

Heurísticas de Construção no Problema de Tabela-Horário de Universidades

Renan Costalonga Monteiro¹, Edmar Hell Kampke¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Alto Universitário, s/nº - Cx. Postal 16, Guararema – CEP: 29500-000 – Alegre-ES

renanmonteiro@msn.com, edmar.kampke@ufes.br

Abstract. *The University Timetabling Problem is of great importance in the academic environment and it is also a very complex and wearing process. The difficulty is related to finding a solution that meets the needs of the involved parts as best as possible. Due to the elevated amount of constraints, finding a good initial solution is a fundamental stage in the exploration of the solution-searching space. Some constructive heuristic methods can be adapted specifically for the adopted formulation. Therefore, this paper presents some constructive heuristic methods to solve the problem and also evaluates the quality of the built solution.*

Resumo. *O Problema de Tabela-Horário em Universidades (PTHU) possui grande importância no ambiente acadêmico, pois é um processo complexo e desgastante. A dificuldade está relacionada a encontrar uma solução que atenda os anseios dos envolvidos da melhor forma possível. Devido o grande número de restrições impostas, encontrar uma solução inicial de boa qualidade se torna uma etapa primordial na exploração do espaço de busca de soluções. Para o PTHU alguns métodos heurísticos construtivos podem ser adaptados especificamente para a formulação adotada. Portanto, este trabalho apresenta alguns métodos heurísticos construtivos para o PTHU, e avalia a qualidade da solução construída.*

1. Introdução

Os problemas de programação (*scheduling*) são problemas clássicos da área de otimização combinatória, pois lidam com a alocação de recursos, respeitando algumas restrições e maximizando (ou minimizando) uma função matemática. Dentre os problemas de *scheduling*, os Problemas de Tabela-Horário (PTH) possuem destaque.

Segundo [Schaerf 1995] e [Souza et al. 2001], os PTH da área educacional podem ser especificados em três categorias: PTH de Escolas de Ensino Médio, PTH de Universidades e PTH de Exames Finais. O Problema de Tabela-Horário de Universidades (PTHU) consiste em alocar uma sequência de encontros entre professores e alunos em um período prefixado de tempo, satisfazendo a um conjunto de restrições [Souza et al. 2001].

O PTHU possui uma das mais altas complexidades da área de otimização combinatória e esta aumenta à medida em que são adicionadas novas restrições. Segundo [Schaerf 1995] o problema é classificado como NP-Difícil para a maioria das formulações, e assim, uma solução exata só pode ser garantida para instâncias pequenas, o que não corresponde à realidade da maioria das instituições de ensino.

Neste trabalho foi utilizada a terceira formulação proposta pelo *International Timetabling Competition* realizado em 2007 (ITC-2007), conforme descrito em [PATAT 2007]. A principal razão da escolha dessa formulação é que ela possui um conjunto de instâncias que se aproximam da realidade de grande parte das universidades brasileiras, além de ser muito utilizada em outros trabalhos na literatura.

Para encontrar a melhor solução possível, é desejável a satisfação de toda as restrições. Entretanto, nem sempre é possível atendê-las totalmente. Por isso, as restrições são classificadas de acordo com sua importância. De acordo com [Santos and Souza 2007], usualmente são utilizados dois grupos:

- **Restrições Fortes:** Devem ser obedecidas a qualquer custo. O não atendimento de alguma dessas restrições inviabiliza a solução.
- **Restrições Fracas:** A satisfação dessas restrições é desejável, porém, o não atendimento não inviabiliza a solução.

Devido a importância do problema e a dificuldade de se resolvê-lo, existe a necessidade de propor algoritmos com diferentes abordagens, que produzam soluções satisfatórias para o problema em tempo viável, independente do tamanho da instância.

Uma solução viável de qualidade é aquela que minimiza a violação das restrições fracas. A relevância da solução final está estreitamente relacionada com a estratégia de construção adotada para a solução inicial. A partir disso, o propósito deste trabalho é apresentar diferentes abordagens na construção de uma solução inicial para o PTHU e avaliar a qualidade das soluções.

2. Solução Inicial

Na etapa de construção de uma solução inicial para o PTHU podem ser utilizadas diferentes heurísticas construtivas. Nesta seção são apresentadas duas heurísticas propostas na literatura. Ambos os métodos tem como objetivo construir uma tabela-horário (solução) válida e que minimize a violação das restrições fracas.

2.1. Heurística Construtiva Gulosa e Aleatória - HCGA

O método de construção proposto por [Kampke et al. 2015] tem como objetivo produzir soluções viáveis de qualidade, mas também de forma diversificada.

Essa heurística recebe como parâmetro de entrada o conjunto L de aulas a serem alocadas e que irão formar a solução. Partindo de uma tabela-horário s vazia, escolhe-se a aula l ($l \in L$) com menor número de horários viáveis disponíveis. A partir disso, é calculado o custo de alocação de l em todos os *timeslots* (horários e salas) disponíveis.

Uma lista C é formada com os *timeslots* que possuem menor custo de alocação. A quantidade de elementos presentes em C é definida pelo parâmetro α ($0 \leq \alpha \leq 1$), que determina o quanto guloso e aleatório o algoritmo será. Com α próximo de 0, somente os elementos com menor custo são escolhidos para formar C , obtendo assim, soluções de qualidade porém pouco diversificadas. Quando α se aproxima de 1, elementos com maior custo também são escolhidos para entrar em C , resultando assim em soluções variadas e de pouca qualidade.

O *timeslot* em que l será alocada é escolhido aleatoriamente de C . Após isso l é removida de L . O método é executado iterativamente e termina quando L estiver vazia.

[Kampke et al. 2015] implementa também um procedimento denominado *exploração*, que é executado se a aula l não possui nenhum horário disponível para ser alocada. Nesse caso, uma aula já alocada em s é escolhida aleatoriamente, e removida de s para dar espaço para l . A aula removida é então adicionada novamente em L .

2.2. Heurística Construtiva Totalmente Gulosa - HCTG

Descrito por [Lü and Hao 2010], essa heurística tem como propósito a construção de soluções de alta qualidade. Partindo de uma tabela-horário s inicialmente vazia, enquanto existirem aulas ainda não alocadas, são realizadas duas operações distintas: primeiro é escolhida uma aula ainda não alocada e logo após é selecionado um *timeslot* em que será realizada a alocação. As escolhas são feitas seguindo as seguintes definições sobre s :

- $apd_i(s)$: Total de horários livres para uma disciplina i em s .
- $aps_i(s)$: Total de *timeslots* disponíveis para uma disciplina i em s .
- $nl_i(s)$: Total de aulas não alocadas da disciplina i em s .
- $uac_{i,j}(s)$: Total de aulas das disciplinas ainda não alocadas completamente que se tornam indisponíveis para alocação no horário j após a inserção de uma aula da disciplina i no horário j .

Sobre a tabela-horário parcial s , primeiramente é escolhida uma aula não alocada de uma disciplina, de acordo com os seguintes critérios:

1. É escolhida a disciplina com o menor valor de $apd_i(s) / \sqrt{nl_i(s)}$.
2. No caso da existência de múltiplas disciplinas com o mesmo valor, é escolhida a disciplina com o menor valor de $aps_i(s) \sqrt{nl_i(s)}$.
3. Se ainda persistir a ocorrência de mais de uma disciplina com o menor valor, é escolhida a disciplina com maior valor de $conf_i$, sendo $conf_i$ o número de disciplinas que compartilham estudantes ou professores com a disciplina i . Se por fim ainda houver empates, é resolvido seguindo a ordem alfabética do nome da disciplina.

Após a escolha da disciplina i , escolhe-se o *timeslot* em que a aula selecionada l_i será inserida. Para isso, é escolhido o horário j e sala k com o menor valor da função $g(j,k)$, sendo:

$$g(j, k) = k_1 \times uac_{i,j}(s) + k_2 \times \Delta f_s(i, j, k) \quad (1)$$

Em que $\Delta f_s(i, j, k)$ representa o valor da penalidade das restrições fracas sobre a possível alocação da aula l_i no horário j e sala k . Os pesos k_1 e k_2 são relativos as restrições fortes e fracas, respectivamente, e $uac_{i,j}(s)$ representa o número de aulas das disciplinas ainda não totalmente alocadas, que se tornam inviáveis para alocação no horário j após a possível inserção da aula l_i no horário j e sala k .

3. Conclusões

Este trabalho apresentou dois métodos heurísticos construtivos distintos para o PTHU. Testes computacionais com as instâncias utilizadas no ITC-2007 foram realizados para avaliar qualidade das soluções construídas. Ambos os métodos foram testados para todas as instâncias, utilizando $\alpha = 0.5$ para obter soluções parcialmente aleatórias e gulosas na execução da HCGA e $k_1 = 1.0$ e $k_2 = 0.5$ na execução da HCTG.

Na maior parte das instâncias a solução construída pela heurística HCTG, proposta por [Lü and Hao 2010], teve qualidade superior. Na execução dos métodos, para a maior instância disponível, HCTG apresentou desempenho médio 36% superior a HCGA.

Analisando o comportamento dos algoritmos, nota-se que ambas heurísticas levam em consideração as penalidades das restrições fracas durante a escolha da aula a ser alocada. No entanto, a heurística HCTG, adicionalmente leva em consideração o impacto que a possível alocação terá, na tabela-horário parcialmente construída, em iterações futuras. Assim a heurística HCTG evita o cenário em que uma aula ainda não alocada ficará sem horários viáveis para a alocação nas próximas iterações. Com isso, não há necessidade da criação do procedimento de *explosão*, implementado em HCGA.

Vale ressaltar que o procedimento *explosão* garante que as soluções construídas pela HCGA serão viáveis, enquanto que as soluções construídas pelo HCTG não possuem essa garantia. Apesar disso, os testes computacionais demonstram que a heurística HCTG constrói soluções viáveis para todas as instâncias de teste do ITC-2007.

Dessa forma, esse trabalho apresentou duas heurísticas de construção de soluções para o PTHU, mostrando as principais diferenças entre elas, inclusive em termos de qualidade da solução construída. A partir disso, como trabalho futuro, será possível combinar essas heurísticas com métodos de busca local na intenção de encontrar soluções de maior qualidade.

Agradecimento: Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES (processo 67656021/2014) pelo apoio financeiro.

Referências

- Kampke, E. H., de Souza Rocha, W., Boeres, M. C. S., and Rangel, M. C. (2015). A grasp algorithm with path relinking for the university courses timetabling problem. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, 3(2).
- Lü, Z. and Hao, J.-K. (2010). Adaptive tabu search for course timetabling. *European Journal of Operational Research*, 200(1):235–244.
- PATAT (2007). International timetabling competition. URL: <http://www.cs.qub.ac.uk/itc2007>.
- Santos, H. G. and Souza, M. J. F. (2007). Programação de horários em instituições educacionais: Formulações e algoritmos. In *Anais do XXXIX SBPO-Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, number 1, pages 2827–2882.
- Schaerf, A. (1995). A survey of automated timetabling. *Artificial Intelligence Review*, 13:87–127.
- Souza, M. J. F., Maculan, N., and Ochi, L. S. (2001). A grasp-tabu search algorithm to solve a school timetabling problem. In *Proceedings of The Fourth Metaheuristics International Conference (MIC2001)*, pages 53–58.