

UM NOVO MODELO BASEADO EM PREFERÊNCIAS PARA O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE HORÁRIOS

Autores: BRENO REIMS NOGUEIRA SOUZA, ULISSES ARGILEU SOUZA E SILVA, ALLYSSON STEVE MOTA LACERDA, JHENNYFER EMANUELLE BRITO OLIVEIRA, LUIS PAULO TOLENTINO FERNANDES, EDUARDO DIAS DA ROCHA, FELIPE PINHO E GODINHO

Introdução

O problema de alocação de horários (*timetabling*) é de alta complexidade e por isso desperta interesse em diversas instituições de ensino. Em alguns casos, não se obtém um resultado satisfatório, principalmente devido ao crescimento das próprias instituições. A diversidade de restrições é determinada por imposições administrativas e técnicas de cada instituição, o que torna o problema de difícil generalização.

Com isso, cada caso se torna bastante peculiar. A alocação de aulas consiste em fixar horários para professores, alunos e respectivas salas de aula, obedecendo a restrições impostas por políticas da instituição, o período das aulas, a carga horária das disciplinas, a quantidade de turmas, o número de salas e a disponibilidade dos professores. A atribuição acontece a cada semestre e/ou ano, em todas as instituições de ensino, pública ou privada, e em todos os níveis de formação.

Embora exista uma grande quantidade de trabalhos científicos e comerciais feitos nessa área, em muitas instituições ainda utilizam a forma manual e o uso do computador é apenas para apresentação de dados ou verificação de validação de restrições. Muitas funções que podem ser feitas pelo computador são negligenciadas. Por se tratar de um problema complexo, geralmente os valores das soluções comerciais são incompatíveis com a realidade de muitas instituições de ensino, nos mais diversos níveis.

Outro aspecto importante do problema é a preferência de alunos e professores, que raramente é levada em consideração durante a atribuição de horários. Baseando-se nisso, o presente trabalho propõe um novo modelo matemático para o problema de alocação de horários que leva em consideração, além da disponibilidade, as preferências de alunos e professores.

Problema de Alocação de Horários

Segundo Silva (2014), o problema de *timetabling* aplicado a sistemas de ensino consiste em alocar uma sequência de atividades conjuntamente entre departamentos/cursos, professores e alunos, além dos recursos necessários, em um período de tempo determinado. Por se tratar de um problema NP-difícil, geralmente não é possível encontrar uma solução exata em tempo computacional aceitável e, por isso, são utilizadas técnicas como heurísticas construtivas, algoritmos evolutivos e funções objetivo lineares para sua solução, ainda que de forma aproximada.

Fonseca (2017) explica que a automatização da construção de cronogramas educacionais vem a muito tempo sendo objetivo de trabalhos de pesquisa e apresenta alguns motivos para esse enfoque.

- Complexidade: Para encontrar uma tabela de horários que satisfaça todos os envolvidos é uma difícil tarefa. Além disso, até a construção de uma tabela de horários viável já é um problema difícil;
- Importância Prática: Uma boa tabela de horários pode melhorar a performance dos estudantes resultando na satisfação do pessoal, e também permite que a instituição tenha um melhor gerenciamento de recursos;
- Importância Teórica: Várias formulações do problema são classificadas como NP- difícil.

Schaefer (1999) classifica os problemas de *timetabling* em 3 categorias, o *School Timetabling* que é relacionado a instituições de ensino secundárias, o *Course Timetabling* que refere-se a instituições de ensino superior e o *Examination Timetabling* que trata da alocação de exames em instituições de ensino. Em algumas obras são apresentadas versões mais abrangentes do *timetabling*, mas a classificação mais utilizada em obras é a proposta acima.



A. Métodos existentes

As técnicas que são chamadas de heurísticas construtivas consistem em preencher gradativamente um quadro de horários, ou seja, inserindo uma aula por vez até todas as aulas serem alocadas ou até que um conflito apareça. Nessa situação, procura-se remanejar algumas aulas que já foram previamente alocadas a fim de eliminar o conflito. A principal ideia desse procedimento é alocar primeiro as aulas difíceis. Os métodos heurísticos são amplamente utilizados para resolução de problemas de complexidade NP-Difícil, onde incluem-se os problemas de alocação de horários (XAVIER, 2013).

Posteriormente, apareceram soluções baseadas em novas técnicas de pesquisa, tais como Simulated Annealing, Busca Tabu, Algoritmos Genéticos, Satisfação de Restrições e combinação de métodos diferentes. Colorni et al. (1998) aplicaram Algoritmos Genéticos ao problema de horários escolares, em que também são incluídos quadros inviáveis de horário no espaço de busca do algoritmo. A função objetivo considera requisitos didáticos, organizacionais, pessoais e o número de inviabilidades, de forma que conduz a busca em direção a quadros viáveis de horário. A função objetivo é hierarquizada, atribuindo um peso maior às inviabilidades do que aos outros requisitos.

Os trabalhos do Souza (2000) e do Silva (2014) serviram como referências principais para a construção da nova abordagem do problema. O problema de alocação de horários tradicional pode ser definido por $f_{p,t,s}: \{1, \dots, m\} \times \{1, \dots, n\} \times H \rightarrow \{0,1\}$, onde $f_{p,t,s} = 1$ somente se o professor p leciona para a turma no horário (slot) s , conforme Souza (2000). Além disso, devem ser respeitadas as seguintes restrições:

$$(a) f_{p,t,s} = 1 \rightarrow s \in (P_p \cap T_t);$$

$$(b) \sum_{p=1}^m f_{p,t,s} \leq 1 \forall t = 1, \dots, n \quad s \in H;$$

$$(c) \sum_{p=1}^m f_{p,t,s} \leq 1 \forall p = 1, \dots, m \quad s \in H.$$

Para Souza (2000), a restrição (a) assegura que exista um encontro entre um professor e uma turma somente se ambos estiverem disponíveis no horário. As restrições (b) impedem que alguma turma tenha mais do que um professor em um dado horário e o conjunto de restrições (c), por sua vez, assegura que nenhum professor ensina para mais de uma turma simultaneamente.

Além do modelo original, o presente trabalho leva em consideração a preferência de professores e alunos. Para tal, foram definidos critérios, a saber:

- Redução do número de horários vagos entre as aulas (as janelas);
- Impossibilidade de alocar aulas nos horários especificados como indesejáveis pelo o professor, de forma a reduzir a insatisfação do mesmo;
- Agrupamento das aulas dos professores, reduzindo o número de dias com aulas.

Com base em tais critérios, foram propostos novos objetivos, em que uma penalidade é atribuída a cada violação de uma preferência, o que afeta diretamente a qualidade da solução final. Dessa forma, mesmo que duas soluções atendam às restrições do problema, uma poderá ser escolhida pelo menor grau de violação das preferências.

Modelo Proposto

A função objetivo é avaliada com base em uma série de indicativos relativos a professores e alunos.

Mais especificamente, utiliza-se de uma variável para armazenar o somatório sobre todos os professores, das restrições, com seus respectivos pesos, listados na Tabela 1, as quais referem-se à alocação para cada professor e/ou turma de alunos.

Otimizar o problema de alocação de horários é otimizar o resultado da função objetivo. E a forma de mensurar isso é encontrando uma solução que traga os menores valores para a variável que armazena o somatório das violações das restrições, essa solução também não deve gerar conflitos de horários dos professores e todas as aulas das turmas devem ser alocadas em algum horário.

O Quadro 1 apresenta uma breve explanação sobre variáveis utilizadas na formulação. Certos padrões foram empregados na nomenclatura das variáveis, para melhor a visualização. Os índices sobrescritos indicam dia ou *slots* de aulas. Os índices subscritos indicam os números de componentes específicos como professores ou turmas. As variáveis binárias de decisão são compostas por uma ou duas letras minúsculas. As variáveis inteiras de decisão são siglas formadas por letras maiúsculas. As constantes são formadas por um prefixo em letras minúsculas seguidas de uma sigla em maiúsculo.

A função objetivo (equação (1)) do modelo envolve o somatório das penalidades que foram calculadas pelas restrições apresentadas. Bem como, a função objetivo (equação (2)) trata de minimizar a diferença entre as aulas a serem alocadas e as aulas que foram alocadas para todas as turmas. Um quadro de horários tem sua qualidade medida através do total de penalidades encontradas no quadro, que todas as aulas sejam alocadas e que não tenha nenhum conflito de horários. Portanto, por tratar-se de um problema de otimização multiobjetivo, existe o interesse em se minimizar essas penalidades, alocar todas as aulas e evitar o conflito de horários.

$$\text{Min} \sum_{p=1}^P PEDAS_p + \sum_{p=1}^P PBP_p + \sum_{t=1}^T PBT_t \quad (1)$$

$$\text{Min} numAS - \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^{numAS} x_t^{d,s} \quad (2)$$

Para testar a eficácia da formulação, foi desenvolvido um cenário respeitando as restrições impostas no capítulo anterior, atribuindo as penalidades, em caso de violação, conforme os pesos descritos na Tabela 1.

Testes Computacionais

Os cenários de testes foram desenvolvidos em linguagem Matlab. No quadro de horários, existem 5 dias letivos por semana, composto cada um por 3 faixas de horários (*slots*). O cenário foi testado com duas turmas e um número de 8 professores, distribuídos em 16 disciplinas.

Para os testes utilizou-se uma tabela de disponibilidades para os professores e uma tabela de disponibilidades das turmas onde todos estavam, inicialmente, disponíveis em todos os *slots* de aula. Depois a tabela de disponibilidades dos professores foi alterada colocando indisponibilidades aleatórias e que retornasse soluções de quadro de horários factíveis.

Para a alocação das aulas satisfazendo os objetivos e otimizando as preferências, utilizou-se uma heurística construtiva que sorteia certo *slot* de horário e marca os *slots* próximos a ele de forma que aumenta a probabilidade de que esses *slots* marcados fossem os próximos a serem sorteados.

Foram desenvolvidos dois tipos de cenário, nos dois as penalidades são computadas da mesma forma, seguindo os critérios definidos no modelo. No primeiro cenário, executou-se o algoritmo sem fazer o tratamento de otimização das preferências de professores e alunos. Já no segundo cenário, o algoritmo tratou de otimizar as preferências de professores e alunos.

Conclusão



O objetivo principal do trabalho foi propor um modelo multiobjetivo para o problema de alocação de horários que busque otimizar a preferência de professores e alunos. A formulação matemática foi testado com um cenário fictício e mostrou-se adequada para atendimento dos objetivos do presente trabalho. Pela formulação, foi possível produzir soluções de qualidade dado os valores de entrada, como a carga horária dos professores, disponibilidade da turma e dos professores, qual quantidade de dias com aulas dadas de preferência dos professores. Além de entregar quadros de horários factíveis.

Referências Bibliográficas

COLORNI, A.; DORIGO, M.; MANIEZZO, V. Metaheuristics for high school timetabling. *Computational Optimization and Applications* 9, 1998, p. 275–298.

FONSECA, G. H. G. Formulations and Algorithms for Timetabling. (Programa de Graduação em Engenharia Elétrica) - UFMG, Belo Horizonte, 2017.

LACERDA, A. S. M.; SOUZA, B. R. N.; SANTOS, F. A. P. A.; OLIVEIRA, J. E. B.; GIMENES, V. H. S. Proposta de um modelo baseado em preferências para o problema de alocação de horários. In: X Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão, 2016, Montes Claros - MG. Anais do X Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão, 2016.

SCHAEFER, A. A Survey of Automated Timetabling. *Artificial Intelligence Review*, v.13, pp. 87-127, 1999.

SILVA, A. R. V. Uma formulação matemática para o problema da alocação de horários em um curso universitário: um estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014, Salvador-BA. Anais do XLVI SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014.

SOUZA, M. J. F. Programação de horários em escolas: uma aproximação por metaheurísticas. Ano 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

XAVIER, B. M.; DA SILVA, A. D.; VIANNA, D. S.; COSTA, H. G.; COELHO, W. B. Uma Proposta para Alocação de Horários de Professores e Turmas em Instituições de Ensino Superior Utilizando uma Heurística VNS/VND. In: XLV SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2013, Natal - RN. Anais do XLV SBPO, 2013.

Tabela 1 - Componentes da função objetivo, com seus respectivos pesos padrão

Componentes	Peso	Descrição
Janelas	3	Número de horários ociosos entre dois horários de aula na agenda diária do professor ou da turma
Excesso-aulas	10	Quantidade de dias com aula do professor acima do que foi especificado por ele

Quadro 1 - Variáveis da formulação matemática e seus significados

Variável	Significado
$PEDAS_p$	Penalidade por excesso de dias com aula por semana do professor p
PBP_p	Penalidade por janela do professor p
PBP_t	Penalidade por janela da turma t
$numAS$	Número de aulas a serem alocadas