

**Editais: APOIO A PROJETOS DE PESQUISA
CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E DE INOVAÇÃO -
BOLSAS DE DOUTORADO**

**Abordagens Inteligentes e Multidisciplinares para a Solução
Inovadora de Sistemas Complexos: desde a Inteligência
Computacional até a Singularidade**

Projeto de Pesquisa

Proponente: Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco
(Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação e Matemática
Computacional- PPG-CCMC)

Número de bolsas atuais no programa: 7

Número de bolsas solicitadas de acordo com as regras do edital: 5

Necessidade do programa: 20

Setembro, 2020

Resumo

O foco desta proposta é o de apoiar a manutenção da excelência da qualidade da pesquisa científica, tecnológica e de inovação realizada no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação e Matemática Computacional do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (PPG-CCMC) da Universidade de São Paulo, atualmente nível 7 na CAPES, por meio da obtenção de bolsas de doutorado. A obtenção das bolsas permitirá que recursos humanos de alta qualidade sejam formados nas mais diversas áreas atendidas pelo PPG-CCMC. Todo o conhecimento computacional e matemático é, em última análise, aplicável. Em algumas áreas, tanto da computação quanto da matemática, a aplicação é imediata, de modo que nos últimos anos, o crescimento da ciência no Brasil tem sido observado em um crescente. No contexto do PPG-CCMC, cabe salientar que existe um polo de empresas regional da área de computação que depende da ciência e dos recursos humanos oriundos deste programa. A estratégia do presente projeto envolve, em primeiro lugar, a aglutinação de grupos com inserção nacional e internacional no PPG-CCMC visando seu direcionamento para aplicações efetivas, com desenvolvimento não somente científico mais também pautado no desenvolvimento tecnológico e de inovação com foco em resultados e na solução de problemas advindos de diversos setores da sociedade. Os grupos vinculados ao PPG-CCMC têm demonstrado sua excelência na atividade científica convencional, em primeiro lugar, e em muitos casos, em aplicações relevantes, desde a sua criação. Essa estratégia será mantida a partir da obtenção de bolsas que já faziam (7 bolsas) parte do programa e que permitirão que a excelência do mesmo possa ser continuada.

1. Introdução

A pesquisa multidisciplinar é um ponto forte do PPG-CCMC, como pode ser observado pelo casos atuais apresentados a seguir. Há, por exemplo, um grupo de Linguística Computacional com atuação expressiva nas comunidades nacional e de língua portuguesa e histórico bem sucedido de geração de produtos e resultados significativos, com reconhecimento internacional. Além disso, o Grupo de Mecânica dos Fluidos Computacional, que constitui um diferencial positivo no atual cenário da computação, alcançou destaque como centro de excelência com forte interação entre academia e indústria, como atestado pelos projetos de longo prazo e de grande porte coordenados por seus orientadores. Há no programa vários pesquisadores que fazem parte do CEPID-CEMEAI (Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão - Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria), que é um centro para fomentar aplicações das ciências matemáticas, identificando problemas e áreas que possam beneficiar-se de novas pesquisas em ciências matemáticas e colocando-as em contato com pesquisadores de alta qualidade (centro apoiado pela FAPESP e de longa duração). Dentre os objetivos do

CEMEAI, está o de proporcionar um ambiente propício ao desenvolvimento de pesquisas aplicadas ao setor produtivo; contribuir no sentido de construir uma comunidade multidisciplinar mais sólida e duradoura, treinando estudantes para que possam colaborar na resolução de problemas práticos; promover a educação multidisciplinar de pesquisadores da matemática, da estatística, da otimização e da computação e desde o início de suas carreiras, contribuindo para a formação de uma comunidade mais aberta ao diálogo com outras áreas do conhecimento, o que deve contribuir para a utilização da matemática, computação, otimização e da estatística numa gama maior de aplicações.

Diversos outros pesquisadores do programa fazem parte do Centro de Inteligência Artificial, centro inovador de pesquisa entre Universidade de São Paulo, IBM e FAPESP. Dentre os objetivos está o comprometimento em levar os sistemas de Inteligência Artificial (IA) a um novo nível de desempenho, permitindo que tais sistemas contribuam para o prosperidade da humanidade. Dado o crescimento explosivo da IA, não se pode prever exatamente quais ferramentas serão úteis daqui a alguns anos; no entanto, algumas tendências estão surgindo claramente e certamente moldarão as próximas etapas da IA. Além do Centro de Inteligência Artificial, pesquisadores do PPG-CCMC participam também do Centro de Robótica de São Carlos (CROB), que aglutina pesquisadores da área de robótica para o desenvolvimento de sistemas robóticos, veículos autônomos, entre outros.

Destaca-se também a intensa participação de pesquisadores como associados a projetos Temáticos, que mesclam e fazem juz à multidisciplinaridade presente no PPG-CCMC, a saber: "Mineração, indexação e visualização de *Big Data* no contexto de sistemas de apoio à decisão clínica (MIVisBD)", agregando pesquisadores da área de Banco de Dados e Inteligência Artificial, bem como o "Teoria de singularidades e aplicações a geometria diferencial, equações diferenciais e visão computacional", que agrega pesquisadores da área de matemática e da área de processamento de imagens. Nesse sentido, a meta do Programa é continuar apoiando os esforços dos pesquisadores para a atração de profissionais de diferentes áreas do conhecimento com o objetivo de conduzir projetos colaborativos e multidisciplinares, inclusive com o setor produtivo.

Em 2001, Stephen Hawking afirmou: "eu acho que o próximo século será o século da complexidade" (Stephen Hawking's advice for twenty-first century grads: Embrace complexity, Scientific American, 2013). Sendo assim, sistemas complexos estão em toda parte, desde as interações entre pessoas em nossa sociedade até as conexões entre roteadores na internet ou relações tróficas entre espécies.

Tais sistemas podem ser representados por grafos, onde os vértices representam os seus elementos, e as conexões representam as interações entre eles. Por exemplo, no cérebro os neurônios estão conectados por sinapses, enquanto que nas colaborações científicas, cientista são conectados de acordo com a co-autoria em artigos ou projetos. Esses grafos apresentam estrutura altamente irregular e são chamados de redes complexas. Dada essa generalização oferecida pela área de sistemas complexos, os problemas mais urgentes de nossa sociedade são abordados com o uso de modelagem matemática-computacional e computação.

Cabe destacar que os projetos sintetizados nesta proposta abrigam subprojetos específicos e que as bolsas de mestrado solicitadas no documento de mestrado estão no guarda-chuva de trabalhos de doutorado aqui apresentados, com a investigação, implementação e avaliação de métodos e ambientes pertinentes ao escopo mais geral.

Sendo assim, o objetivo desta proposta é apresentar o projeto multidisciplinar de desenvolvimento de pesquisa, tecnologia e inovação do Programa de Pós-graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional da USP/São Carlos.

2. As Macroáreas de Atuação do CCMC e sua Multidisciplinaridade

Uma vez que a pesquisa realizada no âmbito do PPG-CCMC é multidisciplinar, o que o individualiza, nesta seção, são apresentadas as macro áreas de atuação, permitindo assim que sejam destacadas as principais inovações e elementos nos quais estão debruçados os esforços para a formação dos recursos humanos.

Todas essas macroáreas almejam avançar o conhecimento e envolvem, direta ou indiretamente, o ser humano. Problemas que variam da coleta de dados ao oferecimento de serviços-fim almejados pelas pesquisas são investigados na área de Sistemas Multimídia Interativos (SMI), que contempla pesquisas em Interação Humano-Computador (IHC) e Computação Ubíqua.

Certamente que um dos desafios atuais é a produção de produtos de software corretos, seguros, escaláveis, persistentes e ubíquos. Com a necessidade cada vez maior de garantir qualidade nos processos e nos produtos de software, a investigação e a proposição de técnicas e abordagens de desenvolvimento para acompanhar essa evolução são fundamentais.

A definição de estratégias e técnicas de VV&T (Verificação, Validação e Teste) ao longo de todo processo de desenvolvimento de software é um ponto fundamental para a geração de produtos de software de maior qualidade. A diversidade de domínios de aplicação e a proposição de novos processos, requisitos de qualidade e paradigmas de desenvolvimento de software requerem que sejam exploradas atividades de teste e inspeção nesses contextos para que a qualidade dos produtos elaborados possa ser devidamente tratada. Deste modo a Engenharia de Software para sistemas modernos e complexos é, assim como IHC e SMI, um requisito transversal a todas as macroáreas apresentadas.

2.1 Inteligência Artificial Aplicada à Saúde, Medicina, Gás Natural, Agricultura, Meio Ambiente, Mobilidade, Energia, Telecomunicações, Segurança, Esportes e Educação.

Mesmo que a busca da inteligência artificial tenha seduzido a inteligência humana há séculos, foi apenas na década de 1950 que essa busca se tornou um esforço científico concreto [1].

Os últimos setenta anos viram um progresso constante na pesquisa sobre inteligência artificial (IA); o progresso acelerou explosivamente nos últimos dez anos. A última década viu aplicações bem-sucedidas na indústria, nos serviços e na saúde, para citar algumas áreas. Esse sucesso foi bem documentado na imprensa e atraiu a atenção generalizada de sociedade e governos. Dado o crescimento explosivo da IA, não se pode prever exatamente quais ferramentas serão úteis daqui a alguns anos; no entanto, algumas tendências estão surgindo claramente e certamente moldarão as próximas etapas da IA. Os conjuntos de dados continuarão a crescer e ser coletados em um número crescente de campos; processamento de grandes conjuntos de dados e extração de padrões cada vez mais sutis serão um elemento central da IA. No entanto, análise de dados aprimorada não será o único condutor da evolução da IA. Nos próximos anos, espera-se evolução na sinergia entre aprendizado de máquina e representação de conhecimento para o planejamento e a resolução de problemas. Ou seja, todos os elementos da IA devem trabalhar juntos de modo a criar artefatos que podem raciocinar em cenários complexos, que podem aprender com um variedade de fontes que incluem dados brutos e instruções escritas, e que apresentam desempenho satisfatório em uma gama de habilidades associadas a alto nível de inteligência. Entre as questões de pesquisa fundamentais está a obtenção de comportamento inteligente, da representação do conhecimento à aprendizagem, com foco na combinação dessas técnicas para obter ganhos máximos. Algumas áreas de aplicação com enorme impacto científico, econômico e social têm sido priorizadas como alvo do desenvolvimento das pesquisas realizadas: petróleo e gás, agronegócio, energia, segurança, medicina, telecomunicações, educação, esportes e saúde.

Como meio de exemplificar tem-se que técnicas de aprendizagem de máquina têm sido empregadas com sucesso em diversas áreas e, em especial, para a construção de aplicações na área da Saúde, visando auxiliar em diagnósticos mais efetivos e rápidos. Entretanto, os modelos gerados por essas técnicas ainda apresentam incertezas e erros que podem causar sérios danos à saúde de pacientes. Erros no processo de treinamento, classificação e avaliação do modelo, podem levar a resultados incorretos e, consequentemente, a decisões clínicas equivocadas, diminuindo a confiança de profissionais no uso de tais técnicas. Da mesma forma que em outros domínios, a garantia de qualidade de software deve ser buscada em sistemas de aprendizagem de máquina, visando auxiliar no processo de produzir modelos mais confiáveis e capazes de auxiliar profissionais de saúde em suas atividades diárias. Para isso, é importante identificar as particularidades desses sistemas de modo a produzir estratégias de teste efetivas. Neste contexto, investigar estratégias de testes de software para validar aplicações na área de saúde é relevante e imprescindível. Para isso, é necessário adaptar técnicas e critérios de teste para esse contexto.

De modo análogo, a indústria 4.0 preconiza o desenvolvimento tecnológico e a modernização da indústria por meio da utilização de sistemas ciberfísicos para torná-la rentável e competitiva. IA é um dos pilares desta quarta revolução industrial ao agregar à indústria a capacidade de tomar decisões, realizar diagnósticos e prognósticos de forma inteligente e ágil a partir de dados. Assim, surge o conceito de Inteligência Artificial Industrial (IA-I) [2]. Ao se atualizarem rapidamente, por exemplo, usando robôs em suas fábricas, as indústrias tendem a adicionar trabalhadores no médio prazo, apesar da redução inicial de

empregados. Por outro lado, as perdas de emprego na indústria tendem a se concentrar naquelas que fazem essa mudança mais lentamente [3]. Logo, a relevância de pesquisas e projetos junto a indústrias visando contribuir para o avanço da IA-I poderá amenizar impactos negativos ou mesmo potencializar impactos positivos para trabalhadores e indústrias.

Perceber, interagir e atuar também constituem partes importantes na construção de inteligência artificial. Assim, problemas comuns envolvem as áreas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) [4-5], Robótica [6-7], Visão Computacional [8-11], Banco de Dados, Computação Ubíqua [12-14], Interação Humano-Computador [15-18], Aprendizado de Máquina e Ciência de Dados. Recentemente, tem havido um interesse crescente em sistemas que têm humanos interagindo com inteligências artificiais, muitas vezes referidas como “*Human in the Loop*” ou “*Human-AI Collaboration*”, como nos casos de Sistemas de Recomendação [19-22]. Pesquisas em processamento de linguagem natural e visão computacional estão relacionadas à fala, texto e imagens; a pesquisa em robótica lida com uma variedade de sensores e com dispositivos atuantes. Essa interligação de necessidades levam a novos desafios e inovações.

2.2 Internet das Coisas - A integração de diferentes pesquisas para o desenvolvimento de Cidades Inteligentes

É possível observar que o uso de IA associado à diversas áreas de aplicação permite que inovações e projetos mais desafiadores sejam desenvolvidos. Nesse contexto, surge o desenvolvimento de pesquisas associadas a Internet das Coisas (*Internet of Things*).

A Internet das Coisas (IoT) é um tópico recente que tem sido amplamente explorado nos últimos anos, tornando-se um assunto de interesse tanto da indústria quanto da academia [23]. Uma definição formal de IoT ainda não foi propriamente definida como universal [24-25], mas há um consenso de que IoT será formada por objetos do cotidiano ubíquos ou "coisas" capazes de se comunicar com outros dispositivos para compartilhar informações ou coordenar ações para atingir um objetivo comum ou oferecer serviços para diferentes tipos de aplicativos [26-28]. Espera-se que a IoT tenha um impacto notável em nossas vidas diárias, com aplicações significativas em muitas áreas, como saúde, educação, ambientes inteligentes (casas, fábricas ou cidades inteligentes), monitoramento ambiental e alerta e recuperação de desastres [26] [28] [29].

Fundamental para o desenvolvimento de IoT é investigação de paradigmas inovadores para a interação das “coisas” com usuários, investigação essa realizada no escopo das áreas de IHC [30-32] e Computação Ubíqua. Além disso, diferentes tecnologias estão envolvidas na habilitação de sistemas IoT. Técnicas de identificação e endereçamento são fundamentais para identificar de forma única cada dispositivo conectado, garantindo a confiabilidade e persistência da identificação. Tecnologias de comunicação em geral desempenham um papel importante nestas aplicações. Novos protocolos e estratégias de rede são necessários para que dispositivos com restrições de energia e recursos computacionais possam ser integrados à IoT. Serão necessários sistemas *Middleware* para fazer a

abstração de todos os dispositivos ou coisas e disponibilizá-los para usuários e aplicações. Além disso, espera-se que os sistemas IoT gerem uma grande quantidade de dados, tornando armazenamento de dados uma tecnologia chave para IoT e estratégias *Big Data* essenciais para extração de conhecimento [26] [28]. Plataformas em nuvem estão sendo consideradas uma parte importante dos sistemas IoT e ganharam interesse em pesquisas recentemente [28] [33]. A Internet das Coisas pode ser considerada um sistema de rede bastante distribuído, composto por entidades que tanto fornecem quanto consomem dados do mundo físico por meio de sensores e atuadores [34], e muitos recursos serão necessários para seu funcionamento.

Na área da saúde, a IoT tem sido investigada na construção de aplicações para resolução de problemas em que o uso de dados captados por sensores podem ajudar na tomada de decisão [35].

Dentre os impactos de IoT em nossas vidas diárias, casas, fábricas ou cidades inteligentes claramente se destacam. Uma cidade inteligente é definida como um ambiente que embute tecnologias da informação e de comunicação que criam ambientes interativos para solucionar os problemas dos cidadãos em seus conglomerados urbanos e garantir uma melhor gestão pública. A partir desta perspectiva, uma cidade inteligente (ou, em termos mais gerais, um espaço inteligente) se refere a um ambiente físico no qual as tecnologias de comunicação e informação, além de sistemas de sensores, tornam-se ocultos à medida que são embutidos nos objetos físicos e nos ambientes nos quais vivemos e trabalhamos [36]. Esse conceito estende-se ao de Fazendas Inteligentes, entre outros.

Diversos são os desafios que aparecem neste contexto, e permitem novamente a multidisciplinaridade, destacando-se: segurança e privacidade dos elementos de comunicação envolvidos (dispositivos, *cloud*, entre outros); escalabilidade; confiabilidade; gerenciamento de dados; interoperabilidade; desenvolvimento de metodologias e ferramentas analíticas visuais para a análise dos dados espaço-temporais; desenvolvimento de modelos de predição e extração de padrões; entre vários outros que podem ser elencados.

2.3 Ciência de Dados

A quantidade de dados gerados a cada dia é enorme, e a tendência é uma crescente. Centenas de horas de vídeo são enviadas a cada minuto para o YouTube. Cada clique do usuário, cada compra e cada visualização por ele realizada na Internet são registrados. Os governos podem integrar os dados de diferentes hospitais, criando um único grande heterogêneo banco de dados para entender melhor a saúde em escala nacional e até planetária.

Todos esses dados devem ser analisados automaticamente para revelar as informações que contêm. As técnicas analíticas devem ser rápidas, precisas e escalar para bancos de dados de grande volume e complexidade. Neste contexto, as técnicas tradicionais de Inteligência Artificial ainda não deram os resultados esperados. Em vez de usar lógica,

planejamento e raciocínio automatizados, representação de conhecimento e sistemas especialistas, a análise de dados moderna geralmente é baseada em técnicas estatísticas como o aprendizado de máquina. Essas técnicas usam grandes quantidades de dados para treinar máquinas que aprendem com os grandes bancos de dados, recuperando suas informações.

A ciência de dados pode ser vista como a sinergia entre estatística, que é usada para modelar objetos grandes e mal definidos, Ciência da Computação e Aprendizado de Máquina, que definem os modelos que precisam ser treinados para aprender a partir dos dados, e Otimização, que é usada no processo de treinamento para recuperar as informações de forma otimizada. Portanto, a Ciência de Dados é naturalmente um empreendimento interdisciplinar, que reúne pesquisadores de diversas áreas, sendo assim uma das vertentes contempladas pelas pesquisas do PPG-CCMC.

Neste contexto, a necessidade de algoritmos de otimização e de ideias que permitam lidar com os problemas de grande escala que surgem não têm precedentes. A resolução de tais problemas depende de muitas técnicas, como o método de decomposição, que é capaz de quebrar grandes problemas em pequenos, técnicas de indução paralela, como o Método de Direção Alternada dos Multiplicadores (ADMM), variações estocásticas de técnicas padrão, entre outros.

Ademais, vários sistemas naturais e artificiais podem ser modelados como redes complexas [37]. A estrutura do nosso cérebro, as redes sociais e a interação entre as espécies em um ecossistema podem ser representadas por um conjunto de elementos, chamados de nós, conectados por elos, chamados de bordas [38]. Devido aos conceitos e métodos universais desenvolvidos para estudar a estrutura e dinâmica de sistemas complexos, a representação de redes tem sido aplicada em várias áreas, da Medicina à Sociologia [37]. O uso de redes para representar estruturas de dados surgiu como uma nova abordagem para Ciência de Dados [39] [40], além de ser uma estratégia promissora para lidar com a fusão de dados heterogêneos [41].

2.4 Mineração, indexação e visualização de Big Data

Hoje, quase todas as atividades humanas geram e/ou demandam armazenar e processar conjuntos de dados cada vez maiores, que muitas vezes são diversos e complexos. Esse cenário de crescimento vertiginoso, que ocorre tanto no meio científico, acadêmico, empresarial e até mesmo nas atividades de lazer, demanda novos métodos eficientes para processamento, organização e acesso. Tal cenário está sendo chamado "era do *big data*". Atividades e sistemas relacionados a entretenimento, educação e à saúde estão no centro desse cenário, pois produzem e consomem continuamente grandes quantidades de dados diversificados e complexos. Esse enorme volume de informações digitais agravou um problema recorrente: como tal quantidade de dados pode ser analisada e processada para fornecer maneiras eficientes de atender às necessidades dos usuários? Para lidar com esse problema, os sistemas precisam contar com serviços computacionais eficientes que têm como requisito comum a necessidade de extrair dados de conteúdos (vídeos, textos da

Web, fala, música, gráficos, imagens, entre outros) e de usuários, de forma a produzir representações desses dados que sejam, ao mesmo tempo, significativas e compactas [42][43].

É importante que avancemos tecnologicamente, de modo a nos beneficiarmos desse volume de dados para ampliar o conhecimento das áreas, de modo a apoiar tanto o acesso a informação de interesse quanto o processo de tomada de decisão. Esse apoio em sistemas complexos está cada vez mais orientado por informações extraídas e pelo que se aprende desses grandes volumes de dados. Em um ambiente clínico, por exemplo, os Registros Eletrônicos dos Pacientes (REP) constituem uma plataforma propícia ao desenvolvimento de estratégias para extração de informações dos pacientes, seus perfis e mesmo de grupos que possuem uma mesma casuística. Sendo assim, é possível vislumbrar a integração de tecnologias inovadoras de bancos de dados, processamento de imagens e métodos de análise visuais de dados com base em REPs e repositórios de dados clínicos para reunir informações valiosas e significativas para a tomada de decisões que apoiem o diagnóstico e tratamento de pacientes.

O tamanho e a complexidade das bases de dados de REPs oferecem grandes desafios de processamento, tanto em termos de desenvolvimento e aplicação de técnicas de análise e de extração de conhecimento, quanto ao apoio ao desenvolvimento de ferramentas práticas para uso clínico. No entanto, também incorporam uma infinidade de oportunidades para criar algoritmos e métodos capazes de exibir informações relevantes relacionadas com um paciente particular ou grupos de pacientes, que estariam usualmente ocultas pelo grande volume de dados. Além disso, uma manipulação eficiente desses dados possui alto potencial para fazer dos REPs uma plataforma mais eficaz para apoiar os profissionais de saúde, lidando com aplicações médicas de rápida demanda bem como decisões governamentais estratégicas em saúde.

Sendo assim, serão desenvolvidos métodos e algoritmos que serão materializados em uma plataforma modular a ser disponibilizada para a comunidade das áreas relacionadas, apoiando o cotidiano da tomada de decisões em sistemas de saúde. Tais métodos e algoritmos provêm meios para extrair, analisar, representar e modelar dados volumosos e complexos sobre conteúdos e usuários, possibilitando o desenvolvimento de soluções personalizadas também em ambientes de entretenimento ou educação, onde buscas por conteúdo de interesse são essenciais para possibilitar consumo adequado de informação relevante.

Ferramentas de análise visual são primordiais na problemática descrita acima, viabilizando que os tomadores de decisão possam fazer uso do conhecimento extraído de dados para auxiliar a confecção de políticas públicas baseadas em evidência. De fato, ferramentas de análise têm sido desenvolvidas por pesquisadores do ICMC para fins de combate a criminalidade [44], entendimento e melhoria do transporte urbano [45] e no auxílio à reabilitação de pacientes afetados por doenças degenerativas [46].

2.5 Mecanismos de Apoio ao Ensino e Aprendizagem

Ao longo dos últimos anos, o processo educacional vem passando por uma significativa transformação, incorporando tecnologias que proporcionam amplo acesso a uma diversidade de aplicações educacionais, além de promover maior interação, colaboração e comunicação entre aprendizes e professores.

O estabelecimento e a adoção de tecnologias educacionais, no entanto, é uma atividade complexa do ponto de vista técnico e com fortes exigências por requisitos de qualidade (por exemplo, facilidade de manutenção, escalabilidade, segurança, disponibilidade, entre outros), principalmente em aplicações que possuem inúmeros usuários com necessidades distintas, constantes mudanças de requisitos, separação de assuntos, entre outros aspectos. Tais problemas demandam aplicações cuja construção exige soluções que são intensivas em software.

Um exemplo de uso de tecnologias na educação é a IoT, que pode proporcionar ambientes de aprendizagem apoiados por dispositivos que ajudam na motivação dos estudantes a interagir de acordo com o contexto atual em que se encontram. Sistemas baseados na Internet of Anything incluem, além das coisas, processos, pessoas e dados. Compartilhamento de objetos de aprendizagem entre sistemas presentes em instituições distantes geograficamente, permitindo ao professor recuperar esses objetos dinamicamente, de acordo com o contexto atual, também são objeto de estudo [47].

Nessa perspectiva, que envolve Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, com foco em duas áreas de interesse, Tecnologias Educacionais e Engenharia de Software, mas não limitadas a elas, a integração entre tais áreas ocorre a partir no uso de processo, métodos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Software, associados a Tecnologias Educacionais, como apoio ao desenvolvimento e adoção de aplicações educacionais[48-49] Além disso, o próprio domínio de Engenharia de Software será explorado na validação das aplicações educacionais desenvolvidas, em especial no ensino de Teste de Software e Gerenciamento de Projetos [50-54].

Cabe ressaltar que as técnicas aqui estudadas e exploradas poderão ser aplicadas a outros domínios, sendo assim transversal à todos os outros desenvolvimentos e pesquisas realizados.

2.6 Métodos Multiescala para Simulação Numérica de Reservatórios

A simulação de grandes reservatórios de petróleo, como os encontrados na região denominada pré-sal brasileiro, traz enormes desafios para os métodos atuais, devido às suas enormes dimensões e os requerimentos de precisão nos modelos computacionais, levando à resolução de problemas com bilhões de incógnitas simultaneamente, algo que não é possível de se atingir com os simuladores comerciais existentes hoje.

Dentro deste contexto, o grupo de Mecânica dos Fluidos Computacional do ICMC/USP vem buscando o desenvolvimento de métodos de decomposição de domínio multiescala, que

possuem características de desacoplamento que permitem resolver problemas cada vez maiores com paralelização próxima da ideal. O desenvolvimento de simuladores para a indústria de petróleo que fazem uso de técnicas multiescala é um tópico que tem atraído a atenção de diversos grupos de destaque internacional [55-56].

Métodos existentes, como o de Francisco et al. [55], são baseados em decomposição de domínios para métodos mistos introduzida em [57]. No trabalho apresentado em [55] um algoritmo iterativo para a decomposição de domínios é definido, tirando proveito de malhas múltiplas e uma nova família de funções de base multiescala. As novas funções de base são definidas para representar soluções discretas em subdomínios. Subespaços apropriados do espaço vetorial gerado por estas funções de base podem ser considerados na aproximação numérica de problemas de escoamentos em meios porosos. O balanço entre precisão numérica e eficiência computacional é determinado pela escolha destes subespaços.

A ideia é o desenvolvimento de métodos de elementos finitos mistos, introduzindo diferentes escalas no domínio computacional, onde propriedades de conservação são impostas nestas diferentes escalas, garantindo o enfraquecimento de acoplamento entre variáveis, e o consequente ganho em velocidade de simulação.

O novo procedimento produz campos de velocidade precisos na presença da heterogeneidade de rochas realistas e, ao mesmo tempo, será projetado para tirar vantagem do estado da arte de computadores, possivelmente em plataforma multicore.

O interesse do grupo de MFC é portanto o desenvolvimento de: (i) métodos multiescala precisos para escoamentos em meios porosos, (ii) simuladores para modelos multifásicos que façam uso de tais métodos, e (iii) algoritmos para a implementação dos novos métodos e simuladores em computadores multicore de última geração envolve diversos desafios que têm atraído a atenção de diversos grupos de pesquisa.

Alguns resultados já têm sido gerados (ver por exemplo [58-60]). Estes resultados mostram o potencial deste tipo de técnicas e os desafios envolvidos relacionados com a sua precisão numérica e eficiência computacional.

Mais uma vez é possível averiguar a interdisciplinaridade presente nas pesquisas desenvolvidas no PPG-CCMC, uma vez que, para o desenvolvimento de uma nova ferramenta computacional nessa área, faz-se necessário combinar a experiência de pesquisadores com competência em modelagem matemática, métodos numéricos, dinâmica de fluidos computacional e simulação de escoamentos em meios porosos com pesquisadores da computação. Esses permitirão que as simulações sejam realizadas de maneira efetiva, além de verificar e validar seus resultados.

2.7 Otimização

A área de pesquisa de otimização é vasta e permite a interação entre várias áreas do nosso programa de pós-graduação, como, por exemplo, ciência de dados e visualização [61]. Mais especificamente, as pesquisas são desenvolvidas em quatro importantes subáreas de

otimização: otimização linear e discreta, otimização não-linear, controle ótimo e problemas inversos.

Com respeito à otimização linear e discreta, o objetivo central é o desenvolvimento de modelos e métodos de resolução para problemas de otimização. Nossos projetos estão relacionados a problemas de planejamento de produção [62], problemas de escalonamento de pessoal, problemas de corte e empacotamento [63-65] e problemas da área de logística [66]. Além disso, o grupo tem estudado questões sociais e de sustentabilidade, otimização de custos de energia na distribuição de água [67-68] e no transporte de alunos com deficiência.

A solução otimizada de problemas reais muitas vezes passa pela formulação de modelos de programação linear inteiro-misto. Esses modelos conseguem descrever e propor soluções para cenários complexos. Por exemplo, a definição de missões para veículos aéreos não tripulados em cenários não convexos e na presença de incertezas. Esse tipo de situação envolve a alocação de risco no planejamento da missão que pode ser tratada através de restrições de probabilidade (*chance-constraints*). Modelos lineares inteiro mistos foram propostos, permitindo tanto uma melhor descrição do problema quanto a melhoria de performance usando métodos de exatos na resolução desse tipo de problema [67].

Na subárea de otimização não-linear, buscamos progredir na teoria e prática de otimização não-linear contínua suave ou não. Especial atenção é dada a algoritmos para otimização convexa de problemas muito grandes e para sua aplicação em problemas inversos como reconstrução de imagens tomográficas [68-72] ou de ressonância magnética [73-75]. Outro ramo da otimização não-linear em que atuamos é no desenvolvimento de algoritmos e de condições de convergência sequenciais para problemas de otimização não suave e não convexa [76-80].

Problemas reais muitas vezes apresentam características importantes de aleatoriedade e incertezas, como é comum no caso de falhas em sensores, falhas de comunicação e até mesmo ataques cibernéticos. Isso gera demanda por constante desenvolvimento de novos modelos e soluções robustas utilizando estimadores e controladores ótimos [80-83].

2.8 Teoria de singularidades e aplicações

A teoria de singularidades trata do estudo de variedades e aplicações singulares. É uma teoria bem consolidada e ganhou interesse devido a suas amplas aplicações a várias áreas das ciências e à sua interação com diversas áreas da matemática. Existem aplicações da teoria à ótica, à robótica e à visão computacional, entre outras. O estudo de problemas na teoria de singularidades bem como a aplicação desta teoria à geometria diferencial, às equações diferenciais e a visão computacional são ainda temas desafiadores e que merecem atenção da comunidade científica. Além disso, é possível vislumbrar e tem-se como objetivo, trabalhar em novas e grandes linhas de pesquisa sobre o estudo de campos vetoriais do ponto de vista infinitesimal e o reconhecimento de imagens usando uma abordagem geométrica. O reconhecimento de imagens pressupõe, em algumas situações, a reconstrução de superfícies a partir de nuvens de pontos ou mesmo a reconstrução de

curvas a partir de características importantes. Esses problemas são desafiadores, ambiciosos e inovadores, tanto do ponto de vista teórico quanto nas aplicações considerando sua multidisciplinaridade.

3. Contribuições Científicas, Tecnológicas e de Inovação

As contribuições desse projeto, que permitirão a geração de propostas de pesquisa em nível de doutorado são (não limitadas):

- Aplicar conceitos e métodos da *Network Science* para estudar sistemas naturais e artificiais. Desenvolver novos métodos para o diagnóstico de transtornos mentais, como autismo e esquizofrenia. Usar redes para estudar a estrutura dos ecossistemas. A rede mundial de comércio é outro sistema que será abordado. Estudar a disseminação de doenças em redes.
- Formulação de novos modelos estatísticos, estudo de suas propriedades e proposição de metodologias de estimação, incluindo procedimentos bayesianos e frequentistas. Investigação da eficiência dos procedimentos de estimação, proposição de testes de hipóteses e intervalos de confiança, estudo de diferentes parametrizações, características de teste dos modelos via procedimentos de simulação, proposição de técnicas de reamostragem, proposição de diagnósticos influentes, generalização dos modelos mais comumente utilizadas nestas áreas e serão propostas novas metodologias direcionadas à utilização dos modelos considerados.
- Integração de suportes inovadores de bancos de dados, processamento de imagens e métodos de análise visuais de dados com base em REPs e repositórios de dados clínicos para reunir informações valiosas e significativas para a tomada de decisões que apoiem o diagnóstico e tratamento de pacientes. Métodos e algoritmos para composição de uma plataforma modular a ser disponibilizada para a comunidade da área, apoiando o cotidiano da tomada de decisões em sistemas de saúde.
- Investigação e desenvolvimento de modelos e ferramentas para extrair, analisar e modelar dados sobre conteúdos volumosos e complexos, incluindo multimídia, de modo a produzir representações dos dados mais compactas que sejam ao mesmo tempo significativas.
- Desenvolvimento de algoritmos, métodos e ferramentas para o reconhecimento de imagens usando uma abordagem geométrica.
- Desenvolvimento de técnicas e algoritmos de segurança e privacidade relacionados a diferentes dispositivos (desde pequenos elementos computacionais que compõem a Internet das Coisas até mesmo drones e veículos autônomos que venham a fazer parte dessa rede); desenvolvimento de protocolos, arquiteturas, processos entre outros que permitam o desenvolvimento orquestrado de sistemas; estudos relacionados às técnicas e protocolos de comunicação envolvidos na interligação de dispositivos e *clouds*; estudo de eficiência, escalabilidade, confiabilidade entre outros; gerenciamento de dados; interoperabilidade; desenvolvimento de metodologias e ferramentas analíticas visuais para a análise dos dados

espaço-temporais; desenvolvimento de modelos de predição e extração de padrões; entre vários outros que podem ser elencados.

- Investigação e desenvolvimento de recursos, ferramentas e aplicações de PLN, especialmente voltadas para o processamento computacional da língua portuguesa, explorando-se métodos para a produção de sistemas de análise textual automática e processamento de fala, com aplicações nas áreas da saúde (via diagnóstico de doenças com base em voz, por exemplo), educação (pela oferta de simplificação textual para crianças, aprendizes de língua e analfabetos funcionais, dentre outros) e sociedade (via detecção automática de notícias falsas, por exemplo).
- Algoritmos e técnicas de IA, Machine Learning, deep learning e outras aplicadas a diversos domínios de aplicações como agricultura, gás natural, segurança pública, cibersegurança, veículos inteligentes, saúde, medicina, visão computacional, cidades inteligentes, inventário de florestas, reconhecimento de atividades humanas, robótica educacional, entre outras.
- Desenvolvimento de modelos matemáticos e métodos computacionais para otimização linear, inteira, não-linear e convexa, com possíveis aplicações em diversos setores. Na indústria, lida-se com problemas de planejamento da produção e integrações com outros problemas da cadeia de suprimentos, como a aquisição de matéria-prima e distribuição, bem como problemas de corte e empacotamento. Na área de saúde, investigam-se técnicas para a reconstrução de imagens em tomografia e alocação de recursos escassos nos hospitais. Na área de transporte, investigam-se problemas de roteamento de veículos e de transporte de pessoas, além da investigação de problemas de controle e filtragem, problemas de estabilidade e problemas inversos.
- Desenvolvimento de métodos numéricos e códigos computacionais de alto desempenho para a simulação numérica de escoamentos de fluidos, com aplicações na simulação de reservatórios de petróleo, escoamentos com superfícies livres, microfluídica, etc. Parcerias com a Petrobras geram a demanda de aplicação de métodos multiescala rápidos e precisos para a simulação dos reservatórios do pré-sal brasileiro. Parcerias com a University of Texas at Dallas, já em andamento, podem garantir o intercâmbio de alunos e contribuir com a internacionalização do programa.
- Desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão para a agricultura. Atualmente empresas, como a Embrapa, criam ferramentas para avaliar importantes aspectos relacionados à produção agrícola. Mas os pesquisadores que criam essas ferramentas não são especialistas em computação e têm muitos problemas para criar e manter essas ferramentas. Por isso, se estuda a aplicação de ontologias e outras ferramentas da Web Semântica para facilitar a prototipação e manutenção dessas ferramentas diretamente por especialistas de domínio da área agrícola (com o mínimo de intervenção externa). Esforços colaborativos com a Embrapa nessa área já levaram a criação de programas, como o SustenAgro Um sistema que avalia a sustentabilidade de sistemas de produção de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil.
- Desenvolvimento de estratégias de ensino-aprendizagem.
- Um framework para atividades educacionais - utilização de vários algoritmos de Aprendizado de Máquina e incorporação de um robô humanoide para auxiliar

estudantes nos exercícios de fixação de conceitos aprendidos em sala de aula. Este sistema pode ser usado tanto para professores, para inserir os exercícios com diferentes níveis de dificuldades referentes aos conteúdos estudados, quanto para os estudantes realizarem os exercícios. O sistema deverá realizar também relatórios de aproveitamento dos estudantes para ser analisados pelos professores. Além disso, o sistema é adaptativo, uma vez que ele analisa o comportamento do estudante durante a interação e com base nisso, aumenta ou diminui o nível de dificuldades das questões apresentadas, tornando o aprendizado mais agradável ao estudante.

- Abordagens Temporais para Reconhecimento de Atividades Humanas. O desenvolvimento de sensores vestíveis teve uma evolução considerável nas últimas décadas e o interesse por dispositivos vestíveis aumentou, à medida que o desejo de entender as atividades físicas humanas. Com esses sensores, é possível capturar informações de movimento humano e criar sistemas capazes de classificar a ação realizada pelo usuário. Essa classificação é chamada de Reconhecimento de Atividade Humana (HAR) e pode ser usada em diversas aplicações, incluindo residências inteligentes. Neste projeto serão utilizados modelos de redes neurais profundas temporais para reconhecimentos de atividades humanas sobre diferentes modalidades de dados, em especial vídeos e sensores inerciais, visando reconhecimento de comportamento humano em atividades diárias
- Desenvolvimento de sistema autônomo para Inventário de Florestas. O processamento de nuvem de pontos para quantificação do volume de madeira dos troncos das árvores ou quantificação de biomassa das árvores (inclusive os galhos) será investigado nesta pesquisa. Pretende-se desenvolver algoritmos de Aprendizado de Máquina, tais como, modelos de redes neurais e redes complexas para realizar estimativas do volume das árvores e implementar o código gerado em drones para que possam explorar florestas construídas.
- Reconhecimento de estrutura das faces por meio da combinação da teoria de singularidade, reconstrução de superfícies e aprendizado profundo.
- Desenvolvimento de modelos de interação e de colaboração para apoiar pesquisas baseada na coleta de dados e em intervenções no ambiente natural dos usuários.
- Formalização de metodologia e instrumentos para o design e avaliação de jogos sérios e soluções gamificadas para as áreas da saúde e educação.
- Desenvolvimento de ferramentas de autoria para apoiar profissionais da saúde e educação na criação de sistemas interativos gamificados e minigames terapêuticos ou educativos.
- Desenvolvimento de diretrizes e ferramentas para a avaliação de aspectos de sustentabilidade em empresas de TI.
- Desenvolvimento de algoritmos e técnicas para mineração de opiniões a partir de grandes repositórios de textos públicos. Atualmente, redes sociais, portais notícias e fóruns são considerados um grande sensor social, na qual importantes fenômenos sociais, políticos e econômicos podem ser estudados e monitorados. No entanto, lidar com esse tipo de informação requer o estudo de modelos para dados textuais que considerem a semântica dos textos. Embora pesquisas promissoras tenham sido propostas nesse tema, ainda há uma grande necessidade de modelos de linguagem mais semânticos para língua portuguesa, bem como para refinar tais modelos considerando aplicações específicas. Esforços anteriores permitiram o

desenvolvimento de *web sensores* para mineração de opiniões, que monitoram diariamente textos públicos e opiniões emitidas para diferentes domínios, como comércio eletrônico e agronegócios, que são exemplos de usos práticos dessa área de pesquisa.

- Extração de informações e padrões espaço-temporais no contexto do manejo florestal sustentável, visando informações e técnicas que possam ser úteis para ações de comando e controle das florestas brasileiras, no fomento à mercados e atividades econômicas sustentáveis voltadas para uma agenda florestal positiva;
- Desenvolver e empregar técnicas inovadoras de Ciência de Dados e Inteligência Artificial para identificar padrões espaço-temporais de crimes e suas possíveis causas e correlações com a infra-estrutura urbana, fatores socioeconômicos, climáticos e ambientais, subsidiando a confecção de políticas públicas voltadas para redução dos índices de criminalidade;

Cabe destacar que essas pesquisas têm potencial não só para geração e divulgação de resultados de alto valor para a comunidade científica, mas também para geração de patentes e de transferência de tecnologia, pois várias pesquisas estão associadas a indústria ou a aplicações reais. Além disso, é notável o potencial de disponibilização conjuntos de dados relacionados às pesquisas realizadas. Esse é um dos mecanismos que, de um lado, permite a reprodutibilidade dos resultados e, de outro, apoia desde a coleta distribuída de dados até a realização de pesquisas distribuídas em vários locais.

4. Integração das Áreas

Como mencionado, o PPG-CCMC é um programa cujas linhas de pesquisa são multidisciplinares, caracterizando-se assim um programa inovador que tem alcançado destaque em nível nacional e internacional, pela formação de quadros altamente qualificados. A interligação entre os pesquisadores do PPG-CCMC pode ser observada, não só pela descrição do projeto que por si só ilustra bem a inter e multidisciplinaridade da pesquisa, mas também pode ser observada por meio da Figura 1.

É possível observar a integração dos diversos pesquisadores do PPG-CCMC, de modo que é evidenciada a sinergia existente entre todo o corpo docente. Os pesquisadores associados ao grupo de Matemática Computacional possuem projetos e ligações bem íntimas de pesquisa com os pesquisadores da Ciência da Computação, de modo que pesquisas mais desafiadoras possam ser realizadas.

Na Figura 2 é ilustrada a integração das macroáreas do PPG-CCMC e as áreas transversais que norteiam as pesquisas realizadas.

Figura 1 - Gráfico de colaboração de pesquisa entre os pesquisadores do PPG-CCMC.

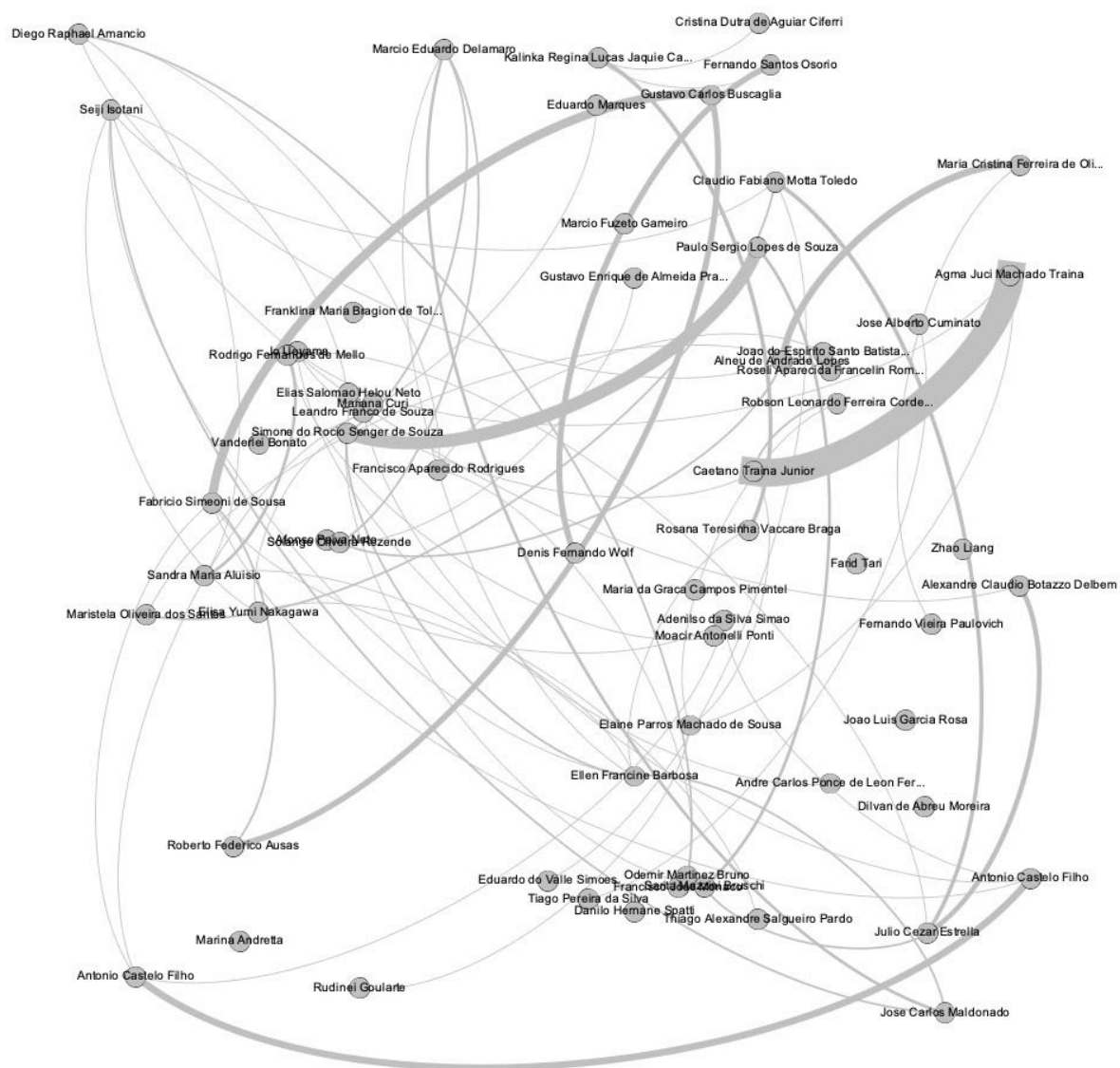


Figura 2 - Integração das macroáreas que norteiam as pesquisas no PPG-CCMC



É possível observar que o núcleo das pesquisas encontra-se focado em duas grande áreas prioritárias, Inteligência Artificial e Ciências de Dados, que têm sinergia e podem ser utilizadas nas diferente macroáreas. Todas elas se comunicam e têm interação. Também é observável que as áreas de IHC e Engenharia de Software são áreas transversais, que são utilizadas e servem para dar a formalização e a usabilidade das demais macroáreas.

5. Cronograma

Diferentes atividades e partes dos desafios apresentados serão executados de forma paralela e concorrente entre diferentes alunos e pesquisadores do PPG-CCMC uma vez que as bolsas serão destinadas aos alunos do programa de acordo com o edital de seleção (o edital com as regras pode ser encontrado no link: <https://web.icmc.usp.br/SVPGRAD/portal/ppgccmc/informacoesbolsasppgccmc.pdf>). O cronograma de alocação das bolsas concedidas se dará logo após a concessão, respeitando evidentemente a capacidade evidenciada dos candidatos.

Figura 2 - Cronograma de alocação das bolsas doutorado concedidas.

	2021		2022		2023		2024	
	1o.Semestre	2o.Semestre	3o.Semestre	4o.Semestre	5o.Semestre	6o.Semestre	7o.Semestre	8o.Semestre
5 bolsas implementadas nas áreas em que os alunos inscritos melhor se destacarem								

6. Estratégia de Execução do Projeto

Para execução do projeto aqui apresentado, o programa conta com a alta qualidade do corpo de orientadores e a disponibilidade de ampla infraestrutura permitem que os alunos desenvolvam seus potenciais com um sólido treinamento científico. Busca-se formar profissionais capazes de identificar e delinear projetos de pesquisas relevantes e de interesse para a comunidade acadêmica e para a sociedade em geral, e de executá-los seguindo o método científico na busca de soluções que contribuam para o estado da arte não somente científico, mas também tecnológico.

As habilidades desenvolvidas nos alunos envolvem: 1) o levantamento bibliográfico em profundidade, para identificar as soluções alternativas ao problema proposto; 2) proposta e validação de soluções inéditas para o problema e 3) divulgação das soluções por meio de artigos científicos, apresentações em eventos relevantes e seletivos, registros de patentes e de software, e disponibilização de datasets de soluções em plataformas de acesso livre. Busca-se também desenvolver a habilidade de trabalho em grupos de pesquisa, por meio de colaborações nacionais e internacionais. Os alunos são também incentivados a transferir seus conhecimentos para a sociedade por meio de cursos de extensão e atualização e, quando possível, transferência de tecnologia para o mercado.

Além disso, vários projetos de pesquisa em colaboração são realizados permitindo a cooperação científica e/ou tecnológica com pesquisadores nacionais e internacionais. Essa cooperação permite o estabelecimento de parcerias e a realização de pesquisa com maior impacto na sociedade.

O corpo docente de orientadores bem qualificado tem permitido a obtenção de valores significativos de recursos aportados para a realização das pesquisas, o que tem auxiliado na compra de equipamentos auxiliando no desenvolvimento da pesquisa realizada. As bolsas obtidas via essa chamada serão utilizadas para que os alunos selecionados via edital de bolsas possam se dedicar exclusivamente à atividade de pesquisa, honrando os compromissos com o desenvolvimento correto do projeto. Isso permitirá o programa dar continuidade e fortalecer ainda mais as pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, mantendo assim a excelência do mesmo.

7. Resultados Esperados

Como resultados da realização deste projeto, espera-se continuar ampliando e melhorando os resultados já apresentados pelo programa em relação não somente a formação de alunos: o PPG-CCMC tem formado nos últimos três anos mais de 100 mestres e mais de

150 doutores. Espera-se continuar formando recursos humanos e massa crítica com relação às áreas de pesquisa apontadas nesse projeto, bem como aumentar a mobilidade desses alunos por meio da realização de estágios sanduíches ou dupla titulação em instituições estrangeiras de reconhecido destaque. Pretende-se permitir que a produção científica/bibliográfica/tecnológica do PPG-CCMC continue apresentando os resultados de qualidade que tem apresentado. O programa tem mais de 300 artigos em periódicos nos últimos 3 anos, dos quais metade conta com a participação de discentes do programa. No que tange resultados apresentados em conferências, workshops e simpósios, mais de 90% dos alunos de mestrado e de doutorado realizam, por meio de menos uma publicação, disseminação do conhecimento para a sociedade.

Espera-se também como resultados produtos técnicos e tecnológicos, como patentes, registro de software e mesmo tecnologias sociais, uma vez que várias delas têm sido desenvolvidas e colocadas à disposição da sociedade de modo a impactar positivamente.

8. Impactos na Atuação do Programa

A realização do projeto aqui apresentado permitirá que o programa continue realizando as pesquisas e o desenvolvimento tecnológico de excelência que tem realizado. As linhas de pesquisa e as propostas apresentadas são inovadoras e se encontram no estado da arte. Isso deve permitir que o impacto do programa junto à sociedade não só acadêmica seja ainda mais evidenciado.

Além disso, os projetos propostos permitirão a formação de mais recursos humanos de modo que os mesmos continuarão a ser inseridos em instituições de ensino e pesquisa, como estão inseridos nossos egressos (sendo orientadores e docentes nas mais diversas Universidades e Institutos Federais e Estaduais, além de fazerem parte de Centros de Pesquisa Nacionais e Internacionais, docentes de Universidades estrangeiras, atuação em empresas privadas inclusive liderando startups, entre outros) o que tem permitido uma constante e frutífera colaboração com o PPG-CCMC.

As bolsas pleiteadas nesta proposta que serão utilizadas pelos alunos do PPG-CCMC para a realização das ações aqui mencionadas, permitindo, como já mencionado anteriormente, que os alunos possam se dedicar de forma exclusiva para a execução da pesquisa proposta, permitindo a manutenção da excelência do programa.

Referências Bibliográficas

- [1] Nils J. Nilsson. The Quest for Artificial Intelligence. Cambridge University Press, 2010.
- [2] Zhang, X., Ming, X., Liu, Z., Yin, D., Chen, Z. and Chang, Y. A reference framework and overall planning of industrial artificial intelligence (I-AI) for new application scenarios. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 101(9-12), pp.2367-2389, 2019.
- [3] Acemoglu, D., Lelarge, C., Restrepo, P. Competing with Robots: Firm-Level Evidence from France. AEA Papers and Proceedings. Vol. 110. 2020.

- [4] Belisário, L.B.; Ferreira, L.G.; Pardo, T.A.S. Evaluating Richer Features and Varied Machine Learning Models for Subjectivity Classification of Book Review Sentences in Portuguese. *Information* 2020, 11, 437.
- [5] Silva, R. M., Santos, R. L., Almeida, T. A., & Pardo, T. A. (2020). Towards automatically filtering fake news in Portuguese. *Expert Systems with Applications*, 146, 113199.
- [6] Azevedo H, Belo JP, Romero RA. Using Ontology as a Strategy for Modeling the Interface Between the Cognitive and Robotic Systems. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. 2020 Sep;99(3):431-49.
- [7] Batista MR, Macharet DG, Romero RA. Socially Acceptable Navigation of People with Multi-robot Teams. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. 2019 Oct 10:1-30.
- [8] Coletta, Luiz FS, Moacir Ponti, Eduardo R. Hruschka, Ayan Acharya, and Joydeep Ghosh. "Combining clustering and active learning for the detection and learning of new image classes." *Neurocomputing* 358 (2019): 150-165.
- [9] Dos Santos, Fernando P., Cemre Zor, Josef Kittler, and Moacir A. Ponti. "Learning image features with fewer labels using a semi-supervised deep convolutional network." *Neural Networks* (2020).
- [10] Kishi, Rodrigo Mitsuo, Tiago Henrique Trojahn, and Rudinei Goularte. "Correlation based feature fusion for the temporal video scene segmentation task." *Multimedia Tools and Applications* 78, no. 11 (2019): 15623-15646.
- [11] Souza Barbieri, Tamires Tessarolli, and Rudinei Goularte. "Content selection criteria for news multi-video summarization based on human strategies." *International Journal on Digital Libraries* (2020): 1-14.
- [12] Zaine, Isabela, David Mark Frohlich, Kamila Rios Da Hora Rodrigues, Bruna Carolina Rodrigues Cunha, Alex Fernando Orlando, Leonardo Fernandes Scalco, and Maria Da Graça Campos Pimentel. "Promoting Social Connection and Deepening Relations Among Older Adults: Design and Qualitative Evaluation of Media Parcels." *Journal of medical Internet research* 21, no. 10 (2019): e14112.
- [13] Zaine, Isabela, Priscila Benitez, Kamila Rios da Hora Rodrigues, and Maria da Graça Campos Pimentel. "Applied Behavior Analysis in Residential Settings: Use of a Mobile Application to Support Parental Engagement in At-Home Educational Activities." *Creative Education* 10, no. 8 (2019): 1883-1903.
- [14] Ferreira, Raoni S., Maria da Graça Pimentel, and Marco Cristo. "A wikification prediction model based on the combination of latent, dyadic, and monadic features." *Journal of the Association for Information Science and Technology* 69, no. 3 (2018): 380-394.
- [15] Frohlich, David M., Emily Corrigan-Kavanagh, Sarah Campbell, Theopisti Chrysanthaki, Paula Castro, Isabela Zaine, and Maria da Graça Campos Pimentel. "Assistive Media for Well-being." In *HCI and Design in the Context of Dementia*, pp. 189-205. Springer, Cham, 2020.
- [16] Paiva, Débora Maria Barroso, André Pimenta Freire, and Renata Pontin de Mattos Fortes. "Accessibility and Software Engineering Processes: A Systematic Literature Review." *Journal of Systems and Software* (2020): 110819.
- [17] Rodrigues, Sandra Souza, and Renata Pontin de Mattos Fortes. "A Checklist for the Evaluation of Web Accessibility and Usability for Brazilian Older Adults." *Journal of Web Engineering* (2020): 63-108.
- [18] Cristo, Marco, Raíza Hanada, André Carvalho, Fernando Anglada Lores, and Maria da Graça C. Pimentel. "Fast Word Recognition for Noise channel-based Models in Scenarios

- with Noise Specific Domain Knowledge." In Proceedings of the 2017 ACM on Conference on Information and Knowledge Management, pp. 607-616. 2017.
- [19] de Aguiar Neto FS, da Costa AF, Manzato MG, Campello RJ. Pre-Processing Approaches for Collaborative Filtering Based on Hierarchical Clustering. *Information Sciences*. 2020 May 19.
- [20] D'Addio, R.M., Marinho, R.S. and Manzato, M.G., 2019. Combining different metadata views for better recommendation accuracy. *Information Systems*, 83, pp.1-12.
- [21] Da Costa, A.F., Manzato, M.G. and Campello, R.J., 2019. Boosting collaborative filtering with an ensemble of co-trained recommenders. *Expert Systems with Applications*, 115, pp.427-441.
- [22] Manzato, M.G., Domingues, M.A., Fortes, A.C., Sundermann, C.V., D'Addio, R.M., Conrado, M.S., Rezende, S.O. and Pimentel, M.G., 2016. Mining unstructured content for recommender systems: an ensemble approach. *Information Retrieval Journal*, 19(4), pp.378-415.
- [23] SHENG, Z.; YANG, S.; YU, Y.; VASILAKOS, A.; MCCANN, J.; LEUNG, K. A survey on the ietf protocol suite for the internet of things: standards, challenges, and opportunities. *IEEE Wireless Communications*, IEEE, v. 20, n. 6, p. 91–98, dec 2013. ISSN 1536-1284. Available:<<http://dx.doi.org/10.1109/MWC.2013.6704479>>.
- [24] WHITMORE, A.; AGARWAL, A.; Da Xu, L. The Internet of Things — A Survey of Topics and Trends. *Information Systems Frontiers*, v. 17, n. 2, p. 261–274, apr 2015. ISSN 1387-3326. Available: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10796-014-9489-2>>.
- [25] MEDDEB, A. Internet of Things Standards: Who Stands Out from the Crowd? *IEEE Communications Magazine*, IEEE, v. 54, n. 7, p. 40–47, jul 2016. ISSN 0163-6804. Available:<<http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2016.7514162>>.
- [26] ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, Elsevier B.V., v. 54, n. 15, p. 2787–2805, oct 2010. ISSN 1389-1286. Available:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>>.
- [27] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Overview of the Internet of things. Geneva, 2012. 22 p. Available: <<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559>>.
- [28] AL-FUQAHA, A.; GUIZANI, M.; MOHAMMADI, M.; ALEDHARI, M.; AYYASH, M. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, jan 2015. ISSN 1553-877X. Available:<<http://dx.doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>>.
- [29] BOTTA, A.; DONATO, W. de; PERSICO, V.; PESCAPÉ, A. Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier, v. 56, p. 684–700, mar 2016. ISSN 0167-739X. Available: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2015.09.021>>.
- [30] Funes, Márcio Maestrelo, Leandro Agostini do Amaral, Renata Pontin Mattos Fortes, and Rudinei Goularte. "Multimedia Games User Experience Data Collection: An Approach for Non-experts Researchers." In *Special Topics in Multimedia, IoT and Web Technologies*, pp. 243-274. Springer, Cham, 2020.
- [31] Mattos Fortes, Renata Pontin, Ricardo Ramos de Oliveira, and André Pimenta Freire. "Usability Heuristics on Parental Privacy Controls for Smart Toys: from an exploratory map to a confirmatory research." *Electronic Commerce Research and Applications* (2020): 100984.

- [32] Hanada, Raiza, Maria da Graça C. Pimentel, Marco Cristo, and Fernando Anglada Lores. "Effective spelling correction for eye-based typing using domain-specific information about error distribution." In Proceedings of the 25th ACM International on Conference on Information and Knowledge Management, pp. 1723-1732. 2016.
- [33] CAVALCANTE, E.; PEREIRA, J.; ALVES, M. P.; MAIA, P.; MOURA, R.; BATISTA, T.; DELICATO, F. C.; PIRES, P. F. On the Interplay of Internet of Things and Cloud Computing: A Systematic Mapping Study. Computer Communications, Elsevier, v. 89-90, p. 17–33, sep 2016. ISSN 0140-3664. Available: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.comcom.2016.03.012>>.
- [34] MIORANDI, D.; SICARI, S.; De Pellegrini, F.; CHLAMTAC, I. Internet of things: Vision, applications and research challenges. Ad Hoc Networks, Elsevier, v. 10, n. 7, p. 1497–1516, 2012. ISSN 1570-8705. Available: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>>.
- [35] Silva, Henrique; Braga, Rosana T. Vaccare. IoT Applications to Combat Aedes Aegypti: A Systematic Literature Mapping In: 2019 IEEE 32nd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2019, Cordoba. 2019 IEEE 32nd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS). IEEE, 2019. v.1. p.696 - 701.
- [36] S. Steventon, Alan; Wright, editor. Intelligent Spaces: The Application of Pervasive ICT, volume XVIII of Computer Communications and Networks. 2006.
- [37] L. d. F. Costa, O. N. Oliveira Jr, G. Travieso, F. A. Rodrigues, P. R. Villas Boas, L. Antiqueira, M. P. Viana, and L. E. Correa Rocha, "Analyzing and modeling real-world phenomena with complex networks: a survey of applications," Advances in Physics, vol. 60, no. 3, pp. 329–412, 2011.
- [38] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chavez, and D.-U. Hwang, "Complex networks: Structure and dynamics," Physics Reports, vol. 424, no. 4-5, pp. 175–308, 2006.
- [39] M. Zanin, D. Papo, P. A. Sousa, E. Menasalvas, A. Nicchi, E. Kubik, and S. Boccaletti, "Combining complex networks and data mining: why and how," Physics Reports, vol. 635, pp. 1–44, 2016.
- [40] R. Pastor-Satorras, C. Castellano, P. Van Mieghem, and A. Vespignani, "Epidemic processes in complex networks", Reviews of modern physics, vol. 87, no. 3, p. 925, 2015.
- [41] SANTOS, B. N.; ROSSI, R.; REZENDE, S. O.; MARCACINI, R. M. A Two-Stage Regularization Framework for Heterogeneous Event Networks. Pattern Recognition Letters, v. 138, p 490-496, 2020. Available <<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.08.019>>
- [42] BARBIERI, TAMIRES TESSAROLLI DE SOUZA ; Goularte, Rudinei . Content selection criteria for news multi-video summarization based on human strategies. International Journal on Digital Libraries, v. 1, p. 1-14, 2020. Available <<http://dx.doi.org/10.1007/s00799-020-00281-9>>
- [43] KISHI, RODRIGO MITSUO ; TROJAHN, TIAGO HENRIQUE ; Goularte, Rudinei . Correlation based feature fusion for the temporal video scene segmentation task. MULTIMEDIA TOOLS AND APPLICATIONS, v. 78, p. 15623-15646, 2018. Available <<http://dx.doi.org/10.1007/s11042-018-6959-4>>
- [44] Zanabria, Germain Garcia, Jaqueline Alvarenga Silveira, Jorge Poco, Afonso Paiva, Marcelo Batista Nery, Claudio T. Silva, Sergio Franca Adorno de Abreu, and Luis Gustavo Nonato. CrimAnalyzer: Understanding Crime Patterns in São Paulo. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, preprint, 2019.

- [45] Valdivia, Paola, Fabio Dias, Fabiano Petronetto, Cláudio T. Silva, and Luis Gustavo Nonato. Wavelet-based visualization of time-varying data on graphs. IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST), pp. 1-8, 2015.
- [46] Chan, G.Y.Y., Nonato, L.G., Chu, A., Raghavan, P., Aluru, V. and Silva, C.T.. Motion Browser: Visualizing and Understanding Complex Upper Limb Movement Under Obstetrical Brachial Plexus Injuries. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 26(1):981-990, 2019..
- [47] Rafael. d. A. Silva and Rosana T. V. Braga, "Enhancing Future Classroom Environments based on Systems of Systems and the Internet of Anything," in IEEE Internet of Things Journal, doi: 10.1109/JIOT.2020.2995843.
- [48] LOPES, A. R.; Barbosa, E. F.; BRAGA, ROSANA T. V. Service-Oriented Reference Architecture for the Development of Context-aware Learning Environments In: IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2019, Cincinatti, USA. FIE Proceedings. IEEE, 2019. v.1. p.1 - 8.
- [49] PASCHOAL, L. N. ; KRASSMANN, A. L. ; NUNES, F. B. ; OLIVEIRA, M. M. ; BERCHT, M. ; BARBOSA, Ellen Francine ; Souza, S. R. S . A Systematic Identification of Pedagogical Conversational Agents. In: Frontiers in Education (IEEE), 2020, Uppsala - Sweden. Frontiers in Education (IEEE), 2020. v. 1. p. 1-9.
- [50] PASCHOAL, L. N. ; TURCI, L. F. ; CORTE, T. ; SOUZA, S. R. S. . Towards a Conversational Agent to Support the Software Testing Education. In: XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering. Education Track., 2019, Salvador. Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering, 2019. v. 1. p. 57-66.
- [51] JESUS, G. ; PASCHOAL, L. N. ; SOUZA, S. R. S. ; FERRARI, F. C. . Is It Worth Using Gamification in Software Testing Education?. In: Brazilian Symposium on Software Quality (SBQS 2019), 2019, Fortaleza. 18th Brazilian Symposium on Software Quality (SBQS 2019) - Education Track., 2019. v. 1. p. 1-10.
- [53] FIORAVANTI, MARIA LYDIA ; SENA, BRUNO ; PASCHOAL, LEO NATAN ; SILVA, LAÍZA R. ; ALLIAN, ANA P. ; NAKAGAWA, ELISA Y. ; SOUZA, SIMONE R.S. ; ISOTANI, SEIJI ; BARBOSA, ELLEN F. . Integrating Project Based Learning and Project Management for Software Engineering Teaching. In: the 49th ACM Technical Symposium, 2018, Baltimore. Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '18, 2018. v. 1. p. 806-811.
- [54] PASCHOAL, L. N. ; Souza, S. R. S . A Survey on Software Test Education in Brazil. In: XVII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, 2018, Curitiba. Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Software Quality, 2018. v. 1. p. 334-343.
- [55] A. Francisco, V. Ginting, F. Pereira, J. Rigelo, Design and Implementation of a Multiscale Mixed Method for Porous Media Flows, Mathematics and Computers in Simulation, vol. 99, (2014) 125-138.
- [56] H. Hajibeygi, H. Tchelepi, Compositional Mutiscale Finite-Volume Formulation SPE-163664-PA, SPE Journal, 2014.
- [57] J. Douglas, Jr., P. J. Paes Leme, J. E. Roberts, and J. Wang, A parallel iterative procedure applicable to the approximate solution of second order partial differential equations by mixed finite element methods, Numer. Math., vol. 65 (1993) 95-108.
- [58] Guiraldello, Rafael T. ; Ausas, Roberto F. ; Sousa, Fabricio S. ; Pereira, Felipe ; Buscaglia, Gustavo C. . The Multiscale Robin Coupled Method for flows in porous media. Journal Of Computational Physics, v. 355, p. 1-21, 2017

- [59] Guiraldello, Rafael T. ; Ausas, Roberto F. ; Sousa, Fabricio S. ; Pereira, Felipe ; Buscaglia, Gustavo C. . Interface spaces for the Multiscale Robin Coupled Method in reservoir simulation. *Mathematics And Computers In Simulation*, v. 164, p. 103-119, 2018
- [60] Guiraldello, Rafael T. ; Ausas, Roberto F. ; Sousa, Fabricio S. ; Pereira, Felipe ; Buscaglia, Gustavo C. . Velocity postprocessing schemes for multiscale mixed methods applied to contaminant transport in subsurface flows. *Computational Geosciences*, v. -, p. 1, 2020
- [61] Paulovich, Fernando V. ; Toledo, Franklina M. B. ; Telles, Guilherme P. ; Minghim, Rosane ; Nonato, Luis Gustavo . Semantic Wordification of Document Collections. *Computer Graphics Forum (Print)*, v. 31, p. 1145-1153, 2012.
- [62] Soler, W.A.O. ; Santos, Maristela Oliveira ; AKARTUNALI, K. MIP approaches for a lot sizing and scheduling problem on multiple production lines with scarce resources, temporary workstations, and perishable products. *JOURNAL OF THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY*, 2019.
- [63] LEAO, ALINE A.S. ; Toledo, Franklina M.B. ; OLIVEIRA, JOSÉ FERNANDO ; CARRAVILLA, MARIA ANTÓNIA ; ALVAREZ-VALDÉS, RAMÓN . Irregular packing problems: a review of mathematical models. *EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH*, v. 282, p. 803-822, 2020.
- [64] QUEIROZ, LAYANE RODRIGUES DE SOUZA ; ANDRETTA, MARINA . Two effective methods for the irregular Knapsack problem. *APPLIED SOFT COMPUTING*, v. 95, p. 106485, 2020.
- [65] SILVA, E. F. ; LEAO, ALINE A.S. ; TOLEDO, F. M. B. ; WAUTERS, T. . A matheuristic framework for the Three-dimensional Single Large Object Placement Problem with practical constraints. *COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH*, 2020.
- [66] OLIVEIRA, B. B. ; CARRAVILLA, M. A. ; OLIVEIRA, J. F. ; TOLEDO, F. M. B. . A relax-and-fix-based algorithm for the vehicle-reservation assignment problem in a car rental company. *European Journal of Operational Research*, v. 237, p. 729-737, 2014.
- [67] Santos, Maristela O.; SOLER, EDILAINE M. ; FURLAN, MARCOS M. ; VIEIRA, JOSÉ C.M. . A mixed integer programming model and solution method for the operation of an integrated water supply system. *International Transactions in Operational Research*, 2020.
- [68] SOLER, E. M. ; TOLEDO, FMB. ; SANTOS, Maristela Oliveira dos ; ARENALES, Marcos Nereu . Otimização dos custos de energia elétrica na programação da captação, armazenamento e distribuição de água. *Produção (São Paulo. Impresso)*, v. 26, p. 385-401, 2016.
- [69] R M Oliveira ; Helou, Elias S. ; COSTA, E. F. . String-averaging incremental subgradients for constrained convex optimization with applications to reconstruction of tomographic images. *Inverse Problems (Print)*, v. 32, p. 115014, 2016.
- [70] Helou, Elias S.; SIMOES, L. E. A. . epsilon-Subgradient Algorithms for Bilevel Convex Optimization. *Inverse Problems (Print)*, v. 33, p. 055020, 2017.
- [71] Helou, Elias S.; ZIBETTI, M. V. W. ; MIQUELES, E. X. . Superiorization of incremental optimization algorithms for statistical tomographic image reconstruction. *Inverse Problems (Print)*, v. 33, p. 044010, 2017.
- [72] LIMA, C. ; Helou, Elias S.. . Fast projection/backprojection and incremental methods applied to synchrotron light tomographic reconstruction. *JOURNAL OF SYNCHROTRON RADIATION*, v. 25, p. 248-256, 2018.

- [73] ZIBETTI, MARCELO VICTOR WUST ; Helou, Elias S. ; REGATTE, RAVINDER R. ; HERMAN, GABOR T. . Monotone FISTA with Variable Acceleration for Compressed Sensing Magnetic Resonance Imaging. *IEEE Transactions on Computational Imaging*, v. 5, p. 109-119, 2019.
- [74] Helou, Elias S. HELOU, E. S.; ZIBETTI, M. V. W. ; AXEL, L. ; BLOCK, K. T. ; REGATTE, R. R. ; HERMAN, G. T. . The Discrete Fourier Transform for Golden Angle Linogram Sampling. *INVERSE PROBLEMS*, v. 35, p. 125004-125035, 2019.
- [75] ZIBETTI, MARCELO V ; Helou, Elias S. ; PIPA, DANIEL . Accelerating Over-Relaxed and Monotone Fast Iterative Shrinkage-Thresholding Algorithms with Line Search for Sparse Reconstructions. *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, v. 26, p. 3569-3578, 2017.
- [76] Helou, Elias S.; SANTOS, S. A. ; SIMOES, L. E. A. . A New Sequential Optimality Condition for Constrained Nonsmooth Optimization. *SIAM JOURNAL ON OPTIMIZATION*, v. 30, p. 1610-1637, 2020
- [77] Helou, Elias S.; SANTOS, S. A. ; SIMOES, L. E. A. . Analysis of a New Sequential Optimality Condition Applied to Mathematical Programs with Equilibrium Constraints. *JOURNAL OF OPTIMIZATION THEORY AND APPLICATIONS*, v. 185, p. 1, 2020.
- [78] Helou, Elias S.; SANTOS, S. A. ; SIMOES, L. E. A. . A Fast Gradient and Function Sampling Method for Finite-Max Functions. *COMPUTATIONAL OPTIMIZATION AND APPLICATIONS*, v. 71, p. 1-45, 2018.
- [79] Helou, Elias S.; SANTOS, SANDRA A. ; SIMOES, L. E. A. . On the Local Convergence Analysis of the Gradient Sampling Method for Finite Max-Functions. *JOURNAL OF OPTIMIZATION THEORY AND APPLICATIONS*, p. 137-157, 2017.
- [80] Helou, Elias S.; SANTOS, SANDRA A. ; SIMÕES, LUCAS E. A. . On the differentiability check in gradient sampling methods. *Optimization Methods & Software (Print)*, v. 31, p. 983-1007, 2016.
- [81] NARVAEZ, ALFREDO R. R. ; Costa, Eduardo F. . Control of continuous-time linear systems with Markov jump parameters in reverse time. *IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL*, v. 1, p. 1-1, 2019.
- [82] Costa, Eduardo F.; DE SAPORTA, BENOITE . Linear Minimum Mean Square Filters for Markov Jump Linear Systems. *IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL*, v. 62, p. 3567-3572, 2017.
- [83] Vargas, Alessandro N. ; Costa, Eduardo F. ; ACHO, LEONARDO ; DO VAL, JOAO B. R. . Switching Stochastic Nonlinear Systems with Application to an Automotive Throttle. *IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL*, v. 63, p. 1-1, 2017.

Referências Auxiliares

- [84] Barabási, A.L-. *Networks Science*, Cambridge University Press, 2016.
- [85] Luciano da F. Costa, Francisco A. Rodrigues, Gonzalo Travieso and P. R. Villas Boas, Characterization of complex networks: A survey of measurements *Advances in Physics*, 56, 167 - 242, 1, (2007).
- [86] Guilherme F. de Arruda, Francisco A. Rodrigues, and Yamir Moreno, Fundamentals of spreading processes in single and multilayer complex networks, *Physics Reports*, Volume 756, Pages 1-60 (2018).

- [87] Paulo César Ventura, Fátima Velásquez-Rojas, Colm Connaughton, Federico Vazquez, Yamir Moreno and Francisco A. Rodrigues, Epidemic spreading with awareness and different time scales in multiplex networks, *Physical Review E*, 100, 032313 (2019).
- [88] Paulo César Ventura, Fátima Velásquez-Rojas, Colm Connaughton, Federico Vazquez, Yamir Moreno and Francisco A. Rodrigues, Epidemic spreading with awareness and different time scales in multiplex networks, *Physical Review E*, 100, 032313 (2019).
- [89] TOZADORE, DANIEL ; PINTO, ADAM H. M. ; VALENTINI, JOAO ; CAMARGO, MARCOS ; ZAVARIZZ, RODRIGO ; RODRIGUES, VICTOR ; VEDRAMETO, FERNANDO ; Romero, Roseli . Project R-CASTLE: Robotic-Cognitive Adaptive System for Teaching and Learning. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, v. 11, p. 581-589, 2019.
- [90] TOZADORE, D. C. ; ROMERO, R. A. F. . Graphical User Interface for educational content programming with social robots activities and how teachers may perceive it. *REVISTA BRASILEIRA DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO*, v. 28, p. 191/2317-6121-207, 2020.
- [91] RANIERI, C. M. ; VARGAS, P. A. ; ROMERO, R. A. F. . Uncovering Human Multimodal Activity Recognition with a Deep Approach. In: *WCCI2020/IJCNN2020*, 2020, GLASGOW - UK. *Proc. of WCCI'2020*. Palo Alto - CA: IEEE, 2020.
- [92] RANIERI, C. M. ; ROMERO, R. A. F. ; MOIOLI, R. C. ; ARAUJO, M. F. P. ; SANTANA, M. B. ; PIMENTEL, J. M. ; VARGAS, P. A. . Unveiling Parkinson's Disease Features from a Primate Model with Deep Neural Networks. In: *WCCI2020/IJCNN2020*, 2020, GLASGOW - UK. *Proc. of WCCI'2020*. Palo Alto - CA: IEEE.
- [93] NARDARI, G. V. ; LEE, E. S. ; QU, C. ; LIU, X. ; ROMERO, R. A. F. ; KUMAR, V. . SLOAM: Semantic Lidar Odometry and Mapping for Forest Inventory. In: *ICRA2020*, 2020, Virtual. *Proc. of ICRA2020*. Palo Alto - CA: IEEE Robotics and Automation Society, 2020.
- [94] Santos, R.L.S.; Wick-Pedro, G.; Leal, S.; Vale, O.A.; Pardo, T.A.S.; Bontcheva, K.; Scarton, C. (2020). Measuring the Impact of Readability Features in Fake News Detection. In the *Proceedings of the 12th Language Resources and Evaluation Conference (LREC)*, pp. 1404-1413. May, 13-15. Marseille/France.
- [95] Santos, R.L.S. and Pardo, T.A.S. (2020). Fact-Checking for Portuguese: Knowledge Graph and Google Search-Based Methods. In the *Proceedings of the 14th International Conference on the Computational Processing of Portuguese (PROPOR) (LNAI 12037)*, pp. 195-205. March, 2-4. Évora/Portugal.
- [96] Silva, R.M.; Santos, R.L.S.; Almeida, T.A.; Pardo, T.A.S. (2020). Towards Automatically Filtering Fake News in Portuguese. *Expert Systems with Applications (ESWA)*, Vol. 146, pp. 1-14.
- [97] López Condori, R.E. and Pardo, T.A.S. (2017). Opinion Summarization Methods: Comparing and Extending Extractive and Abstractive Approaches. *Expert Systems with Applications (ESWA)*, Vol. 78, pp. 124-134.
- [98] Nóbrega, F.A.A. and Pardo, T.A.S. (2018). Update Summarization: Building from Scratch for Portuguese and Comparing to English. *Journal of the Brazilian Computer Society (JBACS)*, Vol. 24, N. 11, pp. 1-12.
- [99] SUNDERMANN, CAMILA VACCARI; Padua, Renan; Tonon, Vítor Rodrigues; MARCACINI, RICARDO MARCONDES; DOMINGUES, Marcos Aurélio; Rezende, Solange Oliveira A context-aware recommender method based on text and opinion mining. *EXPERT SYSTEMS*. , v.1, p.1 - 15, 2020.

- [100] DOS SANTOS, BRUCCE NEVES; ROSSI, RAFAEL GERALDELI; Rezende, Solange Oliveira; MARCACINI, RICARDO MARCONDES A Two-Stage Regularization Framework for Heterogeneous Event Networks. *PATTERN RECOGNITION LETTERS.* , v.138, p.490 - 496, 2020.
- [101] CALCADA, D. B.; REZENDE, SOLANGE O.; TEODORO, M. S Analysis of green manure decomposition parameters in northeast Brazil using association rule networks. *COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE.* , v.159, p.34 - 41, 2019.
- [102] RUBIO, KATIA; RABELO, IVAN SANTANA; SINOARA, ROBERTA AKEMI; BARBOSA, RENAN SANTOS; Rezende, Solange Oliveira Identificação de personalidade de atletas olímpicos: uma análise exploratória de narrativa com mineração de textos. *REVISTA BRASILEIRA DE PSICOLOGIA DO ESPORTE.* , v.9, p.1 - 19, 2019.
- [103] SINOARA, ROBERTA A.; CAMACHO-COLLADOS, JOSE; ROSSI, RAFAEL G.; NAVIGLI, ROBERTO; REZENDE, SOLANGE O. Knowledge-enhanced document embeddings for text classification. *KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS.* , v.163, p.955 - 971, 2019.
- [104] MARCACINI, R. M.; MATSUNO, I. P.; ROSSI, RAFAEL GERALDELI; Rezende, Solange Oliveira Cross-domain aspect extraction for sentiment analysis: A transductive learning approach. *DECISION SUPPORT SYSTEMS.* , v.114, p.70 - 80, 2018.
- [105] SANTOS, F. F.; DOMINGUES, Marcos Aurélio; SUNDERMANN, C. V.; CARVALHO, V. O.; MOURA, Maria Fernanda; REZENDE, S. O. Latent association rule cluster based model to extract topics for classification and recommendation applications. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS.* , v.112, p.34 - 60, 2018.