**Texto de Pesquisa Sistematizado**

***A Bioimaging Tour in Human Health***

*Uma Jornada com Bioimagens em Saúde Humana*

*Marcel Parolin Jackowski*

*Departamento de Ciência da Computação*

*Instituto de Matemática e Estatística*

*Universidade de São Paulo*

*DCC – IME – USP*

[*mjack@ime.usp.br*](mailto:mjack@ime.usp.br)

**2016**

**Resumo**

**N**

ste documento, apresento de forma sistematizada o meu trabalho de pesquisa na área de *bioimagens*, em associação com aplicações em saúde humana. O meu trabalho nesta linha de pesquisa iniciou-se durante a minha pós-graduação e pós-doutoramento, e consolidou-se como docente no DCC-IME-USP, acrescida pelos trabalhos de pesquisa de meus orientandos de mestrado e doutorado. Além de pesquisa própria, e colaborações ao longo deste tempo. Em anexo, disponibilizo copia dos artigos que foram produtos diretos desta trajetória em pesquisa. Citar ênfase nos trabalhos mais importantes.

**Sumário**

1 Introdução 4

1.1 Dados pessoais 5

1. Introdução

**D**

e acordo com informações divulgadas pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a expectativa de vida no Brasil aumentou 17,9% entre 1980 e 2013, passando de 62,7 para 73,9 anos, um aumento real de 11,2 anos. Entre os fatores que contribuíram para esse aumento estão medidas básicas de combate à desnutrição, ampliação de programas de imunização, a disponibilização de medicamentos gratuitos e a incorporação de tecnologias de ponta. Com o aumento da expectativa de vida e consequente aumento da população, o diagnóstico precoce de doenças se torna imprescindível para a conservação da qualidade e diminuição de custos com programas de saúde.

De acordo com dados do CENSO 2010, a população brasileira é constituída por 190.732.694 habitantes, e aproximadamente 171.659.424 habitantes (80%) utilizam o SUS em todo o território nacional. A média anual de exames por imagem realizada pelo SUS pública varia de 1,2 a 1,8 bilhões de exames.

A avaliação das condições de saúde portanto constitui desafio quando se pretende caracterizar o comportamento de diferentes populações ou comparar, em uma mesma população, diferentes épocas.

As técnicas de diagnóstico em Medicina, em especial o diagnóstico por imagem, tem um papel importante na detecção e prevenção de doenças. No entanto, a disponibilização de modernas tecnologias de aquisição de imagens no Brasil trouxe também uma série de desafios, tanto de ordem humana quanto metodológica. A área de pesquisa e desenvolvimento em imagens médicas é carente de profissionais, razão do meu esforço na formação de recursos humanos capacitados e competitivos internacionalmente. Nesse sentido, venho atuando no estudo, na pesquisa e na transmissão de conhecimentos relacionados à imagens médicas desde 1997, cujos principais resultados obtidos encontram-se sumarizados neste memorial, que inclui, ainda, outras atividades por mim realizadas no contexto de minha vida acadêmica, desde lecionar disciplinas básicas de Ciência da Computação até executar atividades administrativas necessárias para o funcionamento da universidade.

* Contribution in health segment at the dept, (health-related), federate students – conducting wire, connect diferent projects with methodology
* Dynamics changes, and evolution of tech around us
* Methodology to answer fundamental health related quesitons
* Heart, câncer, etc (brain disorder, APS) then bring publications
* Not dispersion (several apps), following a line of thought – diferente problems
* Push frontier of information
* Good for dept and for me
* Working with the renowed top researchers
* Vision: Rebuild it here, building step by step laboratory (entity), provide resources, advocate for a lab
* Contribution in health segment at the dept, (health-related), federate students – conducting wire, connect diferent projects with methodology
* Dynamics changes, and evolution of tech around us
* Methodology to answer fundamental health related quesitons
* Heart, câncer, etc (brain disorder, APS) then bring publications
* Not dispersion (several apps), following a line of thought – diferente problems
* Push frontier of information
* Good for dept and for me
* Working with the renowed top researchers
* Vision: Rebuild it here, building step by step laboratory (entity), provide resources, advocate for a lab
  1. Dados pessoais

Visto que este documento procura sistematizar meu trabalho como docente e pesquisador, cabe aqui situar minha formação (Seção 2.2) e o direcionamento à minha área atual de pesquisa. Ingressei em 1990 no curso de Bacharelado em Ciência da Computação da PUC-PR, em Curitiba, minha cidade natal. O meu primeiro contato com pesquisa deu-se através de estágio no LACIN – Laboratório Acadêmico de Informática. Inicialmente abordei a automatização de cálculo de sustentação de treliças em Engenharia Civil. Ainda dentro do LACIN, dei continuidade ao trabalho do Prof. Celso Penteado que estava desenvolvendo um programa didático para o ensino de cálculo numérico. À medida que cursava a disciplina de Cálculo Numérico com o Prof. Júlio Gomes na PUC-PR, implementava novas técnicas numéricas no pacote de software ALNUMER. Os resultados deste projeto nos rendeu um artigo publicado na *Revista Acadêmica* da PUC-PR em 1992, minha primeira publicação.

**A**

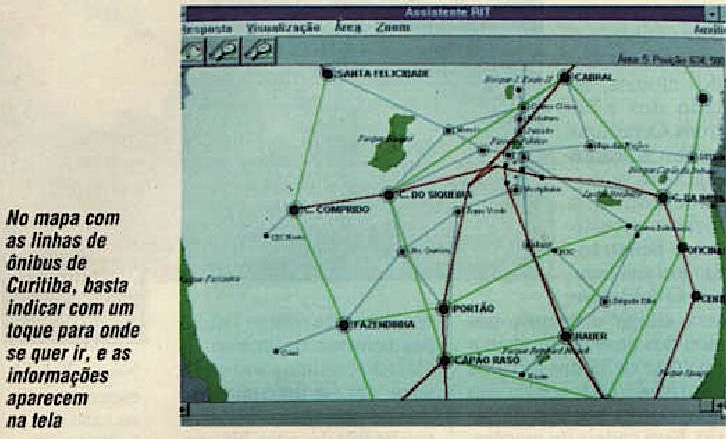
cidade de Curitiba sempre foi uma cidade exemplo em vários aspectos, sendo a eficiência da rede integrada de transporte, motivo de reconhecimento internacional. Em 1993, como trabalho de conclusão de curso, eu e meu colega Mauro Zanella desenvolvemos um software de auxílio ao usuário do sistema de transporte coletivo de Curitiba. Nosso objetivo foi projetar um sistema que fornecesse ao usuário a melhor rota de ônibus (mais curta, ou mais barata) tendo como informações sua origem, destino, horário e dia da semana. Diante da dificuldade na obtenção de informações com a prefeitura municipal de Curitiba, resolvi que eu mesmo cadastraria cada linha de ônibus da cidade, anotando cada ponto de parada, seguindo todos ônibus de bicicleta. No final de aproximadamente um mês, acumulei mais informações sobre as rotas e linhas de ônibus do que a própria prefeitura possuía na época. Como projeto acadêmico, ele foi um sucesso, aparecendo em matéria na revista *Superinteressante* de fevereiro de 1994. Infelizmente, a intenção de implantar o sistema na cidade nunca foi contemplada pela prefeitura da cidade até recentemente. No entanto, fui recipiente do prêmio Marcelino Champagnat pelo melhor desempenho acadêmico da turma e pela excelência do meu projeto de conclusão de curso.

Figura 1. Tela representativa do sistema de auxílio ao usuário do transporte publico de Curitiba (1994).

No fim de 1995, após 2 anos prestando serviços de consultoria à empresas de Curitiba, ingressei no programa de mestrado em Ciência da Computação na Wright State University (WSU), OH, EUA; após um bem-sucedido intercâmbio cultural feito em 1992. Lá integrei a equipe do prof. Prof. Goshtasby como assistente de pesquisa do *Intelligent Systems Laboratory*, onde desenvolvi projetos na área de visão computacional, processamento de imagens e computação gráfica. Este foi o primeiro contato com pesquisa em imagens médicas, tendo em vista a parceria da WSU com um hospital local (Kettering Hospital). O meu projeto de mestrado envolveu o desenvolvimento de técnicas de segmentação semi-automáticas para a delineação de tumores cerebrais a partir de imagens de ressonância magnética (RM). Este projeto, com auxílio financeiro da Cleveland Clinic e da Força Aérea Americana, culminou com a conclusão da minha tese de mestrado em 1997.

Iniciei o meu doutorado imediatamente após a conclusão dos meus créditos de mestrado, em meados de 1997. Entre 1998 e 1999, trabalhei no projeto de segmentação de imagens de câncer de pele. Fiz parte do desenvolvimento inicial do software Skinseg, implementado em C para a plataforma Windows, visando a caracterização de melanomas. Neste software, foram utilizadas técnicas de processamento de imagens para a delineação do limite das lesões. O resultado desta pesquisa foi publicado no jornal Image and Vision Computing, em 1999. Também em 1999, participei pela primeira vez da conferência SPIE, em San Diego, na California, com o trabalho intitulado “Interactive Tools for Image Segmentation”. Neste trabalho modelei resultados de segmentações em 2D e 3D com curvas e superfícies elásticas. Em 2000, retornei à SPIE em San Diego para compartilhar os meus resultados iniciais de modelagem em 3D através de superfícies Gaussianas. Em 2001, defendi a minha tese de doutorado intitulada “A computer-aided design system for 3D medical image segmentation”. Na minha tese, descrevi um sistema de parametrização e modelagem multi-resolução de resultados de segmentação em 3D. Estas superfícies podem ser modeladas em 3D, em tempo real como se eles fossem objetos moldáveis em argila. As técnicas contidas na minha tese de doutorado foram publicadas no jornal IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics em 2003. Durante os meus anos na WSU, eu tive a honra de ser premiado duas vezes, uma vez pela produtividade em pesquisa em 2000 e outra pelo meu desempenho acadêmico em 1999. A minha pesquisa foi tema de capa da revista acadêmica da Wright State University e de um jornal interno destinado aos professores.

**E**

m agosto de 2001, iniciei o meu pós-doutoramento na *Yale University* junto ao departamento de Radiologia Diagnóstica sob a supervisão do prof. Lawrence Staib e do prof. Robert Schultz, psiquiatra do *Child Study Center*. As minhas funções foram de desenvolver novas tecnologias para análise de imagens de ressonância funcional (fMRI) e anatômica. Comecei a me aprofundar ainda mais no aspecto físico de aquisição e processamento de imagens. Neste mesmo tempo, comecei também a me interessar por uma nova modalidade de imagens de RM, chamada de imageamento por difusão de prótons. As imagens de difusão possibilitam a caracterização da difusão passiva (movimento aleatório) de moléculas, como a de água, em tecidos *in vivo*. Estas imagens contém informações sobre a movimentação de tais moléculas, que na presença de barreiras como membranas celulares e macromoléculas, torna-se fisicamente restrita. Esta restrição à difusão é então utilizada para reconstruir, visualizar e quantificar a estrutura de tecidos nervosos (ex.: axônios) e musculares.

A partir de 2003, comecei a colaborar com outros investigadores de outros departamentos também interessados nesta modalidade específica de imagens. Junto com psiquiatra Joan Kaufman, publicamos em 2003, os primeiros resultados reportando alterações estruturais na substância branca em crianças com síndrome pós traumática usando imagens de difusão. Através de contato com o diretor do centro de ressonância magnética, prof. R. Todd Constable, e seu pessoal, aprendi mais detalhes a respeito da aquisição destas imagens e comecei a realizar os meus próprios experimentos na área de difusão. Começamos também a colaborar com o departamento de Cardiologia Nuclear, onde o Dr. Albert Sinusas estuda os efeitos de remodelagem da estrutura do miocárdio pós-enfarto. Ele estava interessado em integrar a direção das fibras do miocárdio no seu modelo, utilizando imagens de difusão. Em meados de 2004, em vista das minhas recentes contribuições, fui promovido à posição de pesquisador associado no departamento de Radiologia Diagnóstica. Durante este período me aprofundei no desenvolvimento de novas metodologias de análise e processamento de imagens baseados em *levelsets*. Tive a experiência de supervisionar o projeto de graduação de Tamar Rudnick, aluna de psicologia, que utilizou a técnica de imagens de difusão para o estudo de anormalidades do corpo caloso em pacientes bipolares. Fiquei contente em saber que a Tamar recebeu o prêmio de melhor projeto de graduação pela qualidade do seu trabalho.

Em 2004, quando comecei a planejar minha carreira por ocasião do concurso que levou à minha contratação junto ao IME-USP, tive a oportunidade de conhecer o Prof. Dr. Geraldo Busatto, coordenador do LIM 21 (Neuroimagem em Psiquiatria) do Hospital das Clínicas da FMUSP. Proferi a palestra “Imagens Magnéticas de Difusão: Novos métodos para avaliação de feixes de substância branca”. Fiquei contente em ver o interesse das pessoas nesta área, já que um grande número de pesquisadores, radiologistas e outros profissionais de neurociências compareceram à palestra. Através desta visita, também tive a oportunidade de conhecer a Dra. Claudia Leite da Costa, chefe do LIM 44 (Neuroimagem Funcional) e diretora do Instituto de Radiologia do HC-FMUSP. Ambos os laboratórios demonstraram o interesse em desenvolver projetos conjuntos na área de Imagens Magnéticas de Difusão, uma modalidade ainda não muito conhecida nacionalmente na época. Estas colaborações em pesquisa continuam até o dia de hoje.

**A**

MINHA contratação como docente do IME-USP em 2006 representou um desafio pessoal de continuar a trabalhar na área de processamento de imagens médicas e visão computacional, com o objetivo de estabelecer um laboratório para desenvolver aplicações na área médica e contribuir para a formação de futuros profissionais, tendo em vista a relevância desta linha de pesquisa a nível mundial. Existe um nicho internacional na área médica a ser explorado, e uma crescente demanda nacional por estas aplicações. Atualmente esta demanda é somente suprida por software desenvolvido no exterior. A execução de tal pesquisa junto a um instituto como o IME, é essencial, pois é fundamental a colaboração, a troca de ideias e de experiências com outros docentes em visão computacional e de sistemas.

Meu trabalho de orientação na pós-graduação iniciou-se com a aluna de mestrado Jihan Zoghbi, cuja pesquisa envolveu o desenvolvimento de modelos deformáveis baseados em *levelsets* para a segmentação de tumores cerebrais em imagens de RM. Tal trabalho foi possível através de uma colaboração com o prof. Marcelo Mamede (UFMG) e o Instituto Nacional do Câncer (INCA), no Rio de Janeiro. Seus resultados foram publicados em conferências nacionais e internacionais e representou o meu primeiro resultado positivo de orientação em pesquisa na área de imagens médicas aqui no Brasil. A Jihan, como membro sênior do grupo tem se preocupado com o andamento das atividades e prazos de cada integrante de nosso laboratório, desde os trâmites burocráticos, quanto a sua presença como represente discente na Comissão de Pós-Graduação. Ela defendeu a sua dissertação de mestrado este ano e agora está sendo orientada como aluna de doutorado.

Dois dos meus alunos de iniciação científica recentemente se tornaram alunos de mestrado, Luiz Fernando Corte Real e Renato Callado Borges. Ambos continuam a estender seus respectivos trabalhos agora a nível de pós-graduação. Luiz estuda modelos matemáticos de representação de sinais biológicos com alta taxa de compressibilidade. O mesmo deve qualificar-se até o fim deste ano. Renato Callado é originalmente aluno do Instituto de Física, e que agora é aluno de mestrado do IME-USP. Ele passou cerca de seis meses na Suíca, como estagiário no *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN) trabalhando no *Large Hadron Collider* (LHC). Ele é responsável pelo processamento da fatia de dados do LHC aqui no Instituto de Física. Seu projeto de pesquisa envolve a criação de imagens sintéticas de RM de difusão. Deve qualificar-se até o início de 2012.

Através de uma colaboração com a Faculdade de Odontologia da USP, iniciou-se em 2010, um projeto de pesquisa inovador no desenvolvimento de metodologias automáticas para análise de imagens de tomografia computadorizada (TC) aplicadas à ortodontia. O aluno William Mizuta, vindo do curso de graduação de Ciências Moleculares, desenvolve a sua tese de mestrado na extração automática de medidas cefalométricas a partir de imagens de TC. O William possui uma bagagem multidisciplinar e surpreende a todos com o seu conhecimento e sugestões pertinentes a cada projeto do grupo. William conta já com uma publicação na conferência SIBGRAPI de 2010 e prepara um artigo de revista no momento. Deve qualificar-se até o início de 2012.

Uma das linhas de pesquisa do laboratório é a análise de imagens de angiografia, oriundas das técnicas de imageamento por RM e TC. Dois alunos trabalham com esta linha de pesquisa, a aluna de doutorado Maysa Macedo e o aluno de mestrado Miguel Valverde. Ambos já qualificaram e devem concluir as suas respectivas dissertações também no primeiro semestre de 2012. Enquanto a Maysa concentra-se na extração de trajetórias de vasos sanguíneos e na criação de índices que possam marcar anormalidades em redes vasculares, o Miguel desenvolve uma metodologia de construção de redes vasculares artificiais, o que em princípio pode ser utilizado como instrumento de validação de técnicas de segmentação de vasos. Estes dois trabalhos envolvem a colaboração com os profs. Edson Amaro e Cláudia Leite, ambos do Instituto de Radiologia (InRad), HC-FMUSP. A aluna Maysa obteve menção honrosa do seu trabalho intitulado “Vessel Cross-section Tracking in CTA and MRA images using Hough Transform” apresentado no IV Workshop CInAPCe, em São Carlos, 2010 (Seção 2.3).

O aluno Marcos Labriola, aluno de mestrado, tem como projeto de pesquisa o desenvolvimento de um sistema de estimativa de fluidez de tráfego em vias metropolitanas. Esta orientação é um desafio pessoal em área de sistemas e que remete ao meu projeto de graduação da PUC/PR em 1993. O Marcos trabalha em empresa que confecciona rastreadores veiculares que se comunicam com uma central via rede celular (GPRS) e que abastece de informações sobre a localização, velocidade dos veículos. De posse de vários rastreadores é possível o cálculo de fluidez de tráfego em uma determina via metropolitana. Ele qualificou este ano e deve terminar a sua dissertação até o início de 2012. Ainda dentro da área de sistemas, iniciei este ano a orientação do aluno de mestrado profissionalizante Carlos Barcellos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). O seu projeto estuda a geração automática de código na conversão de aplicações *multithreaded* em subprocessos. O mesmo deve qualificar-se até a metade de 2012.

Uma nova orientação dentro da área de neuroimagem, é a do aluno David Macedo, que iniciou também neste ano o seu projeto que envolve a segmentação da estrutura cerebral *corpo caloso* utilizando imagens do tensor de difusão. O aluno David estudo este instante a aplicação dos índices toroidais de difusão em aplicações que utilizem imagens cerebrais e prepara-se para escrever um resumo para a conferência ISMRM de 2012. Ele deve qualificar até o início de 2012. Este projeto conta com a colaboração direta da profa. Andrea P. Jackowski, UNIFESP.

Recentemente fomos agraciados com a aprovação de um projeto de auxílio à pesquisa FAPESP, que visa o desenvolvimento e aplicação de novos métodos de análise de imagens de RM de difusão em indivíduos com transtorno bipolar. Este esforço é resultado de colaboração contínua com o prof. Geraldo Busatto, diretor do LIM-21, HC-FMUSP. Adicionalmente fomos também felizes com a aprovação da proposta de um núcleo de apoio a pesquisa (NAP) junto à Pro-Reitoria de Pesquisa da USP, que visa a criação do Núcleo de Apoio de Pesquisa em Neurociências Aplicadas, que unem IPq-FMUSP, IME-USP, ICB-USP e IQ-USP. O IME-USP é responsável pela parte metodológica que envolve a aquisição, armazenamento, processamento e análise de imagens de RM, TC, e PET/SPECT. Junto com a profa. Nina Hirata, fomos também contemplados com um projeto de grande porte junto ao CNPq, para o desenvolvimento de um software para análise de imagens biomédicas.

Retomando um dos desafios iniciais da minha contratação como docente no IME-USP, tenho a satisfação de dizer que o laboratório de processamento e análise de imagens médicas (*AnimeLab*), que inicialmente constitui-se deste docente e seus alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado começou a tomar forma no ano de 2011 com a aprovação do projeto regular FAPESP, o que propiciou a aquisição de equipamentos e o oferecimento de uma bolsa treinamento técnico (TT-5). Juntamente com a própria criação do *AnimeLab*, foi colocado como objetivo do laboratório a criação de uma plataforma de software livre para análise de imagens médicas, MedSquare (<http://www.medsquare.org>), afim de implementar as metodologias desenvolvidas por nossos alunos, e que possibilite o seu uso aos nossos colaboradores nacionais e internacionais. Quinzenalmente, eu e meus alunos promovemos o que chamamos de “coding days”, onde todos concentram seus esforços na implementação incremental desta plataforma. Este software possui código livre (*open source*), o que ajuda na disseminação das tecnologias aqui idealizadas às comunidades médica e científica. Este projeto faz parte do Centro de Competência em Software Livre do IME-USP (<http://ccsl.ime.usp.br/pt-br/project/medsquare>). O MedSquare também conta com o apoio de recursos provenientes de um projeto de grande porte que foi recentemente aprovado junto ao CNPq, para o desenvolvimento de um software para análise de imagens biomédicas, sob coordenação da profa. Nina Hirata, do IME-USP.

Entre as colaborações internacionais constantes, conto com apoio do prof. Choukri Mekkaoui, do *Martino’s Center for Biomedical Imaging*, *Harvard University*, onde desenvolvemos pesquisa conjunta em novas metodologias de análise de imagens de RM de difusão, aplicadas ao cérebro e ao coração. Esta colaboração, tem sido proveitosa, e sem precedentes, tendo em vista o número de publicações. Adicionamente, cooperações pontuais são feitas com o departamento de Radiologia Diagnóstica, e o Centro de Pesquisa em Ressonância Magnética da *Yale University*, sob direção do prof. Todd Constable.

**A**

APRESENTAÇÃO acima sobre a pesquisa e resultados obtidos procura mostrar o engajamento de meus orientandos na maioria de minhas atividades. Meu trabalho de formação de alunos de graduação e de pós-graduação segue dois caminhos básicos na universidade: o das atividades didáticas e o da orientação em pesquisa. Minha experiência didática pode ser dividida em dois grandes grupos: (1) disciplinas básicas, como “Introdução à Ciência da Computação” e “Sistemas Operacionais” e “Computação Gráfica”; e (2) disciplinas voltadas para minha área de pesquisa, como “Processamento e Análise de Imagens Médicas” e “Computação Gráfica”. As disciplinas básicas são normalmente ministradas na graduação, enquanto aquelas ligadas à minha pesquisa são ministradas, por tanto na graduação quanto na pós-graduação. Tive a oportunidade de criar um novo curso de pós-graduação (MAC-5918), cujo título é base de minha pesquisa desde o início de meu mestrado. Neste curso abordo desde a física dos sinais provenientes de máquinas que adquirem dados de natureza biológica (Ultrassom, Raios-X, Ressonância Magnética, etc) até o processamento e análise destes sinais. Alunos fazem um trabalho de implementação para resolver um problema específico da área, e fazem seminários como conclusão do curso. Também incluo discussão de artigos científicos em cada subárea. O objetivo final é dar ao aluno um embasamento técnico e científico para poder atuar na área biomédica. Este curso reúne tanto pessoas com experiência em biologia quanto alunos com experiência em visão computacional e processamento de imagens. É comum o convite para ministrar aulas pontuais em cursos oferecidos pela FMUSP, tanto na Radiologia quanto na Psiquiatria, na área de análise de imagens.

Atualmente estou propondo um novo curso de graduação para o Bacharelado em Ciência da Computação (BCC), a disciplina de Segurança de Computadores, atualmente inexistente. Alunos expressaram grande interesse na criação de tal curso, tendo em vista a demanda atual por métodos seguros de acesso e transmissão de dados. A elaboração da ementa esta sendo feita juntamente com o Prof. Routo Terada e com docentes na área de Sistemas.

Por outro lado, em relação à formação de recursos humanos através da pesquisa, tenho orientado alunos de Iniciação Cientíﬁca, Mestrado e Doutorado, além de ter tido a oportunidade de supervisionar um projeto de Pós-Doutorado. Desde 2006, orientei 11 alunos de graduação (iniciação cientíﬁca e trabalhos de formatura), 8 mestrados e 2 doutorados (a serem concluídos). Esse trabalho de orientação envolve diversos desaﬁos instigantes como a procura por temas originais de pesquisa, o recrutamento de bons alunos, a busca por ﬁnanciamento de bolsas e equipamento necessário e o acompanhamento do desenvolvimento do projeto de pesquisa, com todas as pequenas angústias e vitórias que tipicamente aparecem no dia-a-dia de um cientista. No entanto, os frutos obtidos durante a interação com esses alunos compensam enormemente os esforços empregados. É constante o entusiasmo de ensinar e transmitir meus conhecimentos, entre eles intelectuais, éticos e morais aos alunos da USP que tenho contato. Tenho aprendido bastante com eles, e isso me torna um melhor professor.

**O**

SUMÁRIO EXECUTIVO acima apresentado procura resumir os pontos mais importantes de minha carreira até este instante, de maneira a salientar meu engajamento em diversas atividades. Meu principal objetivo acadêmico desde minha contratação junto ao IME-USP tem sido colaborar com a formação de um grupo de pesquisa que tenha atuação relevante sob dois pontos de vista: dentro e fora do Brasil. No contexto interno, a sua atuação deve ajudar na formação de recursos humanos de excelência acadêmica e no desenvolvimento da pesquisa na área, fortalecendo a comunidade cientíﬁca nacional. No contexto externo, buscar inserção internacional, adotando colaborações, critérios de qualidade e veículos de divulgação dos resultados de pesquisa dos melhores centros mundiais da área. Espero assim contribuir para com o aprimoramento e fortalecimento da capacidade de produção e transmissão do conhecimento cientíﬁco e tecnológico junto ao meu departamento, instituto e universidade. Apresento, em seguida, uma listagem completa dos tópicos que compõem meu Curriculum Vitae, documentado conforme material em anexo, e coloco-me à disposição da comissão para quaisquer esclarecimentos e informações adicionais.