



ERAD-SP 2022

Anais da
13ª Escola Regional de Alto Desempenho de
São Paulo
7 a 9 de abril de 2022

Organização



Realização



Patrocínio



COMITÊS

Coordenação Geral

Hélio Crestana Guardia (UFSCar)

Ricardo Menotti (UFSCar)

Coordenação de Programa e Minicursos

Alfredo Goldman (USP)

Flávia Pisani (UNICAMP)

Desafio de Programação Paralela

Calebe de Paula Bianchini (Mackenzie)

Maurício Aronne Pillon (UDESC)

COMITÉ DE PROGRAMA

Aleardo Manacero Jr. (DCCE/UNESP)
Alexandro Baldassin (IGCE/UNESP)
Calebe Bianchini (FCI/Mackenzie)
Daniel Cordeiro (EACH/USP)
Emilio Francesquini (CMCC/UFABC)
Hélio Guardia (DC/UFSCar)
Hermes Senger (DC/UFSCar)
Herve Yviquel (IC/UNICAMP)
João Vicente Ferreira Lima (CT/UFMS)
Lucas Mello Schnorr (INF/UFRGS)
Lucas Wanner (IC/UNICAMP)
Luciana Arantes (LIP6/Sorbonne Université)
Luiz Bovolenta (IBB/UNESP)
Luiz Fernando Bittencourt (IC/UNICAMP)
Marco Netto (IBM Research)
Marcos Amaris (NDAE/UFPA)
Márcio Castro (INE/UFSC)
Paulo Lopes de Souza (ICMC/USP)
Philippe Olivier Alexandre Navaux (INF/UFRGS)
Raphael Camargo (CMCC/UFABC)
Renato Ishii (FACOM/UFMS)
Ricardo Menotti (DC/UFSCar)
Ricardo Santos (FACOM/UFMS)
Rogerio Iope (NCC/UNESP)
Sandro Rigo (IC/UNICAMP)
Sarita Bruschi (ICMC/USP)
Vanderlei Bonato (ICMC/USP)

SBC

DIRETORIA

Raimundo José de Araújo Macêdo (UFBA) - Presidente
André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho (USP) - Vice-Presidente
Renata de Matos Galante (UFRGS) - Administrativa
Carlos André Guimarães Ferraz (UFPE) - Finanças
Cristiano Maciel (UFMT) - Eventos e Comissões Especiais
Itana Maria de Souza Gimenes (UEM) - Educação
José Viterbo Filho (UFF) - Publicações
Priscila América Solís Mendez Barreto (UNB) - Planejamento e Programas Especiais
Marcelo Duduchi Feitosa (CEETEPS) - Secretarias Regionais
Francisco Dantas de Medeiros Neto (UERN) - Divulgação e Marketing
Edson Norberto Cáceres (UFMS) - Relações Profissionais
Carlos Eduardo Ferreira (USP) - Competições Científicas
Wagner Meira (UFMG) - Cooperação com Sociedades Científicas
Rossana Maria de Castro Andrade (UFC) - Articulação de Empresas
Leila Ribeiro (UFRGS) - Ensino de Computação na Educação Básica

CONSELHO

Lisandro Zambenedetti Granville (UFRGS)
Thais Vasconcelos Batista (UFRN)
Mirella M. Moro (UFMG)
Antônio Jorge Gomes Abelém (UFPA)
José Palazzo Moreira de Oliveira (UFRGS)
José Carlos Maldonado (USP)
Roberto da Silva Bigonha (UFMG)
Alex Sandro Gomes (UFPE)
Adenilso da Silva Simão (USP)
Alfredo Goldman (USP)

COMISSÃO ESPECIAL DE ARQUITETURA DE COMPUTADORES E PROCESSAMENTO DE ALTO DESEMPENHO - CE-ACPAD

Lúcia Maria Assumpção Drummond (UFF) - Coordenadora

SECRETARIA REGIONAL DE SÃO PAULO LESTE

Márcia Ito (Fatec-SP) - Secretária

CRAD-SP

Comissão Regional de Alto Desempenho do Estado de São Paulo

Região Capital I: Emilio Francesquini (UFABC, Santo André) - **Presidente**

Região Capital II: Calebe Bianchini (Mackenzie, São Paulo)

Região Interior I: Celso Luis Mendes (INPE, S.J. dos Campos)

Região Interior II: Sarita Mazzini Bruschi (ICMC-USP, São Carlos) - **Presidente**

Região Interior III: Aleardo Manacero (DCCE/UNESP, S. J. do Rio Preto)

Coordenadores Gerais da ERAD-SP'20: Calebe Bianchini (Mackenzie), Rogerio Iope (Unesp)

Coordenadores Gerais da ERAD-SP'21: Daniel Cordeiro (USP), Emilio Francesquini (UFABC)

Mensagem dos Coordenadores

A Escola Regional de Alto Desempenho de São Paulo (ERAD-SP) é um evento anual realizado pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC) desde 2010. A ERAD-SP é organizada pela Comissão Regional de Alto Desempenho do Estado de São Paulo (CRAD-SP), com a chancela da Comissão Especial de Arquitetura de Computadores e Processamento de Alto Desempenho (CE-ACPAD) da SBC.

A XIII edição da ERAD-SP foi organizada pela Universidade Federal de São Carlos. O evento foi realizado no período de 7 a 9 de abril de 2022 e, pela terceira vez em sua história, suas sessões ocorreram de maneira inteiramente online, devido à pandemia de COVID-19.

A ERAD-SP tradicionalmente exerce dois papéis importantes, o de Escola de Computação e o de fórum de encontro da comunidade de Computação de Alto Desempenho do Estado de São Paulo.

Em seu papel de Escola de Computação, a ERAD-SP ofereceu uma programação dividida em 3 dias, com um total de 2 sessões técnicas de apresentação de artigos científicos, 2 palestras convidadas, 4 palestras empresariais e 5 minicursos. Todas as sessões foram transmitidas ao vivo pelo [canal da ERAD-SP no YouTube](#) e podem ser revistas por qualquer interessado na área.

Como fórum de encontro, os membros da comunidade puderam se reencontrar e interagir com os palestrantes, ao vivo, nas salas do sistema ConferênciaWeb da RNP e nas salas de bate-papo por texto e voz do sistema Discord. A realização do evento de maneira online expandiu a comunidade para membros de fora do Estado de São Paulo. Além dos inscritos que se identificaram como membros das instituições de ensino e pesquisa de SP (190), o evento teve entre seus 221 inscritos participantes de instituições de ensino de AL (1), CE (3), ES (2), GO (2), MA (1), MG (3), MS (1), PA (2), PE (2), PR (2), RJ (4), RO (1), RS (4), SC (2) e TO (2). Em seu canal do YouTube, a ERAD-SP já alcançou quase mil visualizações.

Os Anais da XIII Escola Regional de Alto Desempenho de São Paulo (ERAD-SP 2022) trazem os artigos selecionados e apresentados na edição do evento realizada virtualmente. Nesta edição os anais incluem 6 artigos do Fórum de Iniciação Científica e 5 artigos do Fórum de Pós-Graduação. Esses trabalhos foram selecionados através de um processo de revisão por pares do tipo "blind". Todos os artigos receberam 4 revisões cada. Os artigos que integram este volume foram submetidos até 18 / 02 / 2022, aceitos para publicação em 18 / 03 / 2022, tendo a versão final submetida em 27 / 03 / 2022.

O melhor artigo de cada um dos fóruns foi premiado com o Prêmio de Melhor Artigo da ERAD-SP. O melhor artigo do Fórum de Iniciação Científica foi atribuído ao artigo *Primeiras Experiências com a Programação de Estruturas de Dados Persistentes*, de Lucas Spagnol (UNESP), Alexandro Baldassin (UNESP). Recebeu o prêmio de melhor artigo do Fórum de Pós-graduação o artigo *Rápido SimEDaPE: Estimativa de Simulação por Exploração de*

Padrões de Dados, de Francisco Wallison Rocha (USP), Emilio Franceschini (UFABC) e Daniel Cordeiro (USP).

Para mais informações sobre a ERAD-SP 2022 e sobre os artigos aceitos visite o [site desta edição](#) do evento.

Embora tenha sido realizada de maneira completamente *online*, acreditamos que a edição 2022 da ERAD-SP cumpriu seu papel de divulgação das atividades científicas realizadas na área da Computação de Alto Desempenho por pesquisadores do Estado de São Paulo. Contando com o apoio dos patrocinadores, foi possível prover a inscrição de estudantes sem custos. Deste modo, houve um aumento significativo na participação. Mesmo que a comunidade ainda estivesse distante fisicamente por conta da pandemia, a ERAD-SP 2022 aproximou a comunidade e foi capaz de atrair o interesse de pesquisadores e de praticantes de outras regiões.

A coordenação agradece a todos os autores e ministrantes de minicursos por compartilharem com a comunidade seus conhecimentos. Agradece também todos os membros do comitê de programa, que exerceram em tempos de sobrecarga de trabalho o papel fundamental de formar ajudar a comunidade na formação de novos pesquisadores na área. Por fim, agradece pelo apoio financeiro proporcionado pelas empresas NVIDIA, SDC, Atos e Intel, e pelo apoio técnico da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP).

A XIV edição da ERAD-SP será organizada pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Esperamos poder reencontrar toda a comunidade de Computação de Alto Desempenho do estado lá.

Hélio Crestana Guardia

Ricardo Menotti

Coordenação Geral

Alfredo Goldman

Flávia Pisani

Coordenação de Programa e Minicursos

Minicursos

Minicurso I: Métodos para avaliação de desempenho de sistemas computacionais

Palestrantes: Aleardo Manacero Jr. (UNESP)

Resumo: A análise de desempenho de sistemas computacionais é uma área tipicamente deixada de lado em cursos de graduação. A temática de desempenho é abordada marginalmente em disciplinas isoladas, como Sistemas Operacionais, mas sem detalhar como se mede ou analisa desempenho. Mesmo assim, o crescimento do poder computacional visto em hardware e da complexidade das aplicações modernas, como *deep learning*, implica na necessidade de que profissionais de computação saibam como avaliar o desempenho de um sistema. Desse modo, este curso busca dar aos alunos a compreensão de como o desempenho pode ser avaliado e melhorado. Serão abordados os conceitos básicos sobre avaliação de desempenho, incluindo as métricas normalmente utilizadas, seguindo-se com a apresentação das principais técnicas e ferramentas para medir, e possivelmente melhorar, o desempenho de um sistema.

Minicurso II: Julia: Dicas e Truques para Códigos mais Rápidos

Palestrante: Noel A. Moreira (IFSC / USP)

Resumo: Julia é uma linguagem moderna, projetada com recursos úteis para programação científica. Uma afirmação comum é que Julia é tão rápida quanto C ou Fortran - isso é possível devido à dependência de Julia no LLVM. Esse ganho de desempenho é uma fonte de entusiasmo, devido às semelhanças da linguagem com a sintaxe Python ou Matlab. No entanto, ao mesmo tempo, essas semelhanças são uma fonte de frustração, já que Julia tem características próprias que impactam no desempenho, e é preciso alguma experiência para lidar com essas nuances. Este workshop aborda as armadilhas de desempenho mais comuns e, para uma experiência envolvente, o minicurso será uma série de exemplos de programação paralela.

Minicurso III: Programação de aceleradores baseada em diretivas

Palestrantes: Pedro P. Lopes (Exaflop Sistemas Ltda)

Resumo: Nos últimos dez anos houve, na indústria da computação de Alto Desempenho, o emprego de hardware munido de muitos milhares de núcleos de processamento, com dezena de gigabytes de memória, mas adicional ao conjunto CPU-memória dos computadores atuais. Utilizar este hardware denominado Acelerador, especializado em Processamento de Alto Desempenho, comumente exige codificação em linguagem específica. Compiladores de C, C++ e FORTRAN, a aproximadamente 10 anos, apresentaram forma simplificada, robusta e pouco intrusiva ao código para levar trechos computacionalmente demandantes de um programa para serem executados nestes Aceleradores. Apresentamos uma proposta de Minicurso para a ERAD-SP 2022 a fim de introduzir o tema, definindo conceitos-chave da aceleração de programas e formas comuns de uso, permitindo ao aluno, após o curso, usufruir da aceleração de programas mantendo a

originalidade de seu programa sem perder a portabilidade.

Minicurso IV: Introdução à Programação de Computadores Quânticos

Palestrantes: Alvaro Luiz Fazenda (UNIFESP), David Arruda Toneli (UNIFESP)

Resumo: Esse trabalho apresenta um tutorial para o ensino de computação quântica que propõe uma abordagem introdutória à programação de computadores quânticos para estudantes que não possuem conhecimentos avançados em física. Os requisitos necessários são apenas conhecimentos básicos de matemática, que incluem representação vetorial e números complexos, e conhecimentos básicos de programação com a linguagem Python. Uma breve revisão sobre linguagens de programação utilizadas na computação quântica também é apresentada nesse trabalho. Essa revisão inclui as linguagens utilizadas nos computadores quânticos da IBM, Rigetti e Google que são as linguagens de programação selecionadas para o ensino de computação quântica no tutorial desenvolvido nesse trabalho.

Minicurso V: RISC-V: Uma Rota para o Hardware Aberto

Palestrantes: Marcelo Pias (FURG).

Resumo: O projeto RISC-V tornou-se um caminho viável para o hardware aberto com a proposta de tornar-se uma arquitetura universal para o conjunto de instruções de um processador. Este minicurso fornece uma breve introdução ao RISC-V, incluindo conceitos e decisões de projeto de ISA dentro da especificação base RV32I. A Parte II explora arquiteturas de domínio específico (DSAs) para sistemas embarcados e aceleradores de redes neurais. Por último, a Parte III discute resultados recentes de processadores RISC-V HPC. O minicurso encerra abordando o tema diversidade e inclusão em hardware aberto explorando as atividades da organização sem fins lucrativos *Open Hardware Diversity Alliance*.

Palestras

Palestra I: *Build yourself a pocket server/supercomputer using open source hardware and software* (Construa você mesmo um servidor/supercomputador de bolso usando hardware e software de código aberto)

Palestrantes: Jon "Maddog" Hall (Caninos Loucos), Laisa Costa (USP), Willian Takeshi (USP), Marcelo Zuffo (USP).

Resumo: Os recentes avanços nas tecnologias de código aberto estão permitindo a disponibilidade generalizada de ferramentas de baixo custo para computação de alto desempenho, incluindo superservidores e supercomputadores. Nesta palestra iremos compartilhar algumas experiências desde o conceito até a aplicação dessas plataformas de computação de alto desempenho. Apresentaremos um cluster de 8 Labradores 64 Bits com 32 núcleos de CPU, 16GBytes de RAM e 128GBytes de armazenamento SSD de alta velocidade.

Palestra II: *oneAPI SYCL Essentials* (Fundamentos do oneAPI SYCL)

Palestrante: Ben Odom (Intel).

Resumo: Obtenha uma visão geral do oneAPI SYCL C++ e do modelo de programação SYCL. Saiba como você pode usar oneAPI para resolver os desafios de programar em um mundo heterogêneo. O oneAPI SYCL C++ inclui uma linguagem unificada e simplificada e bibliotecas para expressar paralelismo, proporcionando um desempenho de linguagem nativa de alto nível em uma gama de hardware, incluindo CPUs, GPUs e FPGAs. Nesta palestra, apresentamos o oneAPI e (1.) Explicamos como a oneAPI pode resolver os desafios da programação em um mundo heterogêneo; (2.) Entendemos a linguagem Data Parallel C++ (DPC++) e o modelo de programação oneAPI; (3.) Como usamos Buffers e Accessors para gerenciamento de dados e memória entre host e dispositivo; (4.) Entendemos os conceitos básicos de grafos e dependências no DPC++; (5.) Fornecemos uma demonstração do Intel DevCloud e apontamos recursos onde você pode se aprofundar.

Palestra III: Palestra 3: Mega fator — Acelerando a Computação Científica em Um Milhão de Vezes

Palestrante: Pedro Mário Cruz e Silva (NVIDIA)

Resumo: A ciência e a indústria estão começando a explorar uma poderosa combinação exponencial de IA com computação acelerada em escala de data center. Os pesquisadores estão encontrando o poder computacional para os milhões de avanços exigidos hoje em dia pelos seus trabalhos. Eles enfrentam montanhas crescentes de dados com requisitos computacionais aumentando cada vez mais, essa desafio é impossível de se superar confiando apenas na lei de Moore, o motor de combustão crepitante dos sistemas de ontem. Então, eles estão

combinando um trio de propulsores para a aceleração exponencial de que precisam.

Palestra IV: Desenhando Supercomputadores — Quais as tecnologias disponíveis para criar computadores com alta capacidade de processamento

Palestrante: Genaro Costa (Atos Bull)

Resumo: O desenho de um supercomputador deve tomar em conta diversos aspectos, como arquitetura do processador, topologia e tecnologia da rede de alto desempenho, refrigeração e consumo energético, dentre outros. A composição das máquinas mais rápidas do mundo (TOP500) vem mudando com a adoção de novas tecnologias, como aceleradores e arquiteturas híbridas. Nessa palestra serão apresentados aspectos importantes no desenho de supercomputadores e produtos atualmente disponíveis para sua construção.

Palestra V: A Importância de processamento de alto desempenho em jogos free-2-play

Palestrante: Martin Fabichak (Magic Media)

Resumo: Uma das áreas que mais evoluiu a computação nos últimos 30 anos foi a área de jogos digitais. Mesmo com todas evoluções em hardware, os desenvolvedores ainda precisam se preocupar, e muito, em serem eficientes ao programar qualquer funcionalidade em um jogo digital. Essa palestra tem como objetivo explicar porque esse tópico é tão importante em um dos nichos mais lucrativos da indústria de jogos: jogos free-2-play.

Palestra VI: DL, HPC, A.I. — Densidade, aplicações e soluções

Palestrante: Guilherme Friol (SDC)

Resumo: Nos últimos anos a Inteligência Artificial vem se tornando uma presença comum em nossas vidas: desde os frustrantes e limitados *chatbots* até experiências encantadoras que elevam a interação homem-máquina a um nível totalmente novo, com isso cada vez mais o uso massivo das GPUs, discos e processador. *Cases* e aplicações.