingiu 31 em 1995, entre contratados e terceirizados e, reduziu hoje para 22 servidores, ou seja, todos do quadro de servidores da UFMG; metade deles atuando diretamente nos laboratórios de pesquisa e ensino. Este é um número considerado muito baixo para o Departamento de Física, considerando o seu porte e o seu caráter prioritariamente experimental. O DF tem, atualmente, 37 laboratórios de pesquisa e 5 laboratórios de suporte com alto nível tecnológico.

Na graduação, o DF atende a um total de quase 500 estudantes de física, cursando bacharelado e licenciatura, sendo dois terços no curso diurno e um terço no noturno. O DF atende também mais de 3000 alunos dos diversos cursos da UFMG, predominantemente da Escola de Engenharia.

A Pós-Graduação em Física do ICEx é um curso nota 7 (excelência internacional, grau máximo) na CAPES desde 2001, com inquestionável estatura internacional. Nos últimos cinco anos, os professores do DF deram pelo menos 55 palestras convidadas em congressos internacionais, ministraram 25

seminários em instituições estrangeiras e participaram da organização de 37 eventos científicos internacionais. Com mais de 290 teses de doutorado e 550 dissertações de mestrado defendidas e aprovadas, a formação de recursos humanos na pós-graduação mostra uma excelente proporção de pós-doutores, doutores e mestres, reflexo da qualidade e envolvimento de seu corpo docente.

Desde o seu nascedouro, o DF foi sede de diversos projetos científicos de grande porte em redes nacionais interdisciplinares. No presente, podemos citar como exemplo o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Nanomateriais de Carbono, a Rede Brasileira de Pesquisa em Instrumentação e Nanoespectroscopia Óptica, a Rede de Engenharia de Nanodispositivos e Biocompósitos para Aplicações Biomédicas, e a Rede em Tecnologias de Ponta para Produção de Nanocompósitos e Nanodispositivos para Aplicações Bionanotecnológicas.

Em extensão, além de diversos projetos individuais e coletivos de professores, o DF conta com os laboratórios de criogenia, de cristalografia, oficina mecânica e uma sala limpa para fabricação e caracterização de nanodispositivos, que têm prestado serviços prioritariamente para a comunidade acadêmica e eventualmente para empresas. O DF teve papel importante na criação da INOVA, do Centro de Microscopia da UFMG, da CTIT e do IEAT. O projeto da implementação de um centro de pesquisa e desenvolvimento de produtos baseados em nanotubos de carbono no BH-TEC – o CTNanotubos – foi apoiado pela FAPEMIG e contou recentemente com a liberação de um financiamento de grande porte advindo de um consórcio entre BNDES, Petrobrás e a empresa Intercement.

Os programas de divulgação científica coordenados pelos docentes, em particular os desenvolvidos pelo Observatório Astronômico da Serra da Piedade e pelos projetos "Física Divertida", "Física Fácil" e "Sala de Demonstrações" têm tido grande repercussão e aceitação externa, beneficiando milhares de alunos de escolas de Ensino Médio. A Escola de Inverno, realizada tradicionalmente em julho, já é marco nas atividades de pós-graduação do DF, atendendo a alunos de várias universidades brasileiras.

### **c. 2016 – O ano da reestruturação**

O ano de 2016 é um ano particularmente especial para o Departamento de Física por diversas razões. Neste ano o DF estará comemorando:

- 50 anos da instalação do Curso de Mestrado em Física
- 40 anos da primeira defesa de tese de doutorado do DF (Prof. José Luiz Aarestrup Alves, orientado pelo Prof. Manoel Lopes de Siqueira, em 26/07/1976)
- 40 anos da instalação do DF nas atuais dependências, incluindo a concretização do primeiro grande projeto FINEP, e a aquisição de equipamento para a caracterização de amostras através da difração de raios X, ainda em funcionamento.

Com seu quadro de pesquisadores altamente profissionalizado, com nível de excelência internacional, e instrumentação laboratorial no estado da arte, o DF do ICEx-UFMG encontra-se hoje preparado para uma reestruturação da sua forma de fazer pesquisa e extensão, onde a interdisciplinaridade e a extensão surgem como instrumentos que darão suporte ao avanço científico e tecnológico.

Uma das tarefas importante para o sucesso da proposta será a necessidade de realizar um remanejamento do espaço físico de laboratórios nas dependências do DF, para uma melhor distribuição dos laboratórios existentes, e a criação do Centro Multiusuário de Nanotecnologia.

O momento é propício para esta reestruturação, pois acaba de ficar pronto o chamado "Anexo-U" do ICEx, um edifício de seis andares contíguo ao prédio onde encontra-se o Departamento de Física e,

em breve, será concluído o CAD-3. Assim, todo o espaço físico do ICEx será reestruturado propiciando condições para saltos de qualidade.

Considerando todo este quadro, uma base estruturante das mudanças relaciona-se com a necessidade de avanços significativos na área de nanociência e nanotecnologia. É requisito primordial para que este objetivo seja alcançado, uma infraestrutura básica moderna para dar andamento aos projetos do seu planejamento estratégico.

### **III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

– Implementação do Centro Multiusuário de Nanotecnologia nas dependências do Departamento de Física do ICEx, objetivando fomentar a interdisciplinaridade e otimizando a utilização dos investimentos com recursos públicos, compartilhando competências e técnicas e evitando duplicidade de equipamentos.

– Aumento quantitativo e qualitativo dos produtos mensuráveis relacionados a ensino, pesquisa e extensão no Departamento de Física da UFMG.

#### **DETALHAMENTO:**

##### **1 – Implementação do Centro Multiusuário de Nanotecnologia**

No momento da reestruturação do ICEx, devido a finalização das obras do Anexo-U e do CAD-ICEx, o Departamento de Física irá realizar uma grande reestruturação de sua distribuição de espaço físico, incluindo alocação de espaço para laboratórios multiusuários do centro e reestruturação de outros laboratórios.

Rede de Laboratórios Multiusuários: Estruturação de um sistema de Laboratórios Multiusuários voltados para o desenvolvimento da nanotecnologia, contendo os seguintes laboratórios:

- (1) criogenia;
- (2) instrumentação e prototipagem;
- (3) sala limpa;
- (4) caracterização estrutural por difractometria de raios X;
- (5) análises térmicas e espectroscópicas;
- (6) preparação de amostras nanoestruturadas;
- (7) cálculos computacionais.

Vale ressaltar que o DF tem um equipamento para ser adquirido com verba do CT-INFRA de 2010 e que, no CT-INFRA elaborado pela UFMG em 2015, existe a proposta de criação de três desses laboratórios. Maior detalhamento sobre a especificidade de cada um dos laboratórios que irão compor a rede de laboratórios multiusuários pode ser encontrado no item V.

O local para a implementação desta infraestrutura laboratorial foi objeto de estudo, no ano de 2015, da Comissão de Espaço Físico do Departamento, que trabalhou com a premissa de que a rede de

laboratórios deve ser implementada em um espaço único que integre esta infraestrutura, com acesso facilitado à toda a comunidade da UFMG e comunidade externa. A planta abaixo representa parte do 4º andar do ICEx, onde estão instalados a maioria dos laboratórios do DF. A área indica o local onde serão instalados os 6 (seis) laboratórios multiusuários do centro.

*Planta do 4º andar do DF, com a localização para a implementação do Centro Multiusuário de Nanotecnologia*



A estrutura está em uma extremidade do prédio, que tem acesso fácil (veja imagem abaixo da visão externa do extremo inferior da planta da página anterior, e indicações “Acesso ao prédio” na planta).

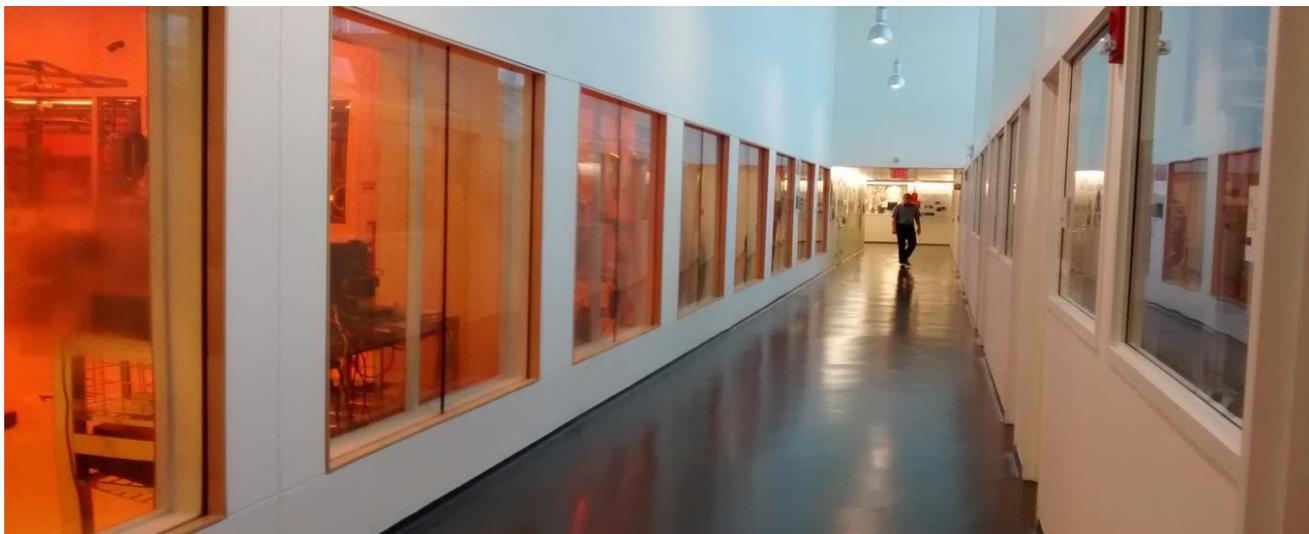
*Vista externa do local onde será implementado o Centro Multiusuário de Nanotecnologia*



O corredor de acesso interno aos laboratórios multiusuários será modificado para apresentar uma fachada moderna, condizente com os grandes laboratórios multiusuários do mundo (veja foto abaixo,

do Laboratory for *Integrated Science and Engineering* da Universidade de Harvard, que serve de referência para o que se pretende construir). Com vistas a outras ampliações no futuro, a área escolhida tem um ótimo potencial e possibilidades de ampliação. Nesse sentido a escolha atual é estratégica.

*Modelo desejado para o corredor do Centro Multiusuário de Nanotecnologia  
(local: Laboratory for Integrated Science and Engineering da Universidade de Harvard)*



Resíduos e segurança: junto a esta ação, será necessário também estruturar a gestão de resíduos e segurança relacionada ao trabalho nos laboratórios multiusuários, buscando a montagem de almoxarifado dedicado.

## **2 – Aumento quantitativo e qualitativo dos produtos mensuráveis relacionados a ensino, pesquisa e extensão.**

A métrica de sucesso possível para o desenvolvimento institucional aqui proposto é uma melhoria qualitativa dos produtos mensuráveis relacionados à missão da universidade com foco na pesquisa, mas com reflexo no ensino e extensão. Inclui:

- aumento da qualidade da produção científica em nanociência na UFMG, mensurada pelo fator de impacto e/ou qualis CAPES dos periódicos onde tais trabalhos estão sendo publicados;
- aumento do número de artigos publicados em revistas de nanociência e nanotecnologia com parâmetro de impacto elevados (acima de 10).
- aumento no número de citações a trabalhos científicos realizados na UFMG no tema;
- aumento do número de palestras convidadas em conferências nacionais e internacionais, proferidas por professores e/ou alunos da UFMG trabalhando no tema;
- aumento do número de trabalhos premiados, incluindo teses, dissertações, trabalhos de iniciação científica, dentre outros:
  - aumento do número de professores premiados nacional e internacionalmente, no tema;
  - elevação da qualidade do nível das pós-graduações da UFMG que trabalham no tema, mensurável pela elevação das notas CAPES de Pós-graduação, e pela manutenção da nota 7 por aqueles cursos que já detém a nota máxima;

- aumento quantitativo do número de propriedades intelectuais geradas na área;
- melhoria qualitativa e quantitativa da relação universidade/empresa na área, mensurada através do número de convênios de pesquisa, transferência de tecnologia, acordos de confidencialidade, dentre outros.

#### **IV. DEFINIÇÃO DO CENTRO MULTIUSUÁRIO DE NANOTECNOLOGIA NO DF-UFMG**

É importante esclarecer o porquê da instalação dos 7 laboratórios multiusuários propostos no DF-ICEx. Os Laboratórios que irão compor a rede de laboratórios multiusuários do Departamento de Física englobam técnicas que são temas de estudo de vários pesquisadores deste departamento. Desta forma, garante-se que as infraestruturas irão trabalhar na fronteira do conhecimento, prestando serviços tecnológicos de ponta para a comunidade intra e extramuros da UFMG, não interferindo com atividades que poderiam ser exercidas pelo setor privado. Abaixo apresentamos a especificidade de cada um dos laboratórios:

##### **(1) Criogenia**

A utilização de líquidos criogênicos é fundamental em muitas áreas de pesquisa. Em Física, Química, Ciência dos Materiais, Engenharia e outras áreas o uso mais direto é para o resfriamento e ajuste da temperatura do material, estrutura ou objeto em estudo, permitindo assim investigar o comportamento em função da temperatura ou facilitar a manipulação do objeto de estudo. Nas áreas de Saúde e Biológicas, o uso principal é na conservação e preservação dos objetos de estudo e/ou insumos. Uma utilização que vem crescendo fortemente na última década é o uso de hélio líquido para a operação dos magnetos supercondutores usados em tomógrafos e espectrômetros de ressonância nuclear. As utilizações aqui citadas não se restringem aos exemplos dados, em geral são muito mais amplas. A utilização dos gases associados a líquidos criogênicos, especialmente hélio e nitrogênio, é também geral em muitas áreas de Ciência e Tecnologia, seja para fornecer uma atmosfera neutra, seja para proporcionar equilíbrio térmico em uma faixa ampla de temperatura, para limpeza e remoção de umidade, entre muitos outros usos. Em resumo, o fornecimento regular de hélio e nitrogênio líquidos e gasosos é imprescindível para um imenso número de trabalhos de pesquisa e desenvolvimento em diversas áreas do conhecimento.

O Laboratório Multiusuário de Criogenia do Departamento de Física da UFMG é o único centro em Minas Gerais, e um dos poucos do Brasil, capaz de fornecer hélio líquido. Além disso, o Laboratório fornece nitrogênio líquido e os gases hélio e nitrogênio para diversos laboratórios de pesquisa da UFMG e alguns laboratórios externos. O Laboratório conta com uma estrutura para armazenamento de gás hélio que também é única em todo o Estado de Minas Gerais.

O Laboratório dispõe de dois liquefadores de hélio e três liquefadores de nitrogênio. Ambos os liquefadores de hélio têm sua capacidade de produção extremamente limitada devido à pureza do gás de entrada. Prevemos a instalação de um purificador de gás hélio, solicitado no projeto CT-Infra 2015, que permitirá que a produção dos liquefadores salte de 2 l/hora (liquefator 1) e 7 l/hora (liquefator 2) para 6 l/hora e 15 l/hora respectivamente. Esse aumento na produção é fundamental para conseguir regularizar o fornecimento de hélio líquido para os laboratórios já atendidos e ampliar o atendimento.

Atualmente a produção está muito abaixo da demanda, com a constante interrupção de experimentos e adiamento de trabalhos de pesquisa. A ampliação da capacidade de armazenamento também auxilia no aumento da produção e permite um planejamento da produção. Também com

relação ao fornecimento de nitrogênio líquido, a reestruturação do Laboratório permitirá que a produção se torne regular e confiável, evitando as constantes interrupções que forçam os usuários a procurar nitrogênio líquido de fontes externas, a um custo alto e fornecimento mais difícil e demorado.

Acreditamos que a reestruturação do Laboratório de Criogenia terá um impacto muito positivo nos vários trabalhos de pesquisa e desenvolvimento da UFMG e de outras instituições locais que utilizam líquidos e gases criogênicos. O fornecimento regular desses líquidos e gases permitirá a continuidade, o planejamento e até mesmo a execução desses trabalhos de pesquisa. Trabalhos de tese de doutorado e dissertações de mestrado não sofrerão atrasos devido à interrupções e fornecimento regular desses insumos básicos. Acreditamos inclusive que o aumento da produção e da capacidade de armazenamento de hélio e nitrogênio líquidos tem um papel também estratégico. Por exemplo, os tomógrafos de ressonância nuclear magnética utilizado para diagnóstico médico, disponíveis em vários hospitais, tem de serem mantidos permanentemente resfriados com hélio líquido. A disponibilidade de um centro fornecedor próximo confiável oferece uma segurança para a operação desses equipamentos e a capacidade de armazenar o gás excedente, de alto custo, é também muito desejável.

Além da infraestrutura interna adequada, o Laboratório de Criogenia apresenta acesso externo direto para a comunidade da UFMG, condizente com os interesses deste projeto de nucleação de uma infraestrutura interdisciplinar, que sirvam às necessidades da UFMG, e não apenas de um departamento ou uma unidade.

## **(2) Instrumentação e prototipagem**

A instrumentação digital transforma processos industriais como o corte e a usinagem de materiais em processos digitais com maior qualidade e apuro técnico. Por sua vez, a prototipagem digital permite a concretização de objetos virtuais em objetos físicos, a partir da modelação tridimensional em sistemas de desenho assistidos por computador ou através de escaneamento 3D. A produção digital permite concretizar objetos e ideias técnicas, científicas ou artísticas, com maior economia de tempo e redução de custos de fabricação de peças únicas ou em pequenas quantidades. Isso representa uma vasta gama de possibilidades de atendimento a pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia de todas as áreas do conhecimento, incluindo engenharias, física, geologia, arte, design, odontologia, medicina, etc.

No campo das ciências exatas e engenharias, a fabricação digital representa um passo importante no desenvolvimento de novas tecnologias, como por exemplo na confecção de modelos experimentais em robótica, engenharia aeroespacial e tecnologias de mobilidade. Em particular, na engenharia aeroespacial, o escaneamento tridimensional de protótipos de aeronaves aliado a softwares de simulação permite que se dê um passo importante nos processos de otimização de desempenho. Na pesquisa básica em diversas áreas das ciências exatas, a fabricação digital permite a confecção rápida e customizada de instrumentos, ferramentas, peças de reposição e componentes de precisão nem sempre disponíveis comercialmente, permitindo que os laboratórios de pesquisa adquiram maior agilidade e independência. No campo da Odontologia, a instrumentação e prototipagem contribuirá com a produção de novos conhecimentos a respeito de processos, produtos e práticas em saúde bucal. O processo de instrumentação, visualização e prototipagem em odontologia engloba a aquisição ou criação de imagem em 3D através da utilização de scanners e/ou programas computacionais para a obtenção de objetos em modo de estereolitografia (STL), os quais podem ser confeccionados por meio de processo de subtração ou adição. Esta estratégia tem sido utilizada para montar uma variedade de estruturas com aplicações em biomateriais para substituição de tecidos, restaurações odontológicas, próteses/órteses. O emprego desta tecnologia apresenta uma série de benefícios aos profissionais e

pacientes, como a redução do custo final e redução significativa do tempo de trabalho e do tratamento. No campo da Arte e do Design, a instrumentação e prototipagem possibilitará um expressivo avanço na pesquisa em experiências e interações virtuais, de experiências sonoras e interações virtuais, de efeitos especiais cênicos e próteses para mascaramento corporal. Na preservação do patrimônio cultural, possibilitará a criação de uma infraestrutura de escaneamento tridimensional e impressão tridimensional de réplicas de obras de arte, bens culturais e instalações artísticas. No campo das Geociências, instrumentação e prototipagem possibilitará, por meio do escaneamento tridimensional a laser, o desenvolvimento de maquetes e protótipos miniaturizados de ambientes de interesse científico tais como formações de relevo, interiores de cavernas, túneis e edificações.

Para a realização das atividades de natureza continuada, o DF conta hoje com 2 funcionários experientes, que já realizam prototipagem de qualidade, trabalhando em uma área física de (12 x 33) m<sup>2</sup>, onde está funcionando hoje a oficina do Departamento de Física, que conta com infraestrutura de usinagem e eletrônica. Embora os equipamentos estejam na sua maioria obsoletos para atender às necessidades de instrumentação e prototipagem atuais, a infraestrutura, incluindo instalações elétrica e hidráulica, são adequadas, exigindo apenas uma pequena reforma para melhorar a qualidade visual do laboratório (pintura, construção de um mezanino, implementação de bancadas de trabalho, iluminação). Além da infraestrutura interna adequada, este ambiente apresenta acesso externo direto para a comunidade da UFMG, condizente com os interesses deste projeto de nucleação de uma infraestrutura interdisciplinar, que sirvam às necessidades da UFMG, e não apenas de um departamento ou uma unidade.

### **(3) Sala Limpa – O Laboratório de Processamento de Dispositivos (LPD)**

Salas limpas são ambientes controlados, com baixo teor de particulados no ar, essenciais para o desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia. O Laboratório de Processamento de Dispositivos (LPD) da UFMG foi inaugurado em 1996, com financiamento da FAPEMIG e da UFMG, e funciona como laboratório multiusuário há cerca de 10 anos, estabelecendo-se como referência nacional em nanofabricação no país. O LPD é uma sala limpa com área atual de 80 m<sup>2</sup> em três ambientes, sendo dois ambientes classe 1000 e um ambiente classe 10.000, onde está instalada uma estrutura completa para fotolitografia (sala amarela), fabricação de máscaras por escrita direta a laser, litografia de feixe de elétrons, deposição de filmes, corrosão úmida e seca, diversas ferramentas de inspeção, tais como microscopia óptica e perfilometria. A condução científica do LPD está a cargo de pelo menos 14 pesquisadores doutores, e conta ainda com o suporte de um técnico. No histórico do LPD, destaca-se sua competência em processamento de materiais III-V, silício e grafeno. O LPD é o único laboratório no Brasil onde se fabrica, de forma regular e consistente, nanodispositivos em grafeno utilizando tanto fotolitografia quanto litografia por feixe eletrônico. O LPD teve e tem papel central em muitos projetos cooperativos e em redes de pesquisa, dentre as quais destacam-se: i) Pronex/CNPq (1996), ii) Instituto do Milênio de Nanociências (2002), iii) Instituto do Milênio de Nanotecnologia (2005), iv) Rede Nacional de Pesquisa em Materiais Nanoestruturados (2002), v) Rede de Plataformas de Nanofabricação – NANOFAB (2004), vi) Pronex – FAPEMIG/Nanotubos de Carbono (2004), vii) Rede Nacional de Pesquisa em Nanotubos de Carbono (2005), viii) Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Nanoestruturas de Carbono (2009), ix) Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Nanodispositivos Semicondutores (2009), x) Rede de Pesquisa em Nanoinstrumentação CNPq Plataforma Tecnológica para Fabricação de Novos Componentes, Sistemas e Instrumentos baseados em Materiais Nanoestruturados (2012). O LPD tem abrangência nacional por ser utilizado por pesquisadores de diferentes instituições do país, tais como USP, UNICAMP, UFC, IEAv -CTA. Hoje, junto com o Centro de Microscopia, o Laboratório faz parte do SisNano-UFMG, ou seja, é parte integrante do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia,

criado pelo MCTI.

#### **(4) Caracterização Estrutural por difractometria de raios X**

Na caracterização estrutural, visamos estruturar um ambiente com equipamentos para difractometria de raios X, a partir de infraestrutura já existente e da qualificação de pesquisadores da área, para atender a comunidade interna e externa a UFMG que trabalha, direta ou indiretamente, com o estudo e desenvolvimento de novos materiais.

Informações a respeito da estrutura cristalina de um sólido são obtidas, em geral, a partir de técnicas experimentais de difração resultantes da sua interação com raios X, nêutrons ou elétrons. Os métodos de difração de raios X, que permitem obter informações cristalográficas de um composto, podem utilizar radiação mono ou policromática; as amostras podem estar na forma mono ou policristalina. Técnicas de difração de policristais são muito utilizadas para identificação e caracterização simples de compostos. No caso das medidas com um difratômetro, podem ser obtidas algumas informações mais detalhadas, tais como a coexistência de compostos diferentes, distribuição de tamanhos de grãos, entre outras.

A difractometria de raios X tem sido também largamente utilizada em nanobiotecnologia, fornecendo informação estrutural em proteômica.

#### **(5) Caracterização Estrutural por espectroscópicas ópticas e análises térmicas**

Na caracterização estrutural, visamos estruturar também o potencial do centro para a realização de espectroscopia óptica e análises térmicas, a partir de infraestrutura também já existente e da qualificação de pesquisadores da área, para atender a comunidade interna e externa a UFMG que trabalha, direta ou indiretamente, com o estudo e desenvolvimento de novos materiais. Diversos INCTs e Programas de Pós-Graduação com sede na UFMG têm objetivos consonantes com a capacidade de desenvolvimento científico fundamentado na caracterização de materiais, assim como outros centros no estado de Minas Gerais e no país (Redes de Pesquisa, CDTN e INCTs), como fruto das colaborações de pesquisadores da UFMG. De fato, a UFMG, em especial o seu Instituto de Ciências Exatas (ICEx), tem em seu quadro pesquisadores de renome internacional nas aplicações da espectroscopia óptica, com foco em nanotecnologia e espectroscopia Raman. Graças a este reconhecimento, estes pesquisadores têm sido procurados nos últimos anos para colaborações por diversos grupos de dentro e fora da UFMG e do Brasil.

#### **(6) Preparação de Amostras Nanoestruturadas**

Um Laboratório de Preparação de Amostras com uma infraestrutura completa de equipamentos deverá permitir que estudantes, pesquisadores e professores possam produzir amostras de materiais necessários para suas pesquisas em nanociência. Este será um laboratório prioritariamente de suporte a todos os outros, garantindo assim uma rede sustentável de tecnologias, capaz de abraçar um desenvolvimento científico e tecnológico de forma completa. A criação de tal laboratório tem as seguintes metas:

- (i) concentrar em um só espaço, equipamentos dispersos por diversos laboratórios, evitando assim uma futura duplicação de infraestrutura
- (ii) garantir e estimular a adoção de boas práticas de laboratório nos quesitos de segurança dos

usuários, armazenamento de reagentes químicos, manejo adequado de rejeitos, utilização de princípios da química verde, dentre outros.

(iii) otimizar a aquisição de reagentes de uso comum como solventes orgânicos

(iv) realizar treinamento regulares de estudantes e pesquisadores.

A preparação e processamento de amostras em forma de pós, soluções, e filmes finos de maneira segura, controlada e reprodutível é fundamental para a realização de pesquisas nas diversas áreas experimentais das Ciências Naturais. Atualmente, no Departamento de Física, diversos grupos possuem parte da infraestrutura dos seus laboratórios dedicada à preparação de amostras. Porém, muitas vezes, tais espaços não possuem uma configuração adequada. Além disso, diferentes laboratórios possuem o mesmo tipo de equipamento, ou seja, existe uma duplicação de infraestrutura, como também podem utilizar os mesmos tipos de reagentes.

Com o estabelecimento de um laboratório multiusuário, haverá significativa melhoria das práticas laboratoriais de preparação de amostras, principalmente nos quesitos segurança e manuseio de rejeitos, treinamento de estudantes, pesquisadores e professores, e otimização da infraestrutura e do espaço físico. Tais melhorias irão impactar diretamente na qualidade das pesquisas e dos trabalhos dos estudantes de pós-graduação principalmente por que permitirão a produção de amostras de altíssima qualidade de maneira mais eficiente.

## **(7) Cálculos Computacionais**

As pesquisas de ponta baseadas em simulações numéricas vêm crescendo nos últimos anos permitindo o estudo de sistemas cada vez maiores e mais complexos, servindo tanto para prever novos materiais e suas propriedades, quanto para a compreensão de fenomenologias observadas em experimentos cada vez mais sofisticados e complexos. O acréscimo da complexidade dos sistemas estudados, especialmente sistemas biológicos, aumenta a demanda de capacidade de processamento. O que significa um aumento de demanda da qualidade e quantidade de computadores a serem utilizados.

Áreas de pesquisa diversas, em Física e de caráter multidisciplinar, fazem uso de simulações numéricas para descrever os sistemas físicos de interesse. Os diversos grupos cuja base laboratorial é baseada em computadores de alto desempenho são: o Grupo de Emaranhamento e Propriedades Quânticas da Luz; o grupo de Estrutura Eletrônica; o Grupo de Física Estatística; o Grupo de Astrofísica Computacional; o Grupo de Simulação; o Laboratório de Física de Sistemas Biológicos; o Grupo de Física de Superfície; o Grupo de Física de Sistemas de Muitos Corpos. Estes grupos congregam um número representativo do corpo docente (25 professores do DF) que orientam atualmente 57 alunos de pós-graduação.

Atualmente, no DF a capacidade de processamento é inferior à demanda. Isto limita e/ou atrasa a obtenção de novos resultados por parte dos nossos estudantes e pesquisadores. Não existe uma infraestrutura computacional comum aos diversos grupos que trabalham com cálculos computacionais no DF. Com a criação de laboratórios experimentais multiusuários, esta condição se agrava, já que novos experimentos implicam em mais esforços para compreensão de fenomenologias e tratamentos de dados.

O Laboratório Multiusuário de Computação será estratégico para fornecer a interface teoria-experimento no perfil interdisciplinar, promovido por vários laboratórios experimentais multiusuários, almejado por este Departamento. A concentração tanto virtual quanto física dos vários pesquisadores e estudantes que trabalham com simulações computacionais favoreceria a interação entre estudantes

e professores, a troca de metodologias e informações, o que resultaria na ampliação da qualidade e quantidade de trabalhos científicos produzidos pelos grupos individualmente.

## V. PERFIL TÉCNICO NECESSÁRIO

Como discutido neste projeto, o Departamento de Física será o responsável pela implementação das propostas aqui apresentadas. Além de 75 professores, destes 73 doutores, são 22 funcionários técnico-administrativos efetivos, atuando nas Secretarias Administrativa, de Convênios e de Compras, Secretaria de Pós-Graduação, Biblioteca da Pós-Graduação, Laboratório de Criogenia, Laboratório de Cristalografia, Laboratórios de Ensino, Oficina Eletrônica, Oficina Mecânica, Laboratório de Química, Laboratório IBM e Laboratório de Informática. Desta forma, a equipe do departamento servirá de base para o início das atividades do centro.

Para atingir o nível de qualidade desejado, entretanto, teremos que trabalhar na reciclagem ou na atualização de seu corpo técnico. Este item, entretanto, não será abordado neste PDI.

## VI. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS NO PROJETO

### Objetivo 1

Ação 1.1 Adequação do espaço físico – Contratação de projeto arquitetônico completo, incluindo parte elétrica e hidráulica, e orçamento da obra.

Meta: Elaborar uma proposta de estruturação do ambiente para abrigar a rede de laboratórios multiusuários que atenda aos objetivos da proposta.

Indicador: Projeto arquitetônico elaborado.

Ação 1.2 Adequação do espaço físico - Retirada dos laboratórios que hoje ocupam os locais destinados aos laboratórios multiusuários; reforma com o objetivo de modernizar a infraestrutura.

Meta: Adequar as áreas determinadas para receber os novos laboratórios.

Indicador: Adequação de espaço físico realizada

Ação 1.3 Implementação dos laboratórios – Implementação das novas tecnologias nos locais destinados. Adequação da infraestrutura elétrica, hidráulica e de mídia.

Meta 1.2.1: Reestruturação do laboratório de criogenia

Meta 1.2.2: Reestruturação do laboratório de instrumentação e prototipagem Meta

1.2.3: Reestruturação da sala limpa

Meta 1.2.4: Implementação do laboratório multiusuário de caracterização de materiais

Meta 1.2.5: Implementação do laboratório multiusuário de preparação de amostras

Meta 1.2.6: Implementação do laboratório multiusuário de cálculos computacionais

Indicadores: Laboratórios Implementados

Ação 1.4: Implementação de Sistema de Tecnologia da Informação (TI) para Gerenciamento da Rede de Laboratórios Multiusuários

Meta: Implementar sistema de TI para a realização das seguintes tarefas:

- i. Divulgação da Rede de Laboratórios Multiusuários

- ii. Cadastro de usuários
- iii. Cadastro de projetos
- iv. Lista de Equipamentos Disponíveis
- v. Agendamento e Registro de Uso de Equipamentos
- vi. Gerenciamento dos Equipamentos
- vii. Disponibilização de Documentos e Informações
- viii. Gerenciamento de Estoque e Compras

A implementação terá três etapas:

- (i) Definição e detalhamento das ferramentas a serem implementadas no sistema de TI.
- (ii) Prospecção de possíveis realizadores e contratação do serviço.
- (iii) Testes e implementação em fase beta

Indicador:

Etapa (i) Documento com as especificações técnicas do sistema de TI desejado.

Etapa (ii) Contrato de Serviço de TI.

Etapa (iii) Relatório com resultados dos testes beta.

#### Ação 1.5 Abertura do sistema para uso interno do Departamento

Meta: realização de testes de conformidade dos laboratórios.

Indicador: Testes de conformidade realizados e revisão da qualidade do funcionamento dos equipamento

## **Objetivo 2**

#### Ação 2.1: Levantamento dos dados de produção e avaliação das ações relacionadas ao ensino, pesquisa e extensão

Meta: Levantamento da produção anterior a implementação do PDI

Indicador: Relatório de produção.

#### Ação 2.2: Acompanhamento dos dados de produção e avaliação das ações relacionadas ao ensino, pesquisa e extensão

Meta: Levantamentos realizado no final do projeto.

Indicador: Relatórios comparativo atestando a evolução da qualidade da produção.

## VII. ORÇAMENTO

Para o período de execução deste projeto está previsto a mobilização de recursos no montante de **R\$ 29.736.336,10** (Vinte e nove milhões, setecentos e trinta e seis mil, trezentos e trinta e seis reais e dez centavos), provenientes de recursos orçamentários e de pesquisa.

	<b>Descrição das despesas</b>	<b>Carga hor.</b>	<b>Valor/hora</b>	<b>Despesa (R\$)</b>
Ação 1.1	Contratação de projeto arquitetônico completo, incluindo parte elétrica e hidráulica, e orçamento da obra, no modelo carta convite			180.000,00
Ação 1.2	Adequação do espaço físico, compra de mobiliário, reforma de infraestrutura básica, serviços de transporte, compra de equipamentos e insumos, hidráulica, elétrica e de engenharia civil, contratação de serviços de terceiros			1.000.000,00
Ação 1.3	Reforma de infraestrutura básica, compra de mobiliário, serviço de transporte, compra de equipamentos (nacionais e importados), insumos e softwares, contratação de serviços de terceiros.			26.490.130,00
Ação 1.4	Contratação de serviços de TI e de comunicação, pagamento de pessoal técnico- administrativo			634.880,00
Ação 1.5	Testes de conformidade, contratação de serviços de terceiros			41.140,00
Ação 1.6	Contratação de serviços de terceiros, manutenção de equipamentos, materiais de consumo			1.330.186,10
Ação 2.1	Compra de equipamento e insumos de escritório			40.000,00
Ação 2.2	Compra de insumos de escritório			20.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>29.736.336,10</b>

Como detalhado na planilha de custos, grande parte do orçamento está destinado a compra de equipamentos e materiais permanentes para a implementação do laboratório, e para os trabalhos de readequação do espaço físico. Entretanto, o orçamento contempla também alguns materiais de consumo, aqueles essenciais para poder dar início às atividades do centro, bem como serviços de manutenção dos equipamentos, que não devem ser vistos aqui como atividade de manutenção, mas sim um serviço que garante os testes de qualidade da implementação dos equipamentos e de sua infraestrutura.

### VIII. SERVIÇOS DEMANDADOS À GESTORA – FUNDEP

A prestação de serviços de apoio pela FUNDEP para viabilizar a execução desse projeto ampara-se na Lei no. 8958/94, em especial no § 2o. Do art. 1o., regulamentada pelo decreto no. 7423/10. Os serviços a serem prestados estão especificados, qualitativamente e quantitativamente, no Adendo ao projeto que segue anexo e também será parte integrante do respectivo contrato.

### IX. CRONOGRAMA

O presente projeto terá a duração de 03 (três) anos, a contar da data da assinatura do Contrato de Prestação de Serviços entre a UFMG e a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP. As ações previstas obedecerão ao seguinte plano de implementação:

	Ano 1/1	Ano 1/2	Ano 2/1	Ano 2/2	Ano 3/1	Ano 3/2
Ação 1.1	x	x				
Ação 1.2 m1	x	x				
Ação 1.2 m2	x	x				
Ação 1.2 m3	x	x				
Ação 1.2 m4		x	x			
Ação 1.2 m5		x	x			
Ação 1.2 m6		x	x			
Ação 1.3	x	x	x	x		
Ação 1.4		x	x	x		
Ação 1.5			x	x	x	x
Ação 1.6				x	x	x
Ação 2.1	x	x	x			
Ação 2.2					x	x

Belo Horizonte, 03 de novembro de 2016.

---

Prof. Rogério Magalhães Paniago  
Chefe do Departamento de Física

De acordo:

---

Prof. Antônio Flávio de C. Alcântara  
Diretor do ICEx