

Otimização linear inteira para resolução do problema de formação de equipes: otimização de múltiplas equipes com mentoria

**Gabriel Vinícius dos Santos e
Maristela Oliveira dos Santos**

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC
Universidade de São Paulo - USP - Brasil
gabrielvs.mdo@gmail.com mari@icmc.usp.br

Objetivos

A área da otimização tem sido amplamente estudada, devido a grande quantidade de aplicações, incluindo armazenamento de produtos e agendamento de equipes de trabalho. O foco principal deste trabalho é o desenvolvimento de uma heurística aplicada ao Problema de Trabalho em Equipe com Mentoria (Teamwork with Mentoring Problem - TPM), proposto na competição Google Hash Code de 2022 [1]. O TPM envolve a formação de equipes de contribuidores para projetos, considerando as habilidades necessárias para cada projeto e as habilidades dos contribuidores. O objetivo é selecionar uma equipe que maximize a pontuação total dos projetos. Existem restrições rígidas, como a limitação de um contribuidor a um projeto por vez e a disponibilidade dos contribuidores após a conclusão do projeto. Além disso, os profissionais podem ajudar uns aos outros com mentoria, e as habilidades podem aumentar se não atenderem aos requisitos mínimos. Vários projetos podem estar em andamento simultaneamente, com contribuidores ocupando no máximo uma função em cada projeto. Os projetos têm pontuações e datas de vencimento, e a pontuação diminui em um ponto por dia após a data de vencimento. O horizonte de planejamento é definido pela data em que todos os projetos têm pontuação zero. Restrições flexíveis são introduzidas para maximizar a pontuação final. A abordagem de solução para o problema envolve o uso de heurísticas para encontrar soluções iniciais. Posteriormente, um algoritmo é utilizado para aprimorar as soluções, com o foco principal da pesquisa sendo o entendimento aprofundado do TPM e sua resolução, bem como montar boas soluções iniciais, comparando-as com o Estado da Arte.

Métodos e Procedimentos

Para o TPM, foi possível criar um algoritmo para obtenção de solução inicial para o TPM, seguindo as restrições rígidas. O algoritmo propõe uma solução inicial com diferentes heurísticas, uma vez que estudar e trabalhar com diferentes abordagens proporciona um melhor entendimento do problema. As heurísticas de ordenação de projetos incluem: Tempo de Processamento Mais Curto (**SPT**), Tempo de Processamento Mais Longo (**LPT**), Data de Vencimento Mais Cedo (**EDD**), Tempo de Margem Mínima (**MST**), Taxa Crítica (**CR**), Folga (**SLK**) [2] e Mão de obra (**MPW**) que leva em consideração a relação entre o prazo e o tempo de processamento de cada projeto. Já as heurísticas de escolha de contribuidores utilizadas incluem: Valor da habilidade mais próximo (**Nst**), Valor da habilidade mais longe (**Fst**) e Primeiro a encontrar (**Ftf**) que prioriza a escolha do primeiro contribuidor em que houver um aumento de nível. O algoritmo guloso utilizado na resolução do problema utiliza dados de entrada de instâncias [1] e retorna a melhor combinação de heurísticas. Inicialmente, o algoritmo foi aplicado em casos de teste com menos projetos e contribuidores, permitindo o estudo do problema. Após identificar as combinações de heurísticas mais eficazes, essas foram aplicadas a casos de teste mais complexos e comparadas com as melhores pontuações conhecidas até então. Além disso, um algoritmo de perturbação local, inspirado por outros artigos [3], foi desenvolvido, em que foi testado em casos de teste mais simples.

Resultados

Para os resultados apresentados neste projeto, a Tabela 1 mostra os melhores resultados obtidos para as seis instâncias disponíveis [1]. A li-

nha representada por "total" mostra o maior valor acumulado seguindo um mesmo algoritmo, enquanto cada instância isolada no estado da arte tem seu valor obtido por diferentes algoritmos.

Tabela 1: Instâncias [1], Soluções do Estado da arte [1] e soluções encontradas neste trabalho.

Inst.	Estado da arte	Solução - Projeto
a	33	33
b	1.005.020	855.630
c	288.508	199.049
d	674.945	173.626
e	1.650.488	1.610.072
f	1.194.515	543.471
total	4.220.236	3.381.881

A Tabela 2 mostra para cada instância uma métrica de comparação de resultado chamada GAP, que mostra o quão distante a solução está do Estado da arte. Esta tabela ainda mostra qual das heurísticas foram utilizadas para obter solução encontrada. O GAP pode ser definido como:

$$GAP = \frac{\text{MelhorSolução} - \text{SoluçãoProposta}}{\text{MelhorSolução}} 100\% \quad (1)$$

Tabela 2: Instâncias [1], GAP das soluções, Heurísticas usadas nas melhores soluções para cada instância

Inst.	GAP	Heuríst. 1	Heuríst. 2
a	0%	SPT	Ftf
b	14,86%	MST	Ftf
c	31,00%	LPT	Ftf
d	74,28%	SPT	Ftf
e	24,49%	CR	Ftf
f	54,50%	SLK	Ftf
Total	19,87%	-	Ftf

Por fim, a Tabela 3 mostra os resultados do algoritmo de melhoria local, de acordo com as instâncias relacionadas. Além disso, temos o GAP' sendo uma métrica para avaliar o quanto a solução foi melhorada. O GAP' pode ser definido como:

$$GAP' = \frac{\text{NovaSolução} - \text{PrimeiraSolução}}{\text{NovaSolução}} 100\% \quad (2)$$

Tabela 3: Instâncias [1], Soluções encontradas e Melhoras das soluções (GAP')

Teste	1ª Sol.	2ª Sol.	GAP'
b - SPT	800981	800981	0%
b - LPT	800975	800975	0%
b - EDD	800918	769399	3,94%
b - MST	800991	769472	3,94%
b - CR	800991	800991	0%
b - SLK	800930	769411	3,94%
b - MPW	800989	800989	0%

Conclusões

Neste estudo, as heurísticas de ordenação de projetos não tiveram impacto significativo nos resultados, enquanto a heurística "Primeiro a encontrar (Ftf)", para a seleção de contribuidores desempenhou um papel crucial na obtenção de boas soluções iniciais. A análise também mostrou que as características das instâncias do TPM, como o número de contribuidores, projetos e habilidades, influenciaram o desempenho do algoritmo. Apenas uma instância ("d") apresentou uma diferença considerável em relação ao melhor resultado conhecido, como também observado em outros estudos semelhantes [3]. Ficou claro que o algoritmo de troca não foi tão eficaz quanto a abordagem de solução inicial. Uma proposta futura sugerida é desenvolver um algoritmo de perturbação da solução inicial, inspirado em trabalhos da literatura [3], com o objetivo de superar o Estado da Arte. Sendo assim, este estudo trouxe uma nova abordagem para o TPM, enfocando a construção de uma solução inicial eficaz. O código-fonte do algoritmo utilizado pode ser encontrado em: [https://github.com/GVS2001/TPM_Teamwork-with-Mentoring-Problem].

Referências

- [1] GOOGLE. Mentorship and teamwork - data, February 2022.
- [2] Tatiane Carvalho Silva and Helio Yochihiro Fuchigami. Desenvolvimento e análise de regras de sequenciamento da produção para minimização de medidas de atraso em flow shop com tempos de setup. *Revista Produção Online*, 18(2):454–478, jun. 2018.
- [3] Uran Lajçi and Elvir Misini. Exploring local search metaheuristics for optimizing the mentorship and teamwork problem. 05 2023.