

Alocação de Grade Horária em Instituições de Ensino Superior Utilizando Algoritmos Genéticos

Cristiane Divina L. Hamawaki¹, Keiji Yamanaka¹, Rodrigo C. Oliveira¹, Osvaldo T. Hamawaki²

¹Faculdade de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Caixa Postal 593 – 38400 –902 Uberlândia – MG – Brazil

²Instituto de Ciências Agrárias– Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Caixa Postal 593 – 38400 –902 Uberlândia – MG – Brazil

{. crishamawaki@yahoo.com.br, keiji@ufu.br,
rodrigo_ceoli@yahoo.com.br, hamawaki@umuarara.ufu.br}

Abstract. *The objective of this study was to develop a genetic representation for the problem of creating a class schedule for a given institution, considering resources limitation, and using Genetic Algorithms to reach a viable solution, where there was a specific case of staggering: Class Schedule, after the requirements of the education institution were established, FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU – Universidade Federal de Uberlândia – MG. The techniques jointly used allowed the achievement of a desired solution, for the problem, and as far as the application base don a case study, it can be concluded that the approach used has an acceptable result, which can be used in education institutions that have restrictions and problems with faculty acceptance, in the relation to the class schedule to be established.*

Resumo. *O objetivo deste trabalho é desenvolver uma representação genética para o problema de geração de horário de uma instituição, levando em consideração a limitação dos recursos, utilizando Algoritmos Genéticos para alcançar uma solução viável, tratando de um caso específico de escalonamento: Grade Horária Escolar, estabelecidas as exigências oriundas da instituição de ensino FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU – Universidade Federal de Uberlândia – MG. As técnicas implementadas em conjunto, favorecem a obtenção de uma solução desejada para o problema, e em relação à aplicação baseada no estudo de caso, pode-se concluir que a abordagem implementada tem um resultado satisfatório, podendo ser utilizada em instituições de ensino que possuam restrições e problemas com a satisfação do corpo docente, em relação a grade horária a ser estabelecida.*

1. Introdução

O problema de alocação de horários escolares é amplamente conhecido pela sua complexidade dada a necessidade de conciliar diversos recursos, tais como professores, disciplinas, entre outros, que fazem com que o problema se apresente com uma enorme complexidade (BRAZ, 2000).

A definição de Wren (1996) para o problema de *Timetabling*: um arranjo dentro de padrões de tempo ou espaço, no qual algumas metas são atendidas ou praticamente atendidas e onde restrições devem ser satisfeitas ou praticamente satisfeitas. Ele também pode ser caracterizado como um problema de otimização (MICHALEWICZ, 1996).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma representação genética para o problema de geração de horário de uma instituição, levando em consideração as características do problema de horários de aula, optando-se por desenvolver um modelo com base em algoritmos genéticos. O problema é reduzido a evolução de cromossomos, recorrendo-se a técnicas heurísticas para encontrar a solução ótima, tratando de um caso específico de escalonamento: alocação de grade horária escolar.

2. O Problema de Otimização Combinatorial e a Geração de Grade Horária Escolar

Uma tarefa comum em todas as instituições de ensino é a construção de horários de aulas para os docentes, atendendo as restrições tanto de professores e alunos, como de toda instituição envolvida. A solução do problema consiste em gerar uma tabela de horários, visando minimizar os conflitos, maximizar preferências, compactar horários de professores e alunos. O problema da elaboração de horários de aulas, admite uma enorme variedade de formulações e, por isso, para cada particular instituição se faz necessária uma definição precisa do problema específico sendo abordado.

Trata-se daquela tabela onde alunos/ professores verificam os dias e horários de cada “disciplina”. Na realidade existem três usuários principais: o aluno, que tem sua vida escolar guiada pelos horários nela contidos; o professor, que a tem como uma agenda de compromissos, pois é a partir dela que sabe em que classe deve estar e que disciplina deverá ser ministrada; a escola/instituição, que administra seus recursos humanos e materiais.

2.1. O Problema da Geração de Grade Horária Escolar

Em universidades turmas diferentes podem ter estudantes em comum. No nível superior, o aluno efetua inscrição não em uma turma nem em uma disciplina, mas ele o faz para o par. Nas universidades podemos considerar algumas características como seguem: um aluno pode assistir aulas em turmas distintas; um professor pode lecionar para várias turmas a mesma disciplina; é importante saber o tamanho das salas, pois as aulas podem acontecer em diversos lugares.

O ano acadêmico é dividido em dois semestres. Em cada semestre, um aluno conclui um período ou etapa do currículo. O horário é construído individualmente por cada curso, por período. A disponibilidade de cada professor é conhecida a priori, e é necessário que seus horários sejam condensados em dias da semana e horários previamente estipulados. Além disso, alguns professores lecionam para mais de um curso. Os alunos têm um número limitado de horários disponíveis ao dia, tem-se um horário básico semanal: 2ª a 6ª feira, manhã e tarde. São 60 *slots* disponíveis na semana.

3. Algoritmos Genéticos

Algoritmos genéticos são algoritmos de otimização global, baseados nos mecanismos de seleção natural e da genética (GOLDBERG, 1989). Apesar de

aleatórios, eles exploram informações históricas para encontrar novos pontos de busca, onde são esperados melhores desempenhos. Isto é feito através de processos iterativos, onde cada interação é chamada de geração.

Apesar de todas as questões em aberto, a computação evolutiva caminha rapidamente para consolidar-se como uma área de atuação científica e, portanto, tudo leva a crer que os algoritmos evolutivos tornar-se-ão em breve, parte permanente do conjunto de ferramentas de engenharia (GOLDBERG, 1998).

Um Algoritmo Genético deve conter os seguintes componentes: uma representação genética para soluções candidatas ou potenciais (processo de codificação); uma população inicial, gerada aleatoriamente; função de avaliação que faz o papel da pressão ambiental, classificando as soluções de acordo com sua adaptação ao meio; operadores genéticos; valores para os parâmetros genéticos (tamanho da população, probabilidades de aplicação dos operadores, entre outros) (CONCILIO, 2000).

3.1 Codificação do Indivíduo

Um dos principais elementos da etapa de implementação, é a codificação do indivíduo.

O indivíduo contém uma grade de horários, onde cada célula contém o código da disciplina com o professor responsável pela mesma. Cada indivíduo também contém o valor de *fitness* e o turno em que as disciplinas serão ministradas.

3.2 O Algoritmo

Nesta seção serão explicados os vários aspectos envolvidos na codificação e implementação deste projeto. A definição correta, tendo em vista o problema, de todos os parâmetros que seguidamente se descrevem são fundamentais para o bom funcionamento do Algoritmo Genético.

Por outro lado, é difícil conceber um algoritmo que tenha um bom desempenho em qualquer problema de geração de grade horária. Assim essa aplicação foi desenvolvida para fazer a alocação de horários do curso de graduação, em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

3.2.1 - Codificação Genética

A codificação genética é a base do Algoritmo Genético e deve ser o primeiro aspecto a ser pensado e definido. Uma má codificação detectada tarde demais, pode obrigar a refazer o trabalho todo ou então dificultar eventuais alterações, que sejam necessárias no futuro.

Visto que um cromossomo representa uma possível solução para o problema, este deve conter toda a informação relativa ao grupo de horários. Mas, com o objetivo de minimizar a dimensão do cromossomo, ele traz apenas as informações que não são mantidas constantes durante o processo de alocação.

3.2.2 - Inicialização da População

A inicialização da população faz-se, atribuindo valores aleatórios aos elementos das matrizes correspondentes aos *slots* que as disciplinas irão ocupar. Apesar de a

inicialização ser aleatória, ela não gera soluções inválidas o que comprometeria toda a evolução do algoritmo. Ou seja, no momento da inicialização o algoritmo não permite que disciplinas diferentes de uma mesma ênfase, e um mesmo período não ocupem o mesmo *slot*.

3.2.2.1 - Carga horária das disciplinas e ordenação

As disciplinas oferecidas pela faculdade possuem um número diversificado de carga horária semanal, seja ela teórica ou prática. De maneira geral essas disciplinas possuem número de aulas iguais a 1, 2, 3, 4, 5 e 6 onde cada aula possui duração de 50 minutos. No momento da inicialização deve ser levado em conta que as aulas devem estar distribuídas ao longo da grade horária, divididos em subgrupos, ou seja, as disciplinas cuja carga horária é 6 devem ser divididas em blocos de 2 aulas cada, as disciplinas de carga horária 5, em um bloco de 3 e outro de 2 aulas e as de carga horária 4, em dois blocos de 2 disciplinas. Uma vez alocados na inicialização, esses blocos permanecem sempre juntos, não sendo separados nem por ações dos operadores genéticos.

A fim de se evitar que o algoritmo entre em um *loop* infinito, assim que é feita a inicialização, deve-se fazer uma ordenação dos genes no cromossomo. Em cada uma das linhas de cada uma das matrizes constituintes do cromossomo deve-se alocar no início do vetor as disciplinas de carga horária 3, seguida das de 5, depois as de 6, 2 e 1. Lembrando que a ocorrência ou não de cada carga horária, possível para as disciplinas é extremamente diversificada em cada linha das matrizes.

3.2.2.2 – Simplificação

Na implementação do aplicativo foi adotada uma simplificação com relação à carga horária de certas disciplinas práticas oferecidas. Por exemplo, se determinada disciplina que possui carga horária igual a 2 e possuem 3 turmas dessas disciplinas, e por conveniência, essas aulas devem ser dadas no mesmo dia e no mesmo turno, essas 3 turmas serão consideradas como se fossem uma única disciplina de carga horária 6. Impedindo assim a violação de uma condição do processo de alocação de grade horária.

3.2.3 - Função de Aptidão

Para avaliar a qualidade de um cromossomo e conseqüentemente, do conjunto de horários correspondente é necessário contabilizar todas as violações, das restrições à alocação de horários. A cada restrição está associado um peso, determinado de forma experimental através de testes de convergência do algoritmo.

3.2.3.1 - Disponibilidade do professor

O principal fator para o cálculo da aptidão é o quanto à grade horária está de acordo com a disponibilidade dos professores. O aplicativo possui em sua base de dados uma tabela onde está armazenada a disponibilidade de cada um dos professores. Ao quadro horário dos professores são atribuídos, valores inteiros a cada um dos *slots* de acordo com a seguinte convenção: 0: horário não disponível; 1: horário condicionalmente disponível; 2: horário disponível e 10: horário obrigatório

Vale ressaltar que este último caso é na verdade uma simplificação, feita para que os horários alocados pela Faculdade de Engenharia Elétrica não coincida, com disciplinas que são oferecidas por outras faculdades. Assim, por exemplo, quadro de disponibilidade do professor de Cálculo I, na verdade teria *slots* com valor 10 nos horários definidos pela Faculdade de Matemática, para ser lecionada a disciplina, e o restante dos *slots* teriam valor 0.

Assim a disponibilidade total do cromossomo seria calculada, como o somatório do peso correspondente de cada *slot* para o professor, que o está alocando, matematicamente:

3.2.3.1.1- Penalização devido à ocorrência de “janelas”

Quando tem-se *slots* vagos entre *slots* preenchidos com disciplinas, dizem que existe uma “janela” na grade horária. Não é comum encontrar-se “janelas” em grades horárias bem alocadas, portanto essa ocorrência deve ser evitada. Para isso uma nova etapa da avaliação da aptidão de um cromossomo é a penalização, quando ocorrem janelas.

3.2.3.1.2- Penalização devido à ocorrência de disciplinas por dia além do permitido

Como já foi mencionado, existem disciplinas que estão subdivididas em blocos de 2 ou 3 horários seguidos. Estes blocos não podem estar no horário em um mesmo dia, por isso devemos penalizá-la.

3.2.3.4 - Penalização devido à ocorrência de um mesmo professor lecionando disciplinas diferentes em mesmo horário

Esta é uma das restrições que possui uma das penalizações mais severas. Como esta é uma condição impossível de se ter em uma grade horária funcional, o cromossomo que apresenta essa situação tem o valor zero atribuído ao seu *fitness*, o que faz com que durante a execução do AG este cromossomo seja descartado.

3.2.3.5 - Cálculo do valor do *fitness*

O valor do *fitness* de um cromossomo é quem define quantitativamente, se este cromossomo atende ou não as condições impostas pelo problema, e analisadas através da função de aptidão. Assim, de acordo com as condições e penalizações apresentadas anteriormente, valor do *fitness* de um cromossomo pode ser expresso por:

$$fitness = 2 * \sum_{i=0}^n disponibilidade(slot) - \sum 10 * N_{janelas} + 1000 * N_{agrupamentos}$$

3.2.4 - Método de seleção – Roleta

A geração inicial tem n soluções para o problema a qual se está tentando resolver, embora nem todas possam ser válidas (ou mesmo nenhuma como acontece na maioria dos casos). As operações genéticas são os métodos, pelo qual se tenta encontrar novas soluções para o problema. A convergência da população no sentido de uma maior qualidade dos seus indivíduos é o princípio básico dos Algoritmos Genéticos. As populações de indivíduos vão sendo sucessivamente substituídas por novas gerações, que são criadas através da aplicação dos operadores genéticos à geração anterior.

A escolha dos cromossomos que vão participar das operações genéticas é feita através do método da roleta. Nesse método, a probabilidade de um cromossomo ser escolhido é diretamente proporcional ao valor de seu *fitness*. Assim, pode-se imaginar que cada um dos indivíduos representa uma fração de uma roleta que será girada, através do cálculo de probabilidades acumuladas são atribuídas o tamanho da fração de cada indivíduo, logo indivíduos mais aptos conseguirão maiores frações da roleta e consequentemente maior probabilidade de participarem das operações genéticas.

3.2.5 - Operadores Genéticos

Utilizou-se neste algoritmo os seguintes operadores genéticos:

3.2.5.1 - Cruzamento (*cross-over*)

A operação de cruzamento utilizada neste algoritmo, pode ser entendida como uma fusão do cruzamento monoponto com o multiponto. Como o cromossomo está organizado sistematicamente em uma *struct* constituída por quatro matrizes, onde cada uma de suas linhas corresponde ao período do curso se analisarmos apenas uma linha de uma determinada matriz, aparentemente estamos realizando um cruzamento simples de apenas um ponto. Agora quando temos uma visão geral do processo, constatamos que esta operação está sendo repetida em todas as linhas de todas as matrizes.

Assim, após o sorteio dos cromossomos que irão realizar o cruzamento teremos o sorteio do ponto em que o cromossomo será quebrado, como se o cromossomo fosse apenas uma linha da matriz, então realizamos a troca de carga genética em todas as linhas de todas as matrizes. No entanto o cruzamento é controlado por um parâmetro denominado probabilidade de cruzamento, e o mesmo poderá não ser realizado se este parâmetro não for satisfeito.

Deve-se ressaltar que o cruzamento de indivíduos iguais, é inútil para se obter novos indivíduos, e só atrasa o processo de convergência do algoritmo. Por isso, o processo de seleção não permite que sejam escolhidos indivíduos iguais, para realizar o cruzamento.

3.2.5.2 – Elitismo

Após a realização de um cruzamento, tem-se uma população intermediária igual ao dobro da população que está sendo utilizada no algoritmo, e como o tamanho da população deve permanecer inalterado, pois senão haveria uma população crescendo em progressão geométrica a cada interação, temos que eliminar metade desses indivíduos.

Este processo é denominado elitismo. No elitismo seleciona-se apenas os n melhores indivíduos, de um grupo de $2*n$ independente, se são indivíduos pais ou filhos. A utilização deste operador possibilita um tempo de convergência bem menor do que quando utilizamos a substituição direta dos pais pelos filhos.

3.2.5.3 – Mutação

A utilização apenas de cruzamento e elitismo não é suficiente para um Algoritmo Genético eficaz, deve-se aplicar também o operador mutação.

A mutação altera um gene ou um conjunto de genes de um cromossomo garantindo o aumento da variabilidade genética e a abertura de novos espaços de busca.

A seleção dos indivíduos que irão ser escolhidos para realizarem uma operação genética, é feita baseada em sua probabilidade de ser selecionado, que é diretamente proporcional ao valor de seu *fitness* para o caso do cruzamento e do elitismo e de forma randômica para o caso da mutação.

4. Resultados Obtidos

Este trabalho apresenta as características da utilização de algoritmos genéticos na construção de Grade Horária para instituições de ensino superior. Procura-se mostrar a complexidade dos problemas encontrados para a definição de uma solução de boa qualidade na elaboração da Grade Horária, haja vista, que existem múltiplos objetivos, múltiplas restrições e um número grande de variáveis a serem ponderados.

Em decorrência da complexidade da resolução de problemas deste tipo, considera-se que algoritmos genéticos sejam apropriados para utilização na automatização do processo.

Apesar de existirem restrições que são comuns a qualquer instituição de ensino, existe um grande número de restrições que são específicas de cada instituição e este tipo de restrição, pode dificultar o processo de geração de um sistema de elaboração de grade horária de propósito geral.

O objetivo é viabilizar a geração da grade horária acadêmica do curso de engenharia elétrica oferecido pela Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Constata-se que nesta instituição os horários de maior complexidade são, indubitavelmente, os que devem ser aplicados no ensino superior e, por isso, foi focalizada a atenção na coleta de dados sobre este nível de ensino.

4.1 Análise dos Resultados

A fim de comprovar a funcionalidade do aplicativo implementado, este foi submetido a uma série de testes e aprimoramento desde a implementação de suas primeiras sub-rotinas.

Estes testes foram realizados com dados reais conseguidos na Coordenação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, relativos ao primeiro semestre de 2005. Com estes dados o aplicativo foi executado várias vezes e, a cada execução os resultados analisados minuciosamente, e apresentar a seguir um resultado julgado como satisfatório, tendo como base a grade horária atual da Faculdade de Engenharia Elétrica.

Como esperado, trabalhando-se com um número maior de indivíduos na população a cada geração, ao final das 500 gerações, há uma tendência de se obter soluções de melhor qualidade, embora o custo computacional seja muito superior, podendo não ser compensado pelo incremento de qualidade da solução.

5. Conclusão

A partir da análise dos resultados obtidos e ilustrados no capítulo anterior, pode-se concluir que as técnicas implementadas em conjunto favorecem a obtenção de uma solução desejada para o problema. Em relação à aplicação baseada no estudo de caso, pode-se concluir que a abordagem implementada tem um resultado satisfatório, podendo ser utilizada em instituições de ensino que possuam restrições e problemas, com a satisfação do corpo docente em relação a grade horária a ser estabelecida.

Como principal contribuição deste trabalho, pode ser mencionado o estudo e aplicação de técnicas de computação evolutiva (Algoritmos Genéticos), em conjunto com o problema de restrições para a solução do problema de alocação de professores em horários tratando de um caso específico de escalonamento onde estabeleceu-se as exigências oriundas da instituição de ensino FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU – Universidade Federal de Uberlândia – MG.

Como perspectivas futuras para este trabalho, pode-se sugerir também a elaboração de novos operadores genéticos que possam adaptar-se melhor à cada contexto de aplicação e a verificação do desempenho da abordagem com novas restrições.

Em relação à aplicação baseada no estudo de caso, pode-se concluir que a abordagem implementada tem um resultado satisfatório, podendo ser utilizada em instituições de ensino que possuam restrições e problemas, com a satisfação do corpo docente em relação a grade horária a ser estabelecida.

6. Referências Bibliográficas

- Braz, Osmar de Oliveira Jr., *Otimização de horários em instituições de ensino superior através de algoritmos genéticos*. 2000. 144 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Concilio, R., *Contribuições à solução de problemas de Escalonamento pela Aplicação Conjunta de Computação Evolutiva e Otimização de Restrições*. Departamento de Engenharia da Computação e Automação Industrial. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, São Paulo SP, 2000.
- Goldberg, D. E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley, 1989.
- Goldberg, D. E. 1998. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Boston: Addison Wesley.
- Michalewicz, Z., Schoemauer, M., *Evolutionary Algorithms for Constrained Parameter Optimization Problems*. Evolutionary Computation, 1996.
- Wren, A. *Scheduling, timetabling and rostering – a special relationship?* in The Practice and Theory of Automated Timetabling: Selected Papers from the 1st Internacional Conference, Lecture Notes in Computer Science. Berlin, 1996.