

# Gerador de Grade de Horário Escolar por meio de Múltiplas Metaheurísticas GRASP

**Dirceu Scaldelai**

Universidade Estadual do Paraná - Departamento de Matemática  
Campus de União da Vitória  
84600-000, União da Vitória, PR  
E-mail: dirceuscaldelai@gmail.com

**Adriano Vitor**

Instituto Federal de Santa Catarina - Departamento de Matemática  
88075-010, Florianópolis, SC  
E-mail: adriano.vitor@ifsc.edu.br

**Resumo:** *O presente trabalho objetiva discutir o desenvolvimento de um software denominado GGHE que resolva um timetabling, ou problema de grade de horário escolar, por meio da implementação de múltiplas metaheurísticas GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) em linguagem de programação Object Pascal na plataforma Delphi Enterprise Versão 7.0. O software tem como função primária a formulação das grades de horários das escolas públicas da rede estadual de ensino do estado do Paraná que ofertam os anos finais do ensino fundamental e ensino médio, a fim de auxiliar o gestor escolar na árdua tarefa que se constitui a construção da grade de horário a cada início de período letivo. A validação preliminar realizada em uma escola evidencia a adequabilidade e eficiência do software aos objetivos aos quais se propõe.*

**Palavras-chave:** *GGHE, metaheurísticas GRASP, Grade de horário*

## 1 Descrição do Problema

A cada início de período letivo as instituições de ensino têm a difícil tarefa de construir seus quadros de horários, alocando cada professor nas respectivas turmas e períodos. Para realização dessa tarefa, o responsável necessita levar em consideração os anseios pedagógicos da escola, os recursos disponíveis, os horários de disponibilidade dos professores, as particularidades de cada professor, entre outras restrições.

Apesar de todos os avanços tecnológicos a maioria das escolas não conta com um sistema de apoio e ainda formula suas grades de horários manualmente, sendo essa uma tarefa árdua e custosa, já que sua realização demanda muito tempo, concentração e empenho do servidor responsável por ela. Além disso, por vezes mesmo depois de finalizada, a grade de horários pode não atender a todas as necessidades de professores, escola e alunos, pois a elaboração manual está sujeita a falhas devidas à complexidade de sua elaboração e ao primitivismo dos recursos empregados. Dessa forma, faz-se necessária a automatização deste processo de construção de grades de horários, o que sugere o desenvolvimento de softwares específicos para esta finalidade.

O problema de formulação de grade de horários para escolas (timetabling) caracteriza um problema clássico de otimização combinatória, que é um ramo da ciência da computação e da matemática aplicada que estuda problemas de otimização em conjuntos finitos. Suas aplicações ocorrem nas mais diferentes áreas, como escalonamento e roteamento de veículos, alocação de trabalhadores ou máquinas, corte de barras e placas, classificação de animais, etc., [2].

No presente trabalho, a solução de um timetabling, no contexto da otimização combinatória, consiste em gerar uma tabela de horários, que busca minimizar os conflitos de horários de professores com as turmas, maximizar preferências por dias ou períodos de trabalhos, compactar horários de professores e alunos ou desmembrar tais horários, visto que há professores que preferem aulas geminadas enquanto outros preferem aulas não-geminadas e minimizar janelas de tempo ocioso tanto de professores quanto de alunos. Dessa forma, a solução de um timetabling, consiste em minimizar ou maximizar uma função objetivo respeitando um conjunto de restrições, divididas em dois grupos: restrições fortes e restrições fracas [1]. As restrições fortes devem ser satisfeitas a qualquer custo, sendo que sua insatisfação incorre na infactibilidade do problema. Dentre as restrições fortes para o sistema, tem-se:

- Não permitir a alocação de mais de um professor em uma mesma turma em um mesmo horário;
- Atender integralmente a matriz curricular de cada turma;
- Atender integralmente a carga horária semanal do professor;
- Atender as impossibilidades de horários de professores.

As restrições fracas são restrições que não necessariamente precisam ser cumpridas para que o sistema encontre uma solução factível, porém o seu não cumprimento piora o valor da função objetivo, isto é, a solução encontrada não será a ótima. Dentre as restrições fracas pode-se enunciar:

- Preferências de professores por aulas geminadas ou não-geminadas;
- Respeitar o número máximo de aulas de uma mesma disciplina em um único dia;
- Existência de janelas entre os horários;
- Número excessivo de dias de vínculo do professor com a escola.

Para este tipo de problemas (timetabling), há uma variedade enorme de propostas de soluções e métodos que podem ser utilizados, pois devido à complexidade do espaço de busca de soluções, à medida que uma nova variável é inserida ou uma nova restrição é incorporada, esse espaço de busca cresce exponencialmente [3].

## 2 GRASP

O Método GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) é uma metaheurística que pode ser descrita de uma forma geral como um método iterativo probabilístico, segundo [4], a cada iteração este método é composto de duas fases. A primeira fase constitui a construção de uma solução inicial factível para o problema, através de um procedimento aleatório guloso (greedy). Nesta fase, é criado um conjunto de elementos ou uma lista de candidatos para compor a solução inicial. Desta lista é selecionado aleatoriamente um elemento que é adicionado ao conjunto solução, de forma a não violar restrições fortes do problema. O elemento designado para a solução é retirado da lista de candidatos, a qual é atualizada, de modo a possibilitar a repetição do procedimento. Repete-se este procedimento até que a solução inicial factível tenha sido construída de forma gulosa.

A segunda fase do GRASP é a busca local, que objetiva pesquisar um mínimo local na vizinhança da solução construída na fase inicial. A solução inicial é investigada até que se encontre uma solução ótima ou considerada satisfatória, de acordo com um critério de parada predeterminado. As iterações do GRASP são independentes, ou seja, a iteração atual não leva em consideração as anteriores, o que possibilita ao método a ultrapassar mínimos locais. A seguir é apresentado um pseudocódigo do algoritmo GRASP.

---

**Procedimento GRASP()**

---

1. DadosEntrada();
  2. **ENQUANTO** "Critério de parada não for satisfeito" **faça**
  3.     ConstSolInicGulosaAleatória(Sol);
  4.     BuscaLocal(sol,Viz(sol));
  5.     AtualizSol(sol,melhorSolEnc);
  6.     **FimEnquanto**;
  7.     Retorna(MelhorSolEnc);
- Fim GRASP**;
- 

Pseudo código GRASP

---

### 3 O Software GGHE

O *software* GGHE (Gerador de Grade de Horário Escolar, Figura 1) foi desenvolvido em linguagem de programação Object Pascal na plataforma *Delphi Enterprise* Versão 7.0. que integra um IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente Integrado de desenvolvimento). O *software* desenvolvido utiliza como editor de bancos de dados o *Database Desktop*, que é um programa que o *Delphi* traz como recurso para criação e manipulação de tabelas do tipo *Paradox* [5].

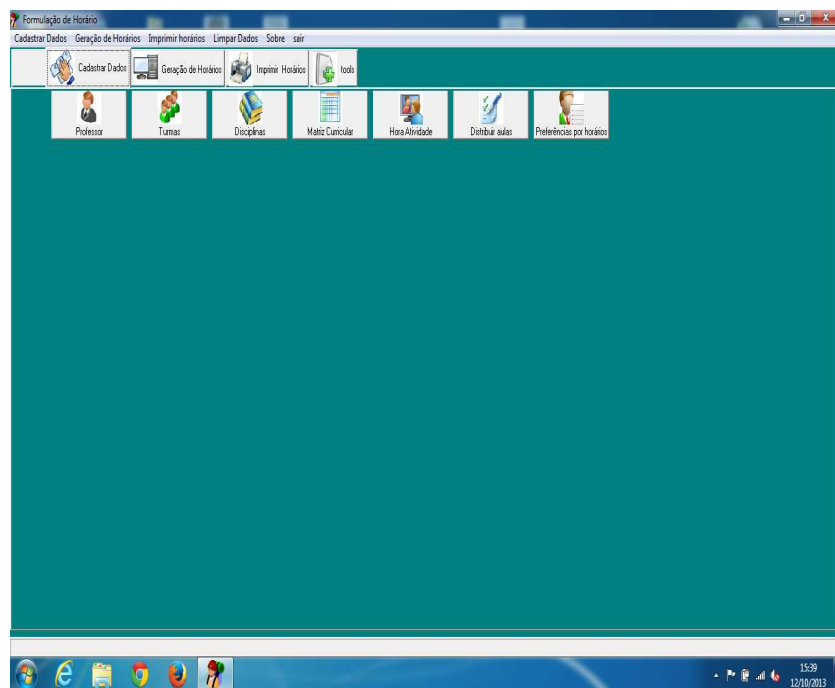


Figura 1: Tela inicial do GGHE

O software foi desenvolvido para trabalhar com a construção de grades de horários para os três períodos mais comuns de funcionamento de uma instituição de ensino da rede pública do estado do Paraná, quais sejam: matutino, vespertino e noturno. Assim foi desconsiderada a existência de algum outro período intermediário ou diferentes destes. Além da divisão em períodos o GGHE foi subdividido em três partes principais, (i) a entrada dos dados, (ii) a construção das grades e (iii) a saída dos resultados.

- (i) A entrada dos dados consiste em informações dos professores, das turmas, disciplinas ofertadas, da matriz curricular de cada uma das turmas, a distribuição das aulas entre os

professores, do número de horas-atividade e o período de preferência de trabalho de cada um dos professores.

- (ii) A Construção das grades é realizada por meio da execução de múltiplas metaheurísticas GRASP, o que constitui a parte fundamental, o centro de todo o processo de construção dos quadros de horários.
- (iii) Por fim, a saída dos resultados se dá por meio da impressão de relatórios, ou visualização das grades de horários na tela, o que pode ocorrer de acordo com dois critérios: por turma e por professor.

### 3.1 Formulação das Grades de horário

A formulação das grades de horário é a parte fundamental do software GGHE, a qual está dividida em 2 partes: a avaliação de factibilidade dos dados cadastrados e a formulação das grades por meio das multiplas metaheurísticas GRASP.

- **Etapa 1:** o GGHE constrói um horário inicial factível por meio de um algoritmo guloso;
- **Etapa 2:** o GGHE busca organizar o horário encontrado na etapa 1, por meio da metaheurística GRASP, visando evitar que professores lecionem mais de duas aulas em uma mesma turma em um mesmo dia;
- **Etapa 3:** partindo da solução encontrada na etapa 2 o software, por meio da metaheurística GRASP, busca organizar o horário de forma que nenhum professor tenha mais que cinco aulas num único dia;
- **Etapa 4:** partindo da solução da etapa 3 o GGHE por meio da metaheurística GRASP, busca satisfazer a necessidade de professores que preferem aulas não-geminadas, isto é, não gostam de lecionar numa mesma turma por duas aulas seguidas. Esta constitui uma restrição fraca, cujo não cumprimento não incorre na infactibilidade do problema;
- **Etapa 5:** semelhante à etapa 4, a etapa 5 se refere a uma restrição fraca do problema de geração de grades de horários, na qual busca-se satisfazer a preferência de professores por aulas geminadas. Assim, seu não cumprimento apenas acarreta um aumento da função objetivo e não a infactibilidade do problema;
- **Etapa 6:** esta última etapa possui duas funções simultâneas: evitar os choques de horários e minimizar o número de aulas separadas dos professores que possuem duas aulas em uma mesma turma em um mesmo dia. Para essa última, é executado um algoritmo para juntar todas as aulas que estejam separadas de um mesmo professor, em seguida um outro algoritmo que a partir de um processo aleatório, troca as aulas de professores que estejam lecionando em duas turmas ao mesmo tempo até que não haja mais nenhum choque de horário, visto que esta é uma restrição forte. Ao fim, o GGHE fica com a iteração que não apresenta choque de horários e o menor de número de aulas separadas.

As interligações entre as 6 etapas estão esquematizada na Figura 2.

## 4 Validação do GGHE

Para validar a eficiência do software GGHE, foi realizada a formulação da grade de horários de uma escola, tendo como base os dados do colégio Estadual Neusa Domit Ensino Fundamental e Médio. O colégio esta localizado na avenida Wilson Alves 680, no distrito de São Cristóvão, bairro São Braz, município de União da Vitória, Paraná. O mesmo possui dualidade administrativa com a escola municipal Melvin Jones.

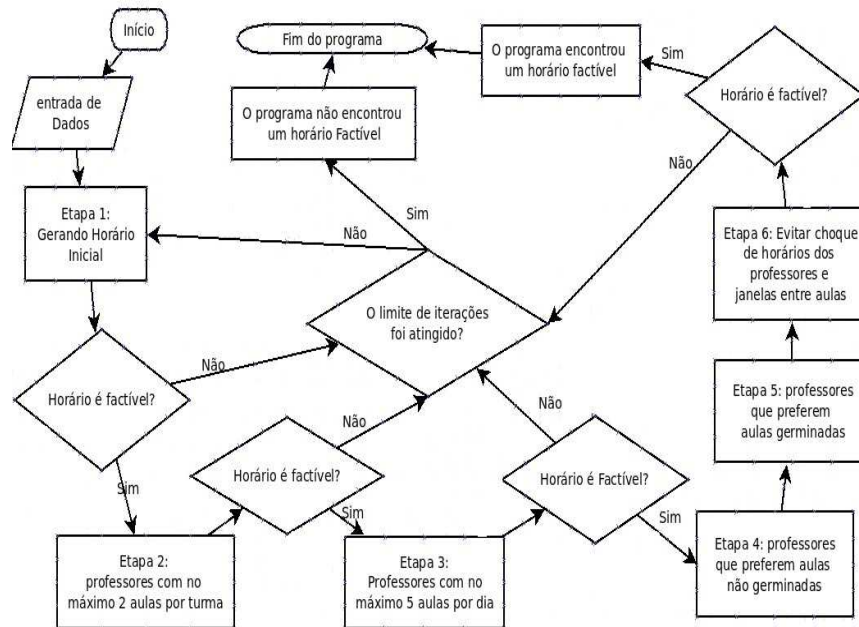


Figura 2: Fluxograma do software Gerador de Grade de Horário Escolar

O colégio funciona nos três períodos (matutino, vespertino, noturno), na modalidade de ensino regular, e atua nos anos finais do ensino fundamental e ensino médio. Para a validação do software foram utilizados os dados referentes ao segundo semestre letivo do ano de 2013 do período vespertino, o qual abrange anos finais do ensino fundamental, isto é, do 6º ao 9ºano. No período em questão havia 4 turmas de 6ºano, 2 turmas de 7ºano, 2 turmas de 8ºano e 1 turma de 9ºano. Isso totaliza 9 turmas com 5 aulas por dia, durante 5 dias na semana, o que contabiliza 225 aulas semanais ofertadas pelo colégio, as quais deveriam ser distribuídas entre 20 professores das diferentes disciplinas que integram a matriz curricular do ensino fundamental.

Para uma melhor observação da sua eficiência, o mesmo foi executado 10 vezes tendo em conta verificar a variação das soluções encontradas. Nessas execuções foram avaliados o valor da função objetivo (FO), o tempo de duração do processo e o número de aulas não conjugadas em um único dia, os resultados obtidos estão descritos na Tabela 1.

Execuções	FO	Tempo	número de aulas não conjugadas				
			segunda	terça	quarta	quinta	sexta
1	329	03:27	0	1	0	0	0
2	337	05:53	0	0	0	0	0
3	329	06:34	1	1	0	0	0
4	329	01:36	0	0	0	1	0
5	345	05:41	0	0	0	0	0
6	297	06:40	1	0	1	0	0
7	377	15:55	0	0	1	1	0
8	329	02:04	0	0	0	0	0
9	345	08:27	1	1	0	1	0
10	321	06:38	1	0	0	0	0
média	333,8	06:16					

Tabela 1: Resultados das execuções do GGHE

Pelos resultados da Tabela 1, pode-se observar que o tempo de execução nas diferentes

repetições foi bem variável, visto que o processo de geração das grades de horários depende de processos aleatórios. Porém em média o tempo gasto é aceitável para a elaboração da grade das 9 turmas analisadas. A função objetivo alcançada pelo GGHE também é considerada satisfatória, visto que foram encontradas soluções factíveis em todas as repetições. Considerando as 9 turmas, com uma carga horária de 25 horas semanais, tem-se um valor mínimo para a função objetivo de 225, valor este que é acrescido de acordo com o não atendimento às solicitações dos professores por aulas conjugadas e não-conjugadas ou, em alguns casos a número de aulas separadas em um mesmo dia, em que o GGHE acrescenta à função objetivo um valor de 5. Outro fator a ser considerado na Tabela 1 e o número de aulas separadas de um mesmo professor em um único dia, sendo o número máximo obtido de 1 aula, o que é extremamente aceitável.

## 5 Considerações Finais

Neste trabalho apresentou-se o software GGHE, desenvolvido para gerar grades de horário para escolas da rede pública do estado do Paraná ou demais escolas que apresentem estrutura curricular semelhante. O software está pautado em aplicações de múltiplas metaheurísticas *GRASP* e de uma interface amigável, tendo em conta facilitar o trabalho do gestor escolar no concerne à estruturação das grades de horários que, de modo geral, ainda são realizadas de forma manual.

É evidente que os resultados foram satisfatórios para o caso da escola analisada, porém acreditamos que o desenvolvimento de um software representa um trabalho que nunca está concluído. Ele pode ser constantemente aprimorado e atualizado, além da possibilidade de implementação de novas heurísticas com intuito de se obter soluções otimizadas e em menor tempo. Isto justifica a continuidade do desenvolvimento do projeto.

## Referências

- [1] G.H.G. Fonseca, R.G. Ribeiro F.V.C. Martins, “Uma Abordagem Híbrida de SAT e Busca Tabu para o Problema da Programação de Horários Escolares”, In XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2011, Ubatuba/SP, Anais XLIII SBPO pp.591-601.
- [2] C.D.L Hamawaki, “Geração Automática de Grade Horária Usando Algoritmos Genéticos: O Caso da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU”, Dissertação de Mestrado, UFU, 2005.
- [3] Jacob Junior, A. F. L. ; ROCHA, C. A. J. da . “AGHORA: Algoritmos Genéticos para Geração de Horários de Aula”, In: XIX SEPAI - Semana Paraense de Informática e Telecomunicações e II CTIC - Congresso de Tecnologia da Informação e Telecomunicações - Regional Pará, 2005, Belém, Pará. Anais do XIX SEPAI / II CTIC, 2005. v. 1. p. 11-21.
- [4] A.V. Moura, R.A. Scaraficci, R. Lamare, V. Santos. “Técnicas Metaheurísticas Aplicadas à Construção de Grades Horárias Escolares”. In: XXXVI SOBRAPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2004, São João del-Rei, 2004, p. 1319-1330.
- [5] C.C. D. Silva, & E. A. D., Paula, “Delphi 7, Desvendando os Mistérios, 1ª edição”, VIENA, Santa Cruz do Rio Pardo, 2007.