

IES: Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-graduação: Física

Título do Projeto: Fronteiras da Física Teórica e Computacional

A pesquisa realizada no Programa de Pós Graduação em Física (PPGF) da UFSC cobre um abrangente e diversificado leque de linhas experimentais, aplicadas e teóricas, da física de partículas e campos à de estrelas e galáxias, de átomos e moléculas a sistemas nano-estruturados, da produção e caracterização de novos materiais ao desenvolvimento de instrumentação científica, entre outras. Nos 14 anos desde a instituição do Doutorado, em 1996, o PPGF vem crescendo e amadurecendo de forma consistente e continuada, tanto quantitativa como qualitativamente. A alocação de uma bolsa PRODOC contribuirá para este processo de consolidação, ao mesmo tempo oferecendo ao bolsista uma excelente oportunidade de amadurecimento profissional através de atividades de pesquisa, ensino e extensão.

1 – Justificativa institucional: Contexto atual e importância do bolsista PRODOC

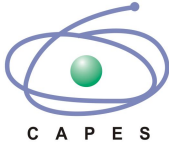
Diversos indicadores refletem de forma objetiva o processo de consolidação e crescimento pelo qual vem passando o PPGF-UFSC, produzindo um ambiente propício para a atuação do bolsista.

Melhorias na infra-estrutura: Avanços substanciais na infra-estrutura básica para pesquisa ocorreram nos últimos anos, tanto através da aprovação de projetos individuais de pesquisadores do PPGF como pela junção de esforços em projetos de grande porte e interesse global, como ampliação da área física e a aquisição de equipamentos multi-usuário (difratômetro de raios-X, cluster para computação de alto desempenho, etc.). Por exemplo, 12 projetos foram aprovados nos editais universais do CNPq em 2008 e 2009, e outros 6 foram aprovados no edital universal da FAPESC em 2009. Outros projetos incluem o PRÓ-EQUIPAMENTOS, o PRONEX/FAPESC e a participação em INCTs e projetos FINEP/CT-INFRA. As instalações físicas atuais são confortáveis e em expansão. Um novo prédio de 1500 metros quadrados (70% já construído) abrigará laboratórios de pesquisa, salas para alunos de PG, salas de aula (necessárias para comportar o aumento no número de alunos e de disciplinas) e salas para novos professores, visitantes e pós-docs. Além deste, outro prédio será iniciado ainda em 2010, o qual hospedará a estrutura administrativa do curso, auditórios e biblioteca.

Crescimento do corpo docente: Contamos com um corpo docente produtivo (média entre 2 e 3 artigos por ano), diversificado (composto por doutores com distintas origens, formações e vivências), e em franca **expansão**. Em 2005 nosso corpo docente contava com 22 professores. Em 2009 já eram 31 docentes, mais da metade destes com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Em 2010 cinco novos pesquisadores serão integrados ao Programa. Este aumento no corpo docente se deve à **contratação de 14 doutores ao longo dos últimos 5 anos**. Estes números evidenciam o forte processo de **renovação** pelo qual passa o Departamento de Física da UFSC. Novos pesquisadores estão substituindo uma geração de professores dedicados exclusivamente à graduação. Além das contratações já citadas, a previsão é de que outras **10 ocorram nos próximos 4 anos**.

Forte crescimento do corpo discente: Historicamente, o maior gargalo ao crescimento do Programa foi a baixa oferta de bolsas. Tipicamente, nosso exame de seleção (realizado em várias cidades do país e do exterior) atrai 3 vezes mais candidatos do que o número de bolsas disponíveis. Nos últimos dois anos, no entanto, o aumento de recursos do PROF, bolsas oriundas de editais direcionados ou INCTs, e principalmente **bolsas REUNI** aumentaram significativamente nossa capacidade de absorver alunos, elevando o corpo discente de 29 alunos em 2004 para 52 em 2009, com uma previsão de aumento de outros **46% para 2010**, quando chegaremos a um total de **76** alunos.

A importância do bolsista PRODOC: Este resumo retrata uma PG em transição, com avanços substanciais nos volumes dos corpos discente e docente e nas condições materiais de trabalho.



Considerando o crescimento observado, e assumindo que o nível de fomento não diminua, é possível estimar, de forma aproximada, porém realista, que atingiremos um patamar de 40 docentes e 80 alunos em 2 ou 3 anos, chegando a 50 docentes e 100 alunos em meia década. O bolsista PRODOC se inserirá neste contexto auspicioso e promissor, no qual contará com colegas produtivos, boas condições de trabalho, perspectiva de crescimento profissional e **real possibilidade de contratação** em um futuro próximo. Do ponto de vista institucional, o bolsista desempenhará um importante papel no sentido de contribuir para a formação de recursos humanos. Em particular, o aumento no fluxo de alunos implica em uma demanda por mais orientadores e disciplinas, pontos nos quais o bolsista deverá atuar diretamente. Além de consolidar sua carreira científica e desenvolver habilidades didáticas, o bolsista terá a oportunidade de participar do processo de planejamento e instalação de um grande museu de ciências em Florianópolis, uma iniciativa liderada por docentes do PPGF-UFSC.

2 – Justificativa científica: Fortalecimento e consolidação de linhas de pesquisa em Física Teórica e Computacional

Nos últimos anos o Programa deu forte prioridade para a expansão e consolidação de áreas experimentais, atingindo resultados palpáveis. Este projeto PRODOC é dedicado ao fortalecimento da pesquisa em **física teórica em geral**. No que segue descrevemos em linhas gerais as pesquisas teóricas realizadas dentro do PPGF-UFSC.

As áreas de concentração do Programa são:

Astrofísica,
Física Atômica e Molecular,
Física da Matéria Condensada,
Física Matemática e Teoria de Campos,
Física Nuclear e de Hádrons,
Mecânica Estatística e Transições de Fase.

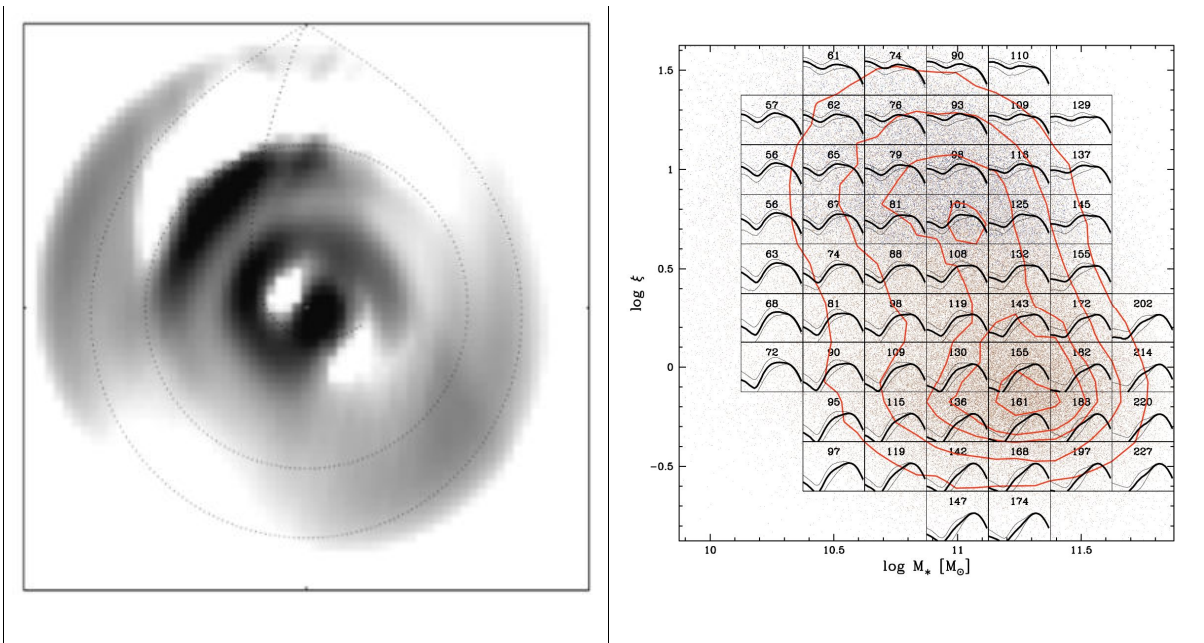
Trabalhos experimentais/observacionais são desenvolvidos em apenas algumas dessas áreas, ao passo que todas englobam estudos teóricos e/ou computacionais. Destes últimos, algumas linhas de pesquisa são puramente teóricas, enquanto outras combinam dados experimentais com modelos analíticos e/ou numéricos para avançar a compreensão dos fenômenos envolvidos. Abaixo apresentamos um panorama sucinto da pesquisa desenvolvida em cada uma dessas grandes áreas.

Astrofísica: Desenvolver e testar modelos físicos para fontes astrofísicas é o principal e mais profícuo *modus operandi* da astrofísica teórica. Docentes do grupo de astrofísica da UFSC trabalham nas duas principais vertentes desta grande área: astrofísica estelar e astrofísica extra-galáctica.

Na área estelar, uma das principais linhas de pesquisa é a astro-sismologia, que estuda modos de pulsação de estrelas, visando traduzir as flutuações de brilho observadas em informações sobre a estrutura interna e vice-versa. Este tipo de estudo tem produzido uma série de resultados de alto impacto, incluindo a primeira identificação de uma anã branca cristalizada (Kanaan et al 2005), confirmando e complementando a teoria inicialmente proposta por Salpeter há meio século – esses estudos são realizados em colaboração com uma equipe de mais de 100 pesquisadores que compõe o consórcio internacional Whole Earth Telescope. Mais recentemente (Zabot et al 2009) o grupo desenvolveu cálculos de transferência radiativa para discos de poeira ao redor de anãs brancas, um fenômeno descoberto apenas nos últimos anos e que até agora permanece pouco entendido. Outra linha de pesquisa estuda sistemas binários em interação, nos quais a transferência de matéria entre duas estrelas produz uma série de fenômenos dinâmicos, hidrodinâmicos, radiativos e magnéticos. Esta riqueza torna estes sistemas laboratórios de grande interesse, e o grupo da UFSC é um dos líderes nesta área. Em particular, membros do grupo desenvolveram métodos avançados e pioneiros (Baptista 2001) para mapear as estruturas radiais e verticais do disco de acréscimo (resultante da perda de momento angular e liberação de energia gravitacional) em variáveis cataclísmicas eclipsantes. As técnicas de mapeamento por eclipses e tomografia Doppler desenvolvidas utilizam séries temporais

espectrofotométricas para, através de algoritmos de inversão que incluem modelos físicos de primeira ordem do sistema, recuperar detalhes impossíveis de serem obtidos de outra forma. A descoberta de padrões de ondas espirais Baptista et al (2000) e de chuviscos de acréscimo sobre os pólos magnéticos da anã branca (Saito et al 2010) são alguns dos resultados mais impactantes desta linha de pesquisa.

Pesquisas em astrofísica extra-galáctica abarcam um leque igualmente variado de temas, como núcleos ativos de galáxias, modelos matemáticos para as flutuações de brilho de quasares (Cid Fernandes et al 2000), estudos dos efeitos do meio ambiente sobre a evolução de galáxias (Mateus et al 2007), cálculos auto consistentes de modelos de fotoionização para sistemas com linhas de emissão (Stasinska et al 2008), modelos analíticos para a evolução química de galáxias (Vale Asari et al 2009), e métodos matemáticos e computacionais para a reconstrução da evolução das populações estelares em galáxias a partir da análise de seus espectros (Cid Fernandes et al 2005, 2010). Esta última linha de pesquisa tem tido grande destaque a nível internacional graças à versatilidade do código de síntese espectral desenvolvido na UFSC e a sua aplicação à bases de dados contendo ~ 1 milhão de galáxias. Este tipo de ferramenta envolve uma combinação de vários ingredientes astrofísicos, matemáticos e computacionais, como modelos de evolução estelar, técnicas de álgebra convexa, cadeias de Markov, métodos numéricos de otimização e exploração de espaços de parâmetros, integração e organização dos dados em bases de dados, computação em rede, etc. Análises deste tipo permitem derivar uma longa e informativa lista de propriedades físicas de galáxias, e são fundamentais para explorar a avalanche de dados que estão sendo obtidos em grandes projetos internacionais voltados à observações de galáxias tanto no Universo local como à distâncias de relevância cosmológica (alto *redshift*), com perspectivas muito interessantes.



Esquerda: Mapa da distribuição de brilho do disco da cataclísmica DQ Her, onde o acréscimo nas partes internas do disco é controlado pelo forte campo magnético dipolar da anã branca. Os mapas revelam o chuvisco de acréscimo dipolar, sua estrutura e dimensões projetadas no plano do disco. A anã branca está no centro do mapa e a estrela que fornece matéria está à direita. As partes mais brilhantes aparecem em tons escuros. Direita: Diagrama da massa estelar total contra uma medida do “grau de aposentadoria” de uma galáxia (obtido a partir da intensidade da linha H-alfa) para mais de 100 mil galáxias da Sloan Digital Sky Survey. Cada quadro mostra a história de formação estelar (taxa de formação estelar contra o logaritmo de tempo, de 1 milhão a 10 bilhões de anos), ilustrando o poder do casamento das técnicas de análise desenvolvidas na UFSC com a massa de dados disponíveis.

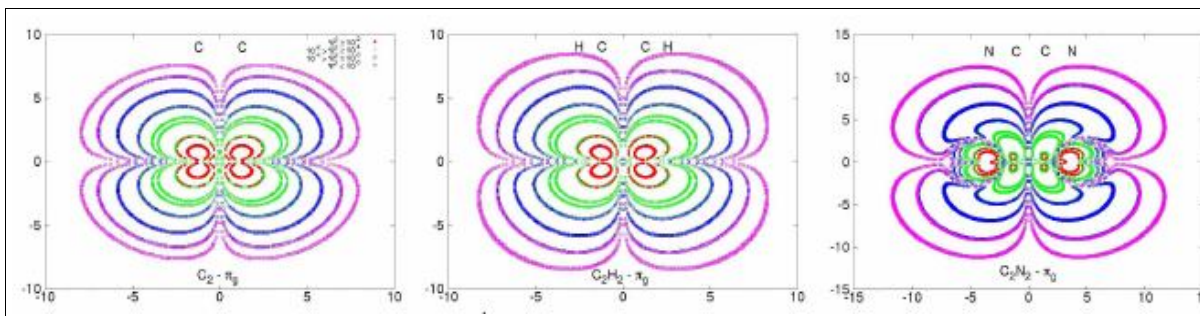
O grupo conta com diversas colaborações internacionais (EUA, França, Espanha, Chile, etc.), algumas delas apoiadas por meio de convênios. De modo geral, o grupo absorveria de modo natural pós-docs com experiência em transferência radiativa, simulações hidrodinâmicas e de N corpos, interiores estelares.



Física Atômica e Molecular: A interação de elétrons ou pósitrons com átomos e moléculas é um dos temas de investigação mais antigos em física atômica e molecular, e, no entanto, tem se mantido um tema atual e instigante, despertando o interesse de muitos grupos de pesquisa, tanto experimentais quanto teóricos, em todo o mundo. Tal interesse se evidencia pelo fato de que processos de colisão de elétrons/pósitrons com alvos atômicos e moleculares estão presentes numa grande variedade de sistemas de interesse científico e tecnológico como, por exemplo, na física dos Lasers, física de plasmas, atmosferas planetárias, astrofísica em geral, tomografia por emissão de pósitrons, etc. Sob o ponto de vista estritamente teórico, cálculos de potenciais de interação e cálculos de seções de choque de elétrons/pósitron com alvos atômicos e moleculares, vêm contribuindo muito no desenvolvimento de um corpo formal e ferramental altamente elaborado, fazendo da física atômica e molecular uma das áreas mais desenvolvidas da física contemporânea. Por envolver muitos corpos, os cálculos de espalhamento exigem o desenvolvimento de códigos computacionais, que vem se tornando tanto mais elaborados, incorporando mais e mais efeitos, na medida em que a capacidade de processamento dos novos computadores cresce. Além dos aspectos computacionais, a teoria de espalhamento exige do pesquisador um corpo de conhecimentos sólido tanto de física matemática quanto de mecânica quântica, sendo assim um excelente campo para a formação de recursos humanos.

Particularmente, o grupo da UFSC, em colaboração com pesquisadores da UFSCar, UFPR, UNICAMP e UDESC, vem desenvolvendo trabalhos relacionados à diversas linhas de investigação em teoria de espalhamento elétron/pósitron molécula, tais como:

- i) Cálculo de seções de choque elásticas e totais de moléculas por impacto de elétrons (Michelin et al 2006)
- ii) Cálculo de excitação eletrônica de camadas internas por impacto de elétrons (Michelin et al 2007)
- iii) Seções de choque elásticas de interação pósitron-molécula (Arretche et al 2008)
- iv) Efeitos de troca de spin em colisões elétron molécula (Fujimoto et al 2010)
- v) Excitação vibracional de moléculas por impacto de elétrons e pósitrons
- vi) Modelos teóricos de correlação pósitron-molécula
- vii) Aplicação do método de elementos finitos em problemas de espalhamento.



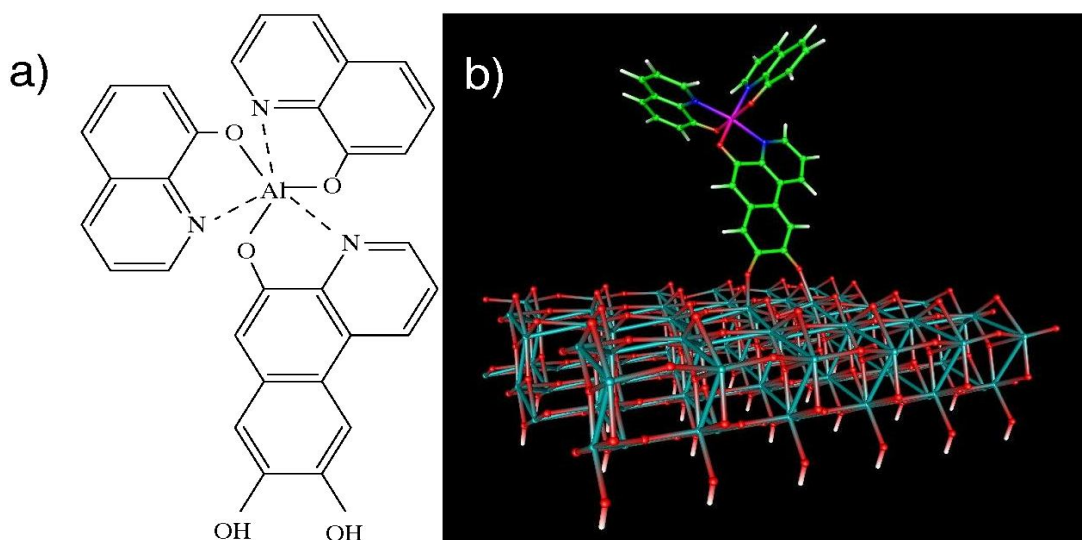
Densidades eletrônicas de estados excitados moleculares (Michelin et al 2009).

Além destas linhas, os formalismos dominados pelo grupo permitem também estudar propriedades de transporte de elétrons em semicondutores. Em particular, o tratamento de problemas de transporte de elétrons em nanoestruturas semicondutoras, cálculo de mobilidades eletrônicas, estrutura eletrônica de átomos e moléculas artificiais envolve aspectos muito similares ao problema de elétrons colidindo com alvos atômicos ou moleculares no vácuo. Por ser essa uma das áreas da física mais dinâmica da atualidade, além do seu caráter estratégico para o país, o grupo pretende fazer aplicações das técnicas já dominadas em teoria de espalhamento em problemas que envolvam nanoestruturas semicondutoras. Esforços iniciais neste sentido estão em andamento, e o grupo absorveria com naturalidade pós-docs com este perfil “interdisciplinar”.

Física da Matéria Condensada: Uma das linhas de pesquisa teóricas mais ativas nesta área é a de transferência eletrônica em sistemas moleculares. Os processos de transferência eletrônica são a forma mais básica de reação química, pois, em muitos casos nenhuma ligação química é rompida ou formada durante o processo em que o elétron é transferido espontaneamente de um centro doador, geralmente

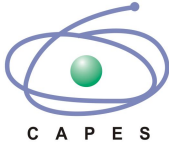
metaestável, para um centro aceitador. No entanto, tais mecanismos, quânticos em sua origem, são fundamentais para vários processos físicos, químicos e biológicos, como corrosão, catálise, fotossíntese, eletroquímica, produção e conversão de energia, condutividade elétrica em polímeros e bio-moléculas. Do ponto de vista teórico podemos dividi-los em dois grupos, de acordo com a intensidade do acoplamento entre os centros doadores e aceptadores de carga. No limite em que o acoplamento entre doadores e aceptadores é fraco, progressos significativos foram obtidos no sentido de se obter uma teoria microscópica capaz de descrever taxas de transferência de carga (ou reação); destaca-se aqui o formalismo desenvolvido por R. A. Marcus, prêmio Nobel de química em 1992. No entanto, ainda não existe um formalismo geral capaz de tratar a transferência de carga entre doadores e aceptadores quando esses estão fortemente acoplados, pois, nesse caso, um tratamento perturbativo não é adequado.

A pesquisa na UFSC neste tema tem por objetivo desenvolver formalismos teóricos capazes de descrever os processos de transferência de elétrons em sistemas moleculares, adotando modelos atômicos realistas, embasados em métodos teóricos e computacionais da mecânica quântica e dinâmica molecular clássica. Devido à complexidade dos sistemas, que geralmente são constituídos por interfaces do tipo sólido-molécula, sólido-líquido ou líquido-molécula, além de escalas de tempo característicos muito díspares – picossegundos (tempo de transferência eletrônica) até nanossegundos (tempo de difusão molecular de líquidos) – não há um método teórico suficientemente abrangente para descrever todas as etapas e mecanismos do processo. Portanto emprega-se uma combinação de diferentes métodos computacionais, conjuntamente a métodos desenvolvidos pelo próprio grupo da UFSC. Os métodos mais utilizados são: cálculos quânticos de primeiros princípios, dinâmica molecular clássica e métodos semi-empíricos quânticos. Em particular estamos estudando de maneira sistemática os diversos mecanismos de transferência de carga que ocorrem em células solares sensibilizadas por corantes (células fotoeletroquímicas de Gratzel). Nesse projeto investigam-se os efeitos causados pela flutuação térmica dos núcleos no mecanismo de injeção e no seu tempo característico (Rego & Baptista 2003; Abuarbara et al 2005), a dinâmica de estados coerentes em cadeias de moléculas de catechol adsorvidas na superfície do TiO₂ (Rego et al 2005; Rego et al 2009), as propriedades de novos corantes baseados no complexo Alq3 (Rego et al 2010), o papel da solução eletrolítica nos processos de injeção/recombinação eletrônica e redução do corante, para uma variedade de corantes e ligantes utilizados em células solares regenerativas (Silva et al 2010).



a) Corante derivado do complexo Alq3, b) corante adsorvido sobre um substrato de dióxido de titânio (Rego et al 2010).

Em uma linha de pesquisa complementar, está se realizando um estudo computacional dos processos moleculares que dão origem às propriedades luminescentes dos complexos com íons lantanídeos. Nesse caso, o objetivo é desenvolver um formalismo teórico/computacional capaz de descrever o transporte eletrônico de carga e energia em interfaces de filmes formados por esses complexos, que são utilizados na



fabricação de diodos orgânicos emissores de luz (OLEDs). Em todos os casos, ênfase está sendo dada ao estudo dos efeitos causados pelo movimento nuclear na dinâmica quântica de transferência do elétron. Tais formalismos também permitem estudar o transporte de carga em bio-moléculas, como proteínas e polímeros.

Física Matemática e Teoria de Campos: A área de teoria de campos e física matemática tem tido grande interesse nos últimos anos. Como é bem sabido, recentemente começaram a operar grandes aceleradores de partículas como o RHIC e o LHC, com o objetivo de verificar algumas das teorias de partículas e interações fundamentais da natureza e possivelmente observar novos fenômenos, que necessitarão novas teorias para sua descrição. Além de sua aplicação em física de partículas, teoria de campos também tem sido cada vez mais uma ferramenta fundamental em várias outras áreas, como física nuclear, matéria condensada, astrofísica, etc. Em particular no estudo das transições de fase e fenômenos críticos em matéria condensada; no estudo de matéria em condições extremas (de pressão e temperatura), para física nuclear; no uso das teorias das interações fundamentais para explicar vários fenômenos em astrofísica, entre vários outros exemplos. Alguns dos problemas de pesquisa que os membros do grupo de teoria de campos e física matemática tem trabalhado nos últimos anos são os seguintes:

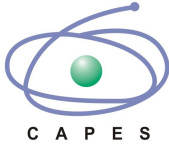
- i) Estudo de modelos efetivos não perturbativos para a QCD em altas temperaturas e densidades, que são regimes de interesse para a compreensão de estrelas super densas e experimentos como os que estão sendo executados no RHIC e LHC. Em particular o potencial termodinâmico e os diagramas de fase necessários para a caracterização das transições associadas e localização de pontos críticos têm sido analisados. Também tem se usado estas técnicas em sistemas de matéria condensada como na determinação da temperatura crítica em condensados de Bose-Einstein (Cruz et al 2001; Kneur et al 2002; Kneur et al 2004) e na determinação da densidade crítica em poliacetileno (Caldas et al 2008).
- ii) Estudo analítico de soluções solitônicas com aplicações em diversas áreas. Em particular tem se analisado soluções de monopólos e tubos de fluxo no estudo do confinamento de partículas em QCD (Kneipp & Brockill 2001; Kneipp 200, 2004). Neste problema, foi obtida analiticamente a chamada lei de Casimir para as tensões de tubos de fluxo que é esperado que ocorra em QCD segundo cálculos na rede. Além disto, também tem se analisado dualidades eletromagnéticas em teorias super-simétricas que podem ser relevantes para compreensão do confinamento.
- iii) Estudo do comportamento de teorias quânticas de campo com vácuo instável na presença de campos eletromagnéticos e gravitacionais intensos a temperatura finita (Gavrilov et al 2008), e análise de cargas aceleradas no contexto da "Thermofield Dynamics".
- iv) Estudo de propriedades de diversos modelos integráveis, em particular analisando a super-simetriação de tais modelos, formulação de curvatura nula e modelos do tipo hidrodinâmico.

O grupo também possui atualmente convênios internacionais com a Universidade de Montpellier e com o ICTP (Trieste), além de colaborações com pesquisadores em outras instituições no país e no exterior.

Física Nuclear e de Hádrons: O grupo de Física Nuclear e de Hádrons do PPGF-UFSC é um grupo tradicional e consolidado e realiza pesquisa de ponta nessa área. Colaborações com diversos pesquisadores de instituições nacionais e internacionais são um ponto importante no desenvolvimento da produção científica. As atividades de pesquisa do grupo possuem vários aspectos interdisciplinares e enfatizam o estudo de interações hadrônicas. De um modo geral, essas atividades baseiam-se em nas seguintes linhas de pesquisa principais:

- i) Estudo de matéria nuclear, com ênfase ao estudo da pasta nuclear.
- ii) Física hadrônica de sistemas astrofísicos, inclusive considerando campos magnéticos intensos.
- iii) Fenomenologia de colisões ultra-relativísticas no RHIC, LHC e em outros aceleradores de partículas.
- iv) Desenvolvimentos teóricos na área da física de hádrons.

Físicos teóricos esperam que a solução exata da cromodinâmica quântica os leve a respostas para muitas perguntas sobre estrutura nuclear e matéria estelar, dentre uma enorme gama de outros assuntos. Enquanto isso não acontece, dois caminhos diferentes vêm sendo trilhados: aprimoramento de soluções



numéricas em cálculos na rede (lattice QCD) e uso de modelos efetivos. A opção que adotamos tem sido o segundo caminho.

A física de hádrons aparece como uma interface entre a física nuclear e a física de partículas elementares e se utiliza, com frequência, de elementos da teoria quântica de campos. Vários modelos efetivos relativísticos são comumente utilizados, como por exemplo, modelos baseados na hadrodinâmica quântica (Avancini et al 2007, 2008, 2009; Dutra et al 2008; Alberto et al 2007), e na teoria de perturbação quiral (Barros et al 2001, 2003, 2006, 2008). Com a introdução de aspectos da hidrodinâmica, é possível estudar colisões no Fermilab e no RHIC, e uma questão básica é até onde pode se utilizar esse procedimento no estudo dos experimentos do LHC. Esses são apenas alguns exemplos dos métodos de abordagem utilizados pelo grupo.

Mecânica Estatística e Física Computacional: O grupo de Mecânica Estatística conta atualmente com oito pesquisadores, dos quais cinco atuam junto ao Curso de Pós-Graduação através da oferta de disciplinas próprias da área e da orientação de alunos de Mestrado e Doutorado. O grupo atua dentro do campo da pesquisa básica nas áreas de Termodinâmica e Mecânica Estatística de equilíbrio e não equilíbrio, com ênfase em sistemas que apresentam comportamento crítico, utilizando tanto métodos analíticos quanto numéricos. Particularmente, os membros do grupo vêm desenvolvendo estudos relacionados com sistemas magnéticos e nanomagnéticos, nos quais são considerados modelos de interação entre spins e entre dipolos magnéticos levando-se em conta a diluição e aperiodicidade dos sistemas; dinâmica da formação e desintegração de sistemas micelares; modelos de reação catalíticas sobre superfícies; sistemas eletroquímicos para a simulação do crescimento de filmes finos e células a combustíveis; modelos de crescimento de superfícies e populações; redes de neurônios acoplados e hidrodinâmica em meios viscosos.

Devido ao rápido desenvolvimento de computadores e processadores numéricos, a análise numérica vem ganhando relevância em todos os campos de pesquisa da Física e áreas afins das ciências exatas, assim como na biologia e ciências sociais. Muitos problemas considerados matematicamente intratáveis há algumas décadas, devido à sua natureza complexa e irreduzível, já podem ser descritos por meio de algoritmos computacionais. Esse ramo multidisciplinar da física é geralmente denominado *Física Computacional*. No PPGF-UFSC, o grupo de Mecânica Estatística, particularmente, se dedica a estudar e implementar algoritmos numéricos na descrição de sistemas dinâmicos e transições de fase. Muitos dos pesquisadores que atuam nas outras áreas (física atômica e molecular, astrofísica, física nuclear e física da matéria condensada) também utilizam técnicas computacionais avançadas.

A Física Computacional é, portanto, um denominador comum de várias áreas teóricas que utilizam computação de alto desempenho em suas simulações e problemas numéricos em geral, e o PPGF-UFSC oferece a infra-estrutura necessária para tanto. Desde 2004 os grupos teóricos vêm unindo esforços para montar um cluster do tipo Beowulf heterogêneo com alto poder de processamento, e o resultado é o cluster *minerva.ufsc.br*. Atualmente com 48 nodos e quase 100 processadores de frequências diversas, este cluster foi montado ao longo dos anos com recursos do CNPq, FAPESC, CAPES e FINEP, sendo intensamente utilizado para simulações de diversos tipos (sistemas magnéticos, espalhamento de elétrons, explosões de supernova, dinâmica molecular, etc.). O sistema está em permanente expansão e atualização.

O forte ritmo de progresso no hardware, sistemas operacionais e técnicas de programação para aplicações científicas torna interessante a contratação de um pesquisador com forte especialização em física computacional.



Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Diretoria de Programas e Bolsas no País - DPB
Coordenação-Geral de Desenvolvimento Setorial e Institucional - CGSI
Coordenação de Programas de Apoio à Excelência - CEX
Programa de Apoio a Projetos Institucionais com a Participação de Recém-Doutores - PRODOC



Esquerda: Observatório astronômico da UFSC e um dos equipamentos didáticos já disponíveis para o Parque Viva Ciência. Direita: Foto da área de 50000 metros quadrados recém concedida para construção de nova sede do Parque, localizada no bairro Saco dos Limões, em Florianópolis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Obs: Autores membros do Programa de Pós Graduação em Física da UFSC (docentes e discentes) são indicados em azul.

Abuarbara, S. G.; [Rego, L.G.C.](#); Batista, V. S., J. Am. Chem. Soc. 127, 18234 (2005)

Alberto, P.; [Avancini, S. S.](#); Fiolhais, M.; [Marinelli, J. R.](#), Phys. Rev. C, 79 43241 (2007)

[Andrade, M. F.](#); [Figueiredo, W.](#), Phys. Rev. E, 81, 021114 (2010)

Arretche, F.; [Mazon, K. T.](#); [Michelin, S. E.](#); Lee, M. T.; Lima, M. A. P.; Phys. Rev. A, 77 042708 (2008)

[Avancini, S. S.](#); Brito, L; [Marinelli, J. R.](#); et al., Phys. Rev. C, 79, 035804 (2009)

[Avancini, S. S.](#); [Menezes, D. P.](#); [Alloy, M. D.](#) et al., Phys. Rev. C78 015802 (2008)

[Avancini, S. S.](#); [Marinelli, J. R.](#); [Menezes, D. P.](#); Moraes, M. M. W.; [Schneider, A. S.](#), Phys. Rev. C, 76, 064318 (2007)

[Baptista, R.](#) in Astrotomography: Indirect Imaging Methods in Observational Astronomy, Springer Lecture Notes in Physics 573, eds. Boffin, Steeghs & Cuyper, Springer-Verlag (2001)

[Baptista, R.](#); Harlafatis, E. T.; Steeghs, D., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 314, 727 (2000)

[Barros Jr., C. C.](#); Hama, Y., Phys. Rev. C, 63, 065203 (2001)



Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Diretoria de Programas e Bolsas no País - DPB
Coordenação-Geral de Desenvolvimento Setorial e Institucional - CGSI
Coordenação de Programas de Apoio à Excelência - CEX
Programa de Apoio a Projetos Institucionais com a Participação de Recém-Doutores - PRODOC

- Barros Jr., C. C.; Robilotta, M. R., Eur. Phys. J. C 45, 445 (2006)
- Barros Jr., C. C., Phys. Rev. D 68, 034006 (2003)
- Barros Jr., C. C.; Hama, Y.; Int. J. Mod. Phys. E, v.17, 371 (2008)
- Caldas, H.; Kneur, J. L.; Pinto, M.B.; Ramos, R.O., Phys. Rev. B, 77, 205109 (2008)
- Cid Fernandes, R.; Mateus, A.; Sodre, L., Stasinska, G.; Gomes, J. M.; Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 358, 363 (2005)
- Cid Fernandes, R.; Stasinska, G.; Schlickmann, M.; Mateus, A.; Vale Asari, N.; Schoenell, W.; Sodre, L., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 403, 1036 (2010)
- Cruz, F. F. S.; Pinto, M.B.; Ramos, R.O., Phys. Rev. B, 64, 014515 (2001)
- D'Ajello, P. C. T.; Pasa, A. A.; Munford, M. L.; Schervenski, A. Q., Electrochimica Acta 53, 3156-3165 (2008)
- de Moraes; J. N. B.; Figueiredo, W., Chemical Physics Letters 491, 39 (2010)
- Dutra, M.; Lourenço, O.; Delfino, A.; Sá Martins, J. S.; Providência, C.; Avancini; S. S.; Menezes, D. P., Phys. Rev. C, 77, 035201 (2008)
- Faria, M. S.; Branco, N. S.; Tragtenberg, M. H. R., Phys. Rev. E 77, 041113 (2008)
- Figueiredo, W.; Schwarzacher, W., Phys. Rev. B 77, 104419 (2008)
- Fujimoto, M. M.; Michelin, S. E., Arretche, F.; Mazon, K. T.; Lee, M. T.; Iga, I., J. Braz. Chem. Soc., 21 226 (2010)
- Gavrilov, S. P.; Gitman, D. M.; Tomazelli, J. L., Nucl. Phys. B, 795, 645 (2008)
- Girardi, D.; Branco, N. S., Journal of Statistical Mechanics, P04012 (2010)
- Heinzelmann, G.; Figueiredo W.; Girardi, M., J. Chem. Phys. 132, 064905 (2010)
- Kanaan, A. et al, Astronomy & Astrophysics, 432, 219 (2005)
- Kneipp, M. A. C.; Brockill, P., Phys. Rev. D, 64, 125012 (2001)
- Kneipp, M. A. C., Phys. Rev. D, 68, 045009 (2003)
- Kneipp, M. A. C., Phys. Rev. D, 69, 045007 (2004)
- Kneur, J. L.; Neveu, A.; Pinto, M. B., Phys. Rev. A, 69, 053624 (2004)
- Kneur, J. L.; Pinto, M. B.; Ramos, R.O., Phys. Rev. Lett., 89, 210403 (2002)
- Mateus, A.; Sodre, L.; Cid Fernandes, R.; Stasinska, G., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 374, 1457 (2007)
- Michelin, S. E.; Falck, A. S.; Mazon, K. T.; Piacentini, J. J.; Scopel, M. A.; da Silva, L. S. S.; Oliveira, H. L.; Fujimoto, M. M.; Iga, I., Lee, M. T., Phys. Rev. A, 74 022702 (2006)
- Michelin, S. E.; Arretche, F.; Mazon, K. T.; Piacentini, J.J.; Marin, A.; Oliveira, H. L.; Travessini, D.; Lee, M. T.; Iga, I.; Fujimoto, M. M., J. Phys. B, 40 4333 (2007)



Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Diretoria de Programas e Bolsas no País - DPB
Coordenação-Geral de Desenvolvimento Setorial e Institucional - CGSI
Coordenação de Programas de Apoio à Excelência - CEX
Programa de Apoio a Projetos Institucionais com a Participação de Recém-Doutores - PRODOC

- [Rego, L. G. C.](#); [Batista, V. S.](#), J. Am. Chem. Soc. 125, 7989 (2003)
- [Rego, L. G. C.](#); [Abuabara, S. G.](#); [Batista, V. S.](#), J. Chem. Phys. 122, 154709 (2005)
- [Rego, L. G. C.](#); [Santos, L. F.](#); [Batista, V. S.](#); Ann. Rev. Phys. Chem. 60, 293 (2009)
- [Rego, L. G. C.](#); [Silva, R.](#); [Freire, J.A.](#); [Snoeberger, R.C.](#); [Batista, V. S.](#), Journal of Physical Chemistry, 114, 1317, (2010)
- [Ribeiro, M. C.](#); [Rego, L. G. C.](#); [D'Ajello, P. C. T.](#), Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry 628, 21, (2009)
- [Saito, R. K.](#); [Baptista, R.](#); [Horne, K.](#); [Marthel, P.](#), Astronomical Journal, v. 139, 2542 (2010)
- [Santos, M.](#); [Bodanese, J. P.](#); [Grandi, B. C. S.](#), Phys. Stat. Sol. 204 (4) 967 (2007)
- [Silva, R.](#); [Rego, L. G. C.](#); [Freire, J. A.](#); [Rodriguez, J.](#); [Laria D.](#); [Batista, V. S.](#); em preparação (2010)
- [Stasinska, G.](#); [Vale Asari, N.](#); [Cid Fernandes, R.](#); [Gomes, J. M.](#); [Schlickmann, M.](#); [Mateus, A.](#); [Schoenell, W.](#); [Sodre, L.](#); Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, 391, L29 (2008)
- [Vale Asari, N.](#); [Stasinska, G.](#); [Cid Fernandes, R.](#); [Gomes, J. M.](#); [Schlickmann, M.](#); [Mateus, A.](#); [Schoenell, W.](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, 396, L71 (2009)
- [Zabot, A.](#); [Kanaan, A.](#); [Cid Fernandes, R.](#), Astrophysical Journal Letters, 704, 93 (2009)