

# Resolução de Problemas via Modelagem Matemática: metodologia ativa, pesquisa e extensão em uma disciplina conjunta da graduação e da pós-graduação

Luiz Leduino de Salles Neto<sup>1</sup>

ICT, Unifesp, São José dos Campos

Ana Carolina Lorena<sup>2</sup>

ITA, São José dos Campos

**Resumo.** Em 2019 a Unifesp e o ITA criam a disciplina semestral Resolução de Problemas via Modelagem Matemática, inspirada na experiência de 35 anos da disciplina Math Clinic da Universidade do Colorado. Nesta disciplina, estudantes de graduação e pós-graduação, em especial do programa de Pesquisa Operacional da Unifesp e do ITA, desenvolvem e apresentam ao final do semestre soluções para desafios propostos por empresas ou pesquisadores. A experiência tem sido bem avaliada pelos estudantes e pelos proponentes, tendo gerado também artigos científicos e novos produtos, contribuindo simultaneamente para a formação plena dos estudantes e solução de problemas complexos da sociedade.

**Palavras-chave.** Metodologia ativa, Curricularização da extensão, Ensino-aprendizagem.

## 1 Introdução

Um dos principais papéis da universidade é a formação de profissionais aptos a resolverem problemas complexos da sociedade, visando a melhoria da qualidade de vida no planeta. Muitos avanços podem ser obtidos por meio da modelagem matemática de problemas importantes para a humanidade. Para melhor prepararmos nossos estudantes é fundamental que eles desenvolvam a competência de resolução de problemas, e outras essenciais como trabalho em grupo, liderança e comunicação, durante seus cursos de graduação e pós-graduação. Para isso, é importante que eles tenham contato com desafios oriundos da sociedade e que trabalhem no desenvolvimento de soluções para os mesmos, com a orientação dos professores, usando e ampliando o conhecimento adquirido nas disciplinas obrigatórias dos cursos. Estes foram os preceitos norteadores da criação da disciplina de “Resolução de Problemas via Modelagem Matemática” na Unifesp e no ITA, uma disciplina que já nasceu como extensionista e de pesquisa.

Em 2019 a Unifesp recebeu, por um ano, a visita do professor Weldon Lodwick da Universidade do Colorado Denver. Um dos objetivos da contratação do professor Lodwick foi, justamente, a implementação da disciplina “Resolução de Problemas Via Modelagem Matemática”, inspirada na disciplina Math Clinic, coordenada por ele há 35 anos em sua universidade. Adotamos os mesmos objetivos, como aprimorar a formação plena dos estudantes de graduação e pós-graduação por meio da resolução em grupo de problemas reais da sociedade, e a mesma metodologia, como unir graduandos e pós-graduandos para resolver conjuntamente os desafios propostos ao longo de um

---

<sup>1</sup>luiz.leduino@unifesp.br

<sup>2</sup>aclorena@gmail.com

semestre. O professor Lodwick participou das duas primeiras edições da disciplina na Unifesp e no ITA no primeiro e segundo semestre de 2019. Hoje já estamos na sétima edição da disciplina e relatamos aqui este nosso histórico, com destaque para as soluções entregues para quatro dos desafios como forma de evidenciar a rica experiência desta iniciativa para a formação dos nossos estudantes, e também para a sociedade como extensão universitária.

## 2 Descrição dos problemas e resultados

Descrevemos aqui os desafios e as soluções entregues pelos alunos para quatro desafios desenvolvidos por grupos na disciplinas em edições de 2019, 2020 e 2021:

### 2.1 Estudo Da Dinâmica Evolutiva Do Mosquito Aedes Aegypt Sob Controle Sit e Estratégia de Replacement

Na primeira edição do curso, em 2019, um dos três desafios trabalhados na disciplina foi proposto pela professora Margareth Capurro do ICB-USP. Ela desenvolvera um mosquito Aedes Aegypti transgênico e gostaria de entender qual seria a política ótima para minimizar ou eliminar os mosquitos transmissores da dengue em uma cidade ou região. O grupo de estudantes formado por três doutorandas em Pesquisa Operacional e dois estudantes de graduação em Matemática Computacional apresentou uma solução computacional baseada em um sistema de equações diferenciais que apresentou ótimos resultados. O trabalho foi aceito, apresentado e publicado nos anais do Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional em 2021 [4].

### 2.2 Modelo matemático para determinação do ponto de ressuprimento de estoque para produtos perecíveis

Também em 2019, pesquisadores da área de Pesquisa Operacional da Linear Softwares Matemáticos propuseram o desafio de otimizar a logística de uma grande empresa de laticínios do país, em especial de um dos seus principais produtos, iogurte. O grupo composto por dois doutorandos em Pesquisa Operacional e duas mestrandas em Inovação Tecnológica desenvolveram um modelo de otimização inteira para encontrar a solução ótima deste complexo problema. O trabalho foi apresentado e publicado nos Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional de 2020 [2].

### 2.3 Forecast UTI: aplicativo para previsão de uso de leitos de UTI em hospitais no contexto da pandemia de COVID-19

Em 2020, com o início da pandemia de COVID-19 foi proposto um desafio, pelos próprios professores da disciplina, para o desenvolvimento de um aplicativo web que auxiliasse hospitais no planejamento de leitos de UTI. O aplicativo foi disponibilizado publicamente antes do final do semestre, dada a urgência da situação da saúde do país. O aplicativo teve cerca de trinta usuários entre hospitais e secretarias de saúde, estando ainda hoje disponível no endereço [www.forecastuti.unifesp.br](http://www.forecastuti.unifesp.br). O desenvolvimento, que teve apoio de professores da área de saúde da Escola Paulista de Medicina da Unifesp, também gerou um artigo científico publicado em periódico da área de epidemiologia [3].

## 2.4 Using Machine Learning to support health system planning during the COVID-19 pandemic: a case study using data from São José dos Campos (Brazil)

Em 2021, também visando auxiliar o processo de enfrentamento da COVID-19, um dos grupos da disciplina, formado por duas alunas de doutorado em Pesquisa Operacional, trabalhou com um tema proposto pela professora Ana Carolina Lorena. O grupo desenvolveu modelos preditivos com técnicas de Inteligência Artificial que consideram fatores importantes para prognóstico de hospitalização e evolução para quadros graves de COVID-19, fornecendo mecanismos que podem dar suporte a políticas públicas em saúde. Foram empregados dados oriundos de uma parceria com a secretaria de saúde de São José dos Campos e reunidos pelo IPPLAN (Instituto de Pesquisa e Planejamento), referentes a sintomas, comorbidades e hospitalizações de cidadãos joseenses que se submeteram a testes COVID. O artigo oriundo deste trabalho foi publicado em periódico científico, em número especial dedicado a soluções em Digital Healthcare [1].

## 2.5 Análise geoestatística de estações pluviométricas: um estudo de caso na cidade de São Paulo

Em 2020 o pesquisador do CEMADEN (Centro Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais) Leonardo Bacelar apresentou um desafio na disciplina oriundo de uma demanda do próprio Cemaden. O grupo desenvolveu e apresentou uma abordagem geoestatística para analisar a precipitação de chuvas capturadas por estações pluviométricas localizadas na cidade de São Paulo. Foram propostos também dois métodos para otimizar e reorganizar a rede pluviométrica enfatizando a minimização

dos erros de estimativas, da redundância e dos custos operacionais das estações. Para isso, primeiramente foram utilizados métodos geoestatísticos para interpolação dos dados de medição da precipitação, por meio da krigagem ordinária. Assim foi possível obter o mapa da variância da krigagem, ou seja, um mapeamento do erro de estimativa de precipitação para toda a cidade de São Paulo. De acordo com o mapa, nas localizações com alta variância foi sugerida a adição de 11 novos pluviômetros com o intuito de reduzir o erro de estimativa nestes locais. Além disso, um segundo método foi proposto para identificar a prioridade dos pluviômetros pela contribuição da sua informação na rede utilizando a entropia. Os resultados mostraram que é possível obter uma nova topologia

para a rede com a mesma quantidade de pluviômetros originais e com menor erro de estimação, apenas realizando o reposicionamento de estações pluviométricas consideradas menos prioritárias ou redundantes para a rede original. Com essa abordagem, não há necessidade de considerar um custo de aquisição de novos equipamentos, já que as estações atuais podem ser reinstaladas em locais de maior prioridade.

## 2.6 Problema de Gerenciamento do Fluxo de Tráfego Aéreo aplicado ao e-VTOL

No segundo semestre de 2021 um dos desafios propostos aos estudantes matriculados foi o estudo do serviço de transporte aéreo de passageiros em ambientes urbanos ou suburbanos providos por novos tipos de veículos com capacidade de decolagem e aterrissagem vertical conhecidos como e-VTOL, do inglês “Electric Vertical Takeoff and Landing”, comumente conhecidos como táxis voadores. O grupo que trabalhou com este desafio entregou uma modelagem matemática do problema de otimização do Gerenciamento do Fluxo de Tráfego Aéreo aplicado ao e-VTOL.

### 3 Solução desenvolvida (percurso metodológico)

Na disciplina de Resolução de Problemas via Modelagem Matemática os estudantes de graduação e pós-graduação são divididos em grupos mistos, agregando competências, e trabalham ao longo do semestre em desafios propostos por cientistas, empresas, organizações ou governos.

Para a formação dos grupos, cada estudante preenche um formulário onde lista suas competências, seus conhecimentos, como quer atuar no projeto e quais projetos tem preferência. A partir das respostas o docente faz a escolha dos grupos, buscando a complementaridade das competências e maximizar a

Cada grupo é liderado por um doutorando ou mestrando, que se reúne semanalmente com o(s) professor(es) para discussão do andamento do projeto. A cada mês os grupos apresentam os resultados parciais dos projetos para toda turma. Durante o semestre os grupos interagem com os proponentes dos respectivos desafios. Esta disciplina é oferecida como eletiva nos cursos de graduação da Unifesp e do ITA e nos cursos de pós-graduação em Inovação Tecnológica (Unifesp), Matemática e Matemática Aplicada (Unifesp) e Pesquisa Operacional (Unifesp e ITA). O objetivo principal é a formação dos estudantes e o desenvolvimento de competências importantes como resolução de problemas complexos, trabalho em equipe, criatividade, pensamento crítico e comunicação.

Todas as soluções criadas são públicas e disponibilizadas gratuitamente. Não há recursos financeiros envolvidos.

### 4 Resultados obtidos

Como observado anteriormente, o objetivo principal é a formação dos estudantes de graduação e pós-graduação. A principal competência desenvolvida é a resolução de problemas complexos, agregando trabalho em equipe, liderança, comunicação oral e escrita e criatividade. Um segundo objetivo é a entrega de soluções para problemas importantes da sociedade, concretizando a indissociabilidade do ensino, da pesquisa e da extensão. Em alguns casos, como os relatados na seção 2, as soluções desenvolvidas resultaram em artigos científicos também. Esta disciplina pode ser considerada um caso de sucesso da curricularização da extensão universitária. Todos os relatórios, bem como outras informações, como o plano de ensino da disciplina, podem ser encontrados em <https://sites.google.com/view/model-matematica>.

### 5 Conclusões

Um primeiro aprendizado é entender a viabilidade de trabalharmos com problemas reais e complexos da sociedade em uma disciplina durante um semestre. Com a devida orientação dos professores e especialistas, os alunos conseguem desenvolver bons projetos. Neste desenvolvimento, aula a aula, e também no trabalho extra-classe, os alunos agregam as competências que estão entre os objetivos principais da disciplina, como a resolução de problemas, o trabalho em equipe e a comunicação. Para tal, fazem uso de técnicas matemáticas e computacionais associadas ao ramo da Pesquisa Operacional, gerando ferramentas de suporte à decisão para cenários e contextos variados de importância econômica e social.

### Agradecimentos

Agradecemos ao professor Weldon Lodwick por ter, durante um ano, auxiliado diretamente em sala de aula a implementação desta disciplina na Unifesp e no ITA.

## Referências

- [1] Abuabara, L., Valeriano, M. G., Kiffer, C. R. V., Yanasse, H. H., Lorena, A. C. Using Machine Learning to support health system planning during the Covid-19 pandemic: a case study using data from São José dos Campos (Brazil). *CLEI Electron. J.* 24(3) (2021)
- [2] Ferreira, C. E. M., Cruz, J, Salles-Neto, L.L., Lodwick, W. Modelo matemático para problemas de programação da produção e dimensionamento de lote monoestágio de produto perecível com demanda determinada e restrições de produção e estoque. . In: *ANAIS DO LII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 2019.
- [3] Salles Neto, L. L. D., Martins, C. B., Chaves, A. A., Konstantyner, T. C. R. D. O., Yanasse, H. H., Campos, C. B. L. D., Soares, F. D. S.. Forecast UTI: aplicativo para previsão de leitos de unidades de terapia intensiva no contexto da pandemia de COVID-19. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 29, 2020.
- [4] Veloso, R. et al. Estudo da dinâmica evolutiva do mosquito *Aedes aegypti* sob controle SIT e estratégia de replacement. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, v. 8, n. 1, 2021.