

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

SISTEMA GERADOR DE GRADE HORÁRIA DE
PROFESSORES USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

RODRIGO CORREIA

BLUMENAU
2013

2013/1-28

RODRIGO CORREIA

**SISTEMA GERADOR DE GRADE HORÁRIA DE
PROFESSORES USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Universidade Regional de Blumenau para a
obtenção dos créditos na disciplina Trabalho
de Conclusão de Curso II do curso de Ciência
da Computação — Bacharelado.

Prof. Roberto Heinzle , Doutor - Orientador

**BLUMENAU
2013**

2013/1-28

SISTEMA GERADOR DE GRADE HORÁRIA DE PROFESSORES USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

Por

RODRIGO CORREIA

Trabalho aprovado para obtenção dos créditos na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, pela banca examinadora formada por:

Presidente: _____
Prof. Roberto Heinzle, Doutor – Orientador, FURB

Membro: _____
Prof. Aurélio Faustino Hoppe, Mestre – FURB

Membro: _____
Prof. Maurício Capobianco Lopes, Doutor – FURB

Blumenau, 09 de Julho de 2013.

Dedico este trabalho a todos os amigos,
especialmente aqueles que me ajudaram
diretamente na realização deste.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo seu imenso amor e graça.

À minha família, cujo meu bem mais precioso.

Aos meus amigos, por todos que me ajudaram de alguma forma.

Ao meu orientador, Roberto Heinzle, me direcionando na resolução do trabalho e acreditado na conclusão do mesmo.

Ao professor Aurélio Faustino Hoppe, pela atenção e dedicação na correção do trabalho elaborado.

Ao professor Jomi Fred Hübner, pelo contato mesmo a distância, indicando a forma de resolver este problema.

Ao professor Alexandre Roberto Valdameri, por também acreditar na resolução deste trabalho.

Ao professor Claudio Loesch, esclarecendo minhas dúvidas sobre a elaboração da grade horária na FURB.

À equipe do DRA da FURB, por mostrar todo processo de geração da grade horária.

Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.

Mahatma Gandhi

RESUMO

Nas instituições de ensino, é necessário criar a grade horária dos professores que irão lecionar suas disciplinas para as turmas. Por tratar-se de um trabalho complexo que envolve todos os professores da instituição, o uso de uma ferramenta dedicada à resolução deste problema facilita a elaboração da grade horária. Este trabalho tem como objetivo fazer uma aplicação WEB que gere uma grade horária de forma prática. Na solução é aplicada a tecnologia dos algoritmos genéticos fazendo a montagem da grade horária de forma prática para instituições de ensino. Visto que a aplicação da tecnologia do AG atende a necessidade para geração da grade horária respeitando as disponibilidades e preferências impostas pelos professores nos dias da semana. Como resultado obteve-se uma maior agilidade e eficácia na geração da grade horária.

Palavras-chave: Algoritmos genéticos. Grade horária.

ABSTRACT

In educational institutions, it is necessary to create a timetable for the teachers who will teach their subjects for classes. It is a complex task that involves all institution teachers the use of a tool designed to solve this problem facilitates the timetable development. This work aims to make a web application that generates a practical timetable. In the solution is applied the genetic algorithms technology making a practical timetable assembly for educational institutions. Since the application of technology AG meets the need for generating the timetable subject to the availability and preferences imposed by teachers on weekdays. As result we obtained agility and efficiency in the timetable construction.

Keywords: Genetic algorithm, Timetable.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de dados dos cromossomos.....	18
Figura 2 - Demonstrativo do cruzamento em um ponto.....	20
Figura 3 - Demonstrativo do cruzamento em dois pontos.....	21
Figura 4 - Demonstrativo do cruzamento uniforme	21
Figura 5 - Demonstrativo de mutação	22
Figura 6 - Demonstrativo do fluxo de execução do AG.....	23
Figura 7 - Demonstrativo Grade horária gerada do curso de computação	26
Figura 8 - Demonstrativo Grade horária gerada do curso de computação	27
Figura 9 - Demonstrativo do cadastramento de disponibilidade do professor	29
Figura 10 - Demonstrativo Grade horária gerada do curso de eletrotécnica.....	30
Figura 11 - Diagrama de caso de uso do sistema	33
Figura 12 - Demonstração da grade horária gerada.....	34
Figura 13 - <i>Site</i> da empresa	35
Figura 14 - Modelo entidade relacionamento do sistema.....	37
Figura 15 - Diagrama de classes modelo para Hibernate	39
Figura 16 - Diagrama de classe do AG.....	40
Figura 17 - Diagrama de caso de uso do sistema	42
Figura 18- Parâmetros do AG.....	44
Figura 19 - Diagrama de atividades do sistema.....	45
Figura 20 - Seleção dos melhores indivíduos.....	56
Figura 21 - Cadastro de títulos do professor.....	57
Figura 22 - Cadastro de professores	57
Figura 23 - Cadastro de horários	58
Figura 24 - Cadastro da grade curricular	58
Figura 25 - Cadastro de disciplinas	59
Figura 26 - Cadastro de curso.....	59
Figura 27 – Consulta de grade horária gerada.....	60
Figura 28- Horário por professor.....	60

Quadro 1 - Demonstrativo do genótipo e fenótipo de um problema.....	18
Quadro 2 - Demonstrativo grade horária geral de professores envolvidos nas turmas.....	31
Quadro 3 - Demonstrativo grade horária dos professores por turma (parte 1).....	32
Quadro 4 - Demonstrativo grade horária dos professores por turma (parte 2).....	32
Quadro 5 - Disponibilidade do professor 1	46
Quadro 6 - Disponibilidade do professor 2	47
Quadro 7 – Disponibilidade do professor 1	48
Quadro 8 – Disponibilidade do professor 2.....	48
Quadro 9 - Ilustração do indivíduo 1	49
Quadro 10 - Ilustração do indivíduo 2.....	49
Quadro 11 - Disponibilidade dos professores.....	51
Quadro 12 - Disponibilidade de 3 professores por disciplina	53
Quadro 13 - Primeiro gene em comum	54
Quadro 14 - Segundo gene em comum	54
Quadro 15 - Indivíduo filho gerado após cruzamento.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dicionário de dados do sistema.....	38
Tabela 2 - Pontuação do fator de conjunto	50
Tabela 3 - Pontuação do fator de disponibilidade	50
Tabela 4 - Fator de conjunto e disponibilidade calculado por indivíduo	51

LISTA DE SIGLAS

AG - Algoritmo genético

AGs - Algoritmos genéticos

AJAX - *Asynchronous JavaScript And XML*

CSS - *Cascading Style Sheets*

DNA - *DeoxyriboNucleic Acid*

JSF - *Java Server Faces*

IA - Inteligência Artificial

IES - Instituição de ensino superior

IDE - *Intelligent Drive Electronics*

UML - *Unified Modeling Language*

XHTML - *eXtensible HyperText Markup Language*

LISTA DE SÍMBOLOS

% - por cento

Σ - somatório

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO	16
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS ALGORITMOS GENÉTICOS.....	17
2.1 REPRESENTAÇÃO CROMOSSOMICA.....	17
2.2 POPULAÇÃO	18
2.3 SELEÇÃO DE CROMOSSOMOS	19
2.3.1 Cruzamento em um ponto	20
2.3.2 Cruzamento em dois pontos	21
2.3.3 Cruzamento multi ponto.....	21
2.4 MUTAÇÃO.....	21
2.5 PROCESSO DE EVOLUÇÃO E CRITÉRIO DE PARADA.....	22
3 TRABALHOS CORRELATOS	25
3.1 PROTÓTIPO GERADOR DE GRADE DE HORÁRIOS.....	25
3.2 FERRAMENTA DE GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE GRADE HORÁRIA USANDO AG	27
3.3 SISTEMA DE OTIMIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE CARGA HORÁRIA DOS PROFESSORES.....	30
3.4 SISTEMA DE ALOCAÇÃO DE PROFESSORES E DISCIPLINAS EM GRADES HORÁRIAS USANDO AG	33
3.5 SISTEMA DE ELABORAÇÃO DE GRADE HORÁRIA DE PROFESSORES.....	34
4 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA	36
4.1 MODELO ENTIDADE RELACIONAMENTO	36
4.2 DIAGRAMA DE CLASSE DO HIBERNATE	38
4.3 DIAGRAMA DE CLASSE AG	39
4.4 DIAGRAMA DE CASO DE USO.....	41
4.5 PARAMETROS DO AG.....	43
4.6 DIAGRAMA DE ATIVIDADES DO SISTEMA.....	44
4.7 GERAÇÃO DA GRADE HORÁRIA COM AG	46
4.7.1 Validações antes da execução do ag	46
4.7.2 definição do indivíduo.....	48

4.7.3 ranking de indivíduo - função de avaliação	49
4.7.4 geração da população	51
4.7.5 cruzamento	52
4.7.6 mutação	55
4.7.7 seleção de indivíduos mais aptos	55
4.7.8 critério de parada.....	56
4.8 OPERACIONALIDADE	56
4.8.1 Titulação dos professores.....	57
4.8.2 Cadastro de professores.....	57
4.8.3 Cadastro dos horários de aula	58
4.8.4 Cadastro da grade curricular	58
4.8.5 Cadastro de disciplinas.....	59
4.8.6 Cadastro de curso	59
4.8.7 Grade Horária.....	60
4.8.8 Horários do professor	60
5 ESCOPO E LIMITAÇÕES	61
6 CONCLUSÃO.....	62
6.1 EXTENSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1 INTRODUÇÃO

Um estudo realizado pelo censo em 2011 mostra que o Brasil dispõe de aproximadamente 5.000 instituições de ensino superior-IES, entre públicas e particulares. Se forem aduzidas ainda as escolas de ensino fundamental e médio, este número de escolas aumenta consideravelmente. Como consequência desta significativa quantidade de instituições de ensino, tem-se uma expressiva demanda de professores nas IES já existentes (IBGE, 2011).

Segundo Góes (2005, p. 13), no início do período letivo, em qualquer instituição de ensino, há sempre a preocupação com a distribuição de turmas e dias que cada professor terá que assumir suas aulas, harmonizando as disponibilidades dos professores com as necessidades da instituição. No período de elaboração do quadro de horário o processo feito geralmente é arcaico e envolve praticamente todo o corpo docente, tornando a elaboração do quadro horário complicada, até mesmo em uma instituição de ensino de pequeno porte.

Devido a complexidade de elaborar um quadro de horários, existem sistemas computacionais hoje no mercado que ajudam algumas destas instituições a realizarem este processo de elaboração dos horários de forma menos trabalhosa. Mas, muitas optam em utilizar meios manuais para fazerem tais definições, normalmente leva a uma soluções da grade horárias não adequada, e que trazem severas penalidades organizacionais ou financeiras (FANG, 1994, p. 3).

Segundo Fang (1994, p. 3), os algoritmos genéticos são adequados entre outras aplicações, para a resolução de problemas de grade de horários e que, quando comparados com os resultados obtidos manualmente, o resultado gerado pelos algoritmos genéticos são mais bem avaliados. Desta forma, usando um sistema que auxilia na geração, torna-se mais fácil de conciliar as informações e tratar as restrições inerentes ao processo, evitando erros humanos e demora na montagem.

Neste contexto situa-se o desenvolvimento deste trabalho, que busca desenvolver um sistema de geração de grade de horários com a utilização da tecnologia dos algoritmos genéticos.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema gerador de grade horária dos professores de uma instituição de ensino superior.

1.1.1 Objetivos Específicos

São objetivos específicos do trabalho:

- a) disponibilizar uma interface que permita informar a disponibilidade e preferência de horário do professor;
- b) gerar uma grade de horário que respeite as disponibilidades e preferências dos professores;
- c) disponibilizar no sistema a grade de horário gerada para consulta dos professores.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está elaborado em 7 capítulos. No segundo capítulo descreve-se sobre o AG com uma abordagem teórica tratando sobre seu conceito e estrutura algorítmica que é utilizada no trabalho abordado, e sua importância para resolução do problema da geração da grade horária.

No terceiro capítulo são listados trabalhos correlatos existentes que descrevem abordagens para resolução do problema de grade de horários de instituições de ensino utilizando o AG.

O quarto capítulo é feito a especificação do sistema abordado através de diagramas, interfaces e técnicas.

O quinto capítulo aborda a construção do sistema adaptando o AG para elaborar a grade horária.

O sexto capítulo é descrito o escopo de limitações do trabalho.

O último capítulo relata a conclusão do trabalho e melhorias futuras que podem ser realizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Esta sessão aborda sobre a parte teórica do algoritmo genético, incluindo a representação de um cromossomo, população, seleção de cromossomos, mutação, cruzamento, critérios de parada e o fluxo de gerações dos indivíduos.

Segundo Lopes (1995, p. 28), Algoritmos Genéticos (AGs) são classes de procedimentos iterativos que se comparam ao processo de evolução de uma população de estruturas em que há uma competitividade, seguindo assim o princípio que sobrevive o mais bem adaptado. O processo de evolução é feito aleatoriamente, usando um mecanismo de seleção baseado na adaptação de estruturas individuais. A cada iteração do algoritmo, denominada neste novo contexto como geração, um novo conjunto de estruturas é criado a partir de estruturas bem adaptadas selecionadas da geração anterior, entre a troca de informação entre estas estruturas. Novas informações são geradas aleatoriamente e incluídas nas estruturas descendentes. Ainda segundo o autor, o princípio do AG é exibir um comportamento similar ao descrito na teoria de evolução de Darwin¹, onde estruturas com maior capacidade de adaptação possuem uma chance maior de sobreviver e produzir descendentes ainda mais bem adaptados. O resultado será um aumento na adaptação da população de indivíduos a cada nova geração.

Segundo Lucas (2002, p. 22), os indivíduos são portadores do código genético chamado de cromossomo, a unidade fundamental de um AG. Eles codificam possíveis soluções para o problema a ser tratado, e é através de sua manipulação, como no caso o processo de evolução, que respostas são encontradas.

2.1 REPRESENTAÇÃO CROMOSSOMICA

Segundo Lucas (2002, p. 8), “a escolha de representação para os indivíduos é a etapa mais importante para o desenvolvimento de um AG, visto que ela será a principal responsável para o desempenho do programa.”. Ainda segundo o autor, em AGs é comum utilizar os termos genoma e cromossoma como um sinônimo para indivíduo. Desta forma entende-se que um indivíduo é todo o conjunto de genes que possui seu genótipo e apresenta um problema: o de que apesar de toda representação por parte do algoritmo ser baseada única e exclusivamente em seu genótipo, toda avaliação é baseada em seu fenótipo (conjunto de características observáveis no objeto resultante do processo de decodificação dos genes). O (Quadro 1) mostra um exemplo de genótipo e fenótipo de um problema.

¹ Darwin foi um pesquisador britânico que formulou a teoria da evolução por meio da seleção natural e sexual.

Quadro 1 - Demonstrativo do genótipo e fenótipo de um problema

Genótipo	Fenótipo	Problema
0010101001110101	10869	otimização numérica
CGDEHABF	comece pela cidade C, depois passe pelas cidades G, D, E, H, A, B e termine em F	caixeiro viajante
$C_1R_4C_2R_6C_4R_1$	se condição 1 (C_1) execute regra 4 (R_4), se (C_2) execute (R_6), se (C_4) execute (R_1)	regras de aprendizado para agentes

Fonte: Lucas (2002, p. 8).

Segundo Lobo (2005, p. 14), a representação do cromossomo depende do tipo de problema e o que se deseja manipular geneticamente. Os principais tipos de representação do cromossomo são formulados com os tipos de dados descritos na (Figura 1). Ainda, segundo o autor, “tradicionalmente, os indivíduos são representados genotipicamente por vetores binários, nos quais cada elemento de um vetor denota a presença de (1) ou ausência (0) de uma determinada característica, ou seja, o seu genótipo”.

Figura 1 - Tipos de dados dos cromossomos

Representação	Problemas
Binária	Numéricos, Inteiros
Números Reais	Numéricos
Permutação de Símbolos	Baseados em Ordem
Símbolos repetidos	Grupamento

Fonte: Lobo (2005, p. 14).

2.2 POPULAÇÃO

A população de um algoritmo genético é o conjunto de indivíduos que estão sendo cogitados como solução e que serão usados para criar o novo conjunto de indivíduos para análise. O tamanho da população pode afetar o desempenho global e a eficiência dos algoritmos genéticos. Por exemplo, populações que são muito pequenas têm grandes chances de perder a diversidade necessária para convergir a uma boa solução, pois fornecem uma pequena cobertura do espaço de busca do problema. Por outro lado, uma grande varredura do espaço de soluções gera uma grande população, que pode prejudicar o comportamento computacional do problema Lobo (2005, p. 15).

Segundo Santos e Passoto (2004, p. 103), a população inicial é formada por um conjunto de indivíduos que podem representar soluções para o problema. A geração desta

população inicial é aleatória, porém sempre garantindo que as tarefas sorteadas não sejam repetidas em um mesmo indivíduo e seguindo as respectivas restrições de precedências.

Já Lucas (2002, p. 11) registra que cada cromossomo é avaliado segundo o grau de atendimento aos requisitos desejáveis. Cada requisito desejável apresenta um peso, que será utilizado como valor em pontos para aqueles cromossomos que consigam cumprir este requisito. Todo cromossomo tem uma pontuação, resultado de uma avaliação sobre o atendimento dos requisitos desejáveis.

Tendem a sobreviver aqueles indivíduos com pontuação mais alta, ou seja, aqueles indivíduos mais adaptados ao meio. Ao longo da execução do AG, sempre existirá um cromossomo que tenha pontuação mais alta e que seja considerado como solução até que outro cromossomo com pontuação mais alta seja criado (LOBO, 2005, p. 52).

2.3 SELEÇÃO DE CROMOSSOMOS

Para Fang (1994, p. 32), dada uma população em que a cada indivíduo foi atribuído um valor de aptidão, o processo de seleção escolhe, então, um subconjunto de indivíduos da população atual, gerando uma população intermediária. A chance de cada indivíduo ser selecionado é de alguma forma relacionada com a sua aptidão. Semelhante é o entedimento de Lucas (2002, p. 13), que destaca que existem várias formas para efetuar a seleção, dentre as quais tem-se:

- a) seleção por *ranking*: os indivíduos da população são ordenados de acordo com seu valor de adequação e então sua probabilidade de escolha é atribuída conforme a posição que ocupam;
- b) seleção por giro de roleta: é calculado um somatório de adequação da população, depois é sorteado um valor qualquer que pertença ao intervalo de zero até o valor do somatório de adequação da população. Seleciona-se um indivíduo que corresponde à faixa do somatório que o indivíduo se localiza;
- c) seleção uniforme: todos indivíduos possuem a mesma probabilidade de serem selecionados. Esta forma de seleção tem uma probabilidade remota de causar uma melhora da população sobre a qual atua.

Segundo Lopes (1995, p. 35) o operador de cruzamento é utilizado no AG para introduzir novas estruturas recombinaando estruturas já existentes e também como um efeito de seleção, eliminando os esquema de baixa adaptação. No entanto se somente o operador de reprodução atuar, a população tenderá a se tornar mais homogênea a cada geração. Para isso é

possível aplicar um operador que define uma probabilidade de cruzamento para que nem todos os cromossomos da população sofram cruzamento.

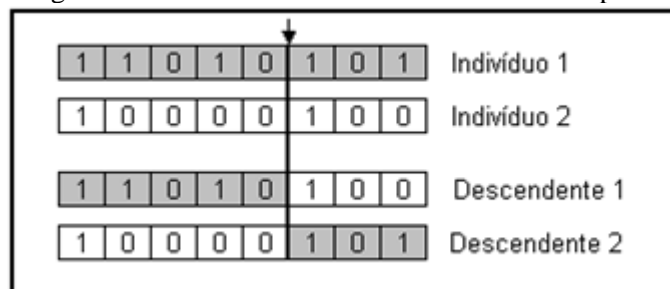
Segundo Lobo (2005, p. 55), o cruzamento ou *crossover* consiste em criar novos indivíduos a partir dos cromossomos originais de seus pais. Estes novos elementos devem conter características do cromossomo de cada par usado para fazer o cruzamento.

Os cruzamentos são representados como uma seleção por máscara, onde os elementos são representados por vetores que possam conter valores binários do mesmo tamanho dos cromossomos a serem combinados. O operador de cruzamento é incluído em um AG por dois motivos: primeiro, ele introduz novas estruturas recombinaando estruturas já existentes, segundo ele tem um efeito de seleção, eliminando esquema de baixa adaptação. Os tipos principais de cruzamento para genomas de comprimento fixo são: um ponto, dois pontos e uniforme (LUCAS, 2002, p. 14-16).

2.3.1 Cruzamento em um ponto

Segundo Lopes (1995, p. 35), é selecionado aleatoriamente um ponto de corte do cromossomo e, a partir deste ponto, é feita a troca de material cromossômico entre os dois indivíduos. Sendo aplicado este cruzamento, os pais trocam seus genes, gerando dois filhos; caso contrário, os dois filhos serão cópias exatas dos pais (Figura 2).

Figura 2 - Demonstrativo do cruzamento em um ponto



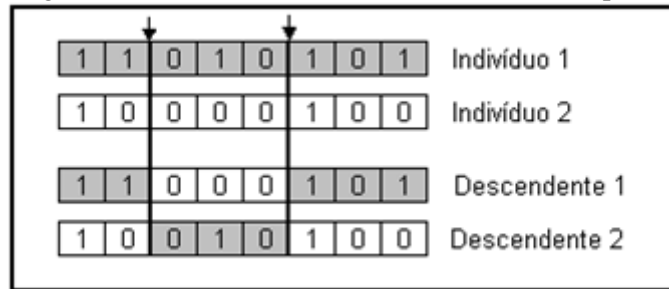
Fonte: Lobo (2005, p. 24).

Ainda, segundo Lobo (2005, p. 24), cada descendente recebe informação genética dos pais usando cromossomos de 8 bits. Em um número aleatório, divide-se o cromossomo. No cruzamento é que pode gerar filhos diferentes dos pais, mesmo assim, contendo diversas características em comum. No cruzamento não modifica o bit que está alocado na mesma posição em que os pais têm o mesmo valor, considerada uma característica cada vez mais importante com o passar das gerações.

2.3.2 Cruzamento em dois pontos

Segundo Lobo (2005, p. 24), o processo de cruzamento com dois pontos é similar ao cruzamento de um ponto, onde é feita uma troca de material cromossômico entre dois indivíduos, mas utilizando somente a faixa demarcada por dois pontos no código genético. A Figura 3 ilustra o referido processo.

Figura 3 - Demonstrativo do cruzamento em dois pontos

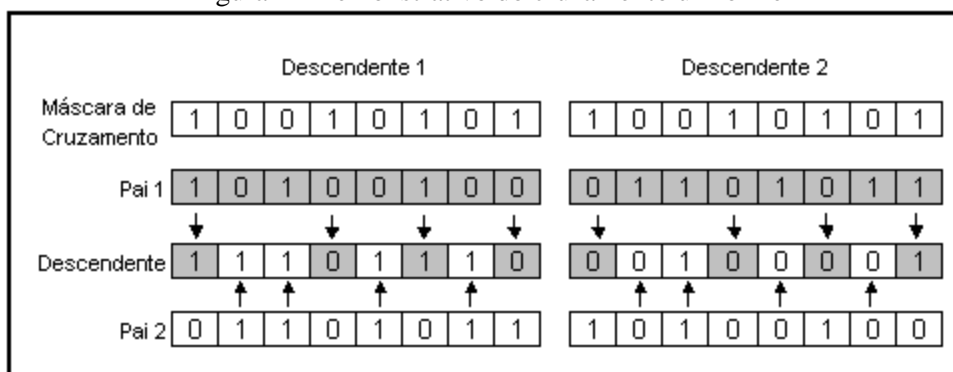


Fonte: Lobo (2005, p. 25).

2.3.3 Cruzamento multi ponto

Segundo Lobo (2005, p. 25), no cruzamento uniforme é criada uma máscara de cruzamento de forma aleatória. Posteriormente, cada gene do descendente é criado, copiando-se o gene correspondente de um dos pais que é escolhido de acordo com a máscara de cruzamento, de modo que, se um determinado bit da máscara de cruzamento for 1, o gene correspondente será copiado do primeiro pai; se um certo bit da máscara de cruzamento for 0, será copiado do segundo pai. O processo é repetido com os pais trocados, para produzir o segundo descendente. Uma nova máscara de cruzamento é criada para cada par de pais, como mostra na Figura 4.

Figura 4 - Demonstrativo do cruzamento uniforme



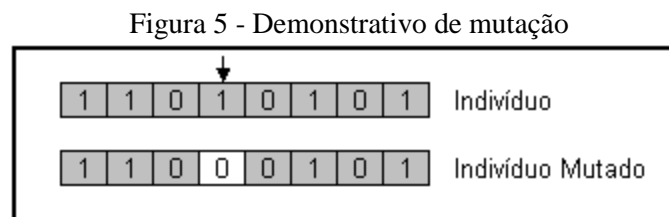
Fonte: Lobo (2005, p. 26).

2.4 MUTAÇÃO

Para Lobo (2005 p. 26) a hereditariedade possibilita uma estabilidade em sistemas biológicos. Sendo que nenhum indivíduo no mundo físico pode ser sempre perfeito, podem

ocorrer falhas na cópia alterando o DNA, ou seja, mutações são perpetuadas. No entanto a mutação pode ser definida como uma mudança no gene de um indivíduo. É possível afirmar que o cruzamento difere da mutação, pois no cruzamento é feita a troca dos genes dos pares selecionados para o cruzamento e na mutação parte da mudança do gene do próprio indivíduo.

Segundo Lopes (1995, p. 36), a mutação faz mudanças aleatórias nas estruturas de uma população trocando um gene em uma estrutura de acordo com uma taxa de mutação destacada por uma variável. Este operador tende a aumentar a diversidade da população evitando que as estruturas tornem-se homogêneas. O aumento na diversidade das estruturas permite reduzir a possibilidade de convergência prematura (Figura 5).



Fonte: Lobo (2005, p. 27).

2.5 PROCESSO DE EVOLUÇÃO E CRITÉRIO DE PARADA

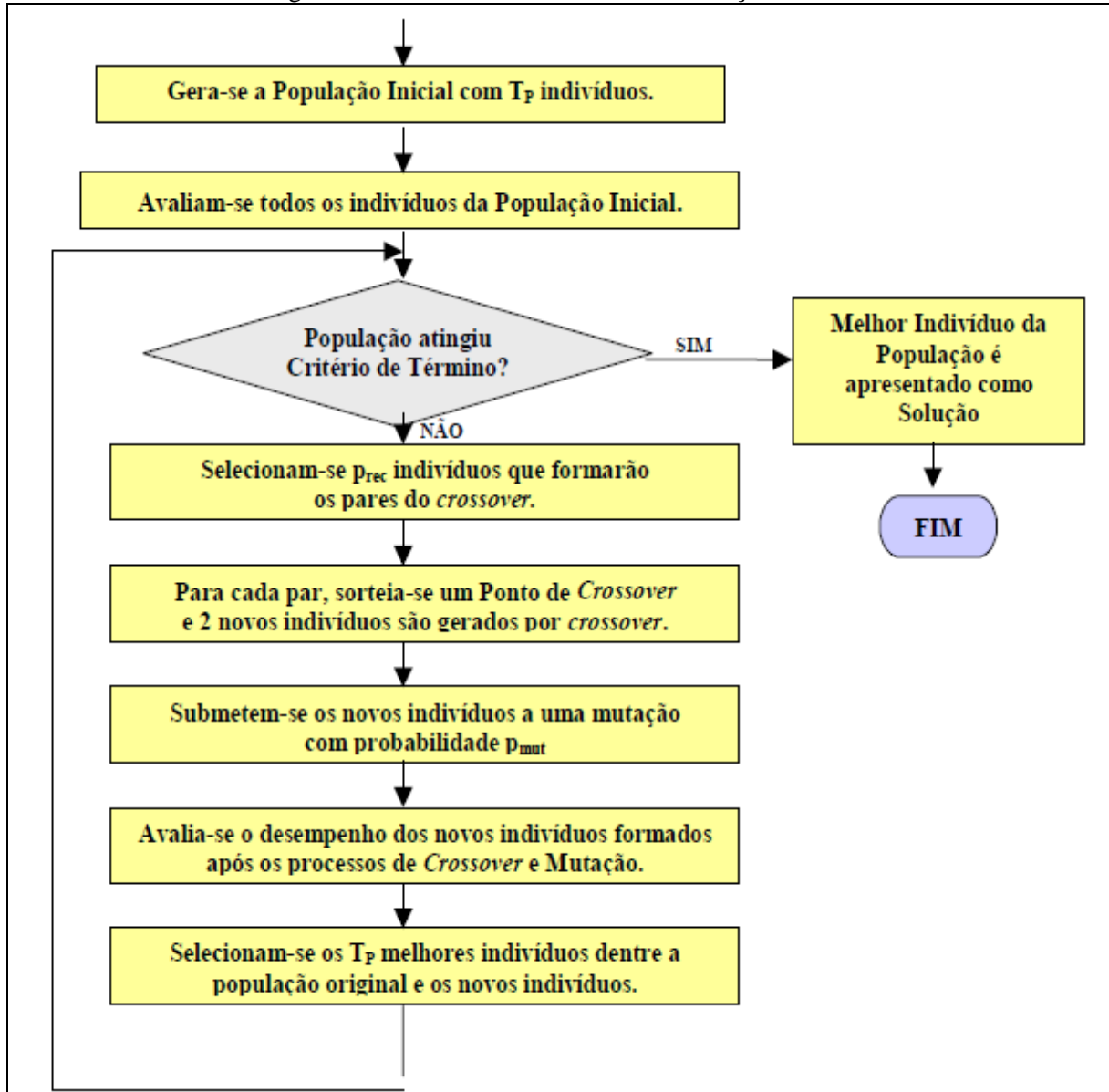
Depois de criada uma população o processo de evolução do AG é fundamentado pelas seguintes etapas:

- a) avaliação: é feita a avaliação da aptidão dos indivíduos (soluções) da população para estabelecer o quão bem os indivíduos respondem ao problema proposto;
- b) seleção: é feita a seleção dos indivíduos para a reprodução. A probabilidade de um indivíduo ser selecionado é proporcional à sua aptidão;
- c) cruzamento: características das soluções escolhidas são recombinadas, gerando novos indivíduos;
- d) mutação: características dos indivíduos resultantes do processo de reprodução são alteradas, acrescentando assim variedade à população;
- e) atualização: os indivíduos criados nesta geração são inseridos na população;
- f) finalização: verifica se as condições de encerramento da evolução foram atingidas, retornando para a etapa de avaliação em caso negativo e encerrando a execução em caso positivo.

Segundo Santos e Passoto (2004, p. 107), como na (Figura 6) mostra, são feitas inúmeras repetições e transformações até se alcançar uma condição de parada, assim,

ressaltando o melhor indivíduo como solução. Geralmente esta condição é dada em número máximo de gerações de população.

Figura 6 - Demonstrativo do fluxo de execução do AG



Fonte: Santos e Passoto (2004, p. 104).

Como pode ser observado no fluxograma apresentado na Figura 6, o primeiro passo consiste na geração da população inicial. Em seguida os indivíduos gerados são avaliados, onde é verificada a condição de término, caso tenha atingido, o melhor indivíduo será a solução do problema e finaliza o processo. Caso não atinja a condição de término, são selecionados os pares de indivíduos que serão cruzados. Em seguida para cada par é escolhido o ponto que ocorrerá o cruzamento onde dois novos indivíduos são gerados, na sequência é feita a mutação em alguns indivíduos. Finalmente, é realizada a seleção dos melhores indivíduos, quando será verificada novamente a condição de término.

Lucas (2002, p. 17) afirma que o critério de finalização não envolve o uso de qualquer operador genético. O critério de parada é composto por um ou mais testes que são realizados entre os indivíduos da população que determinam o fim ao processo de evolução, sendo assim, caso o AG tenha alcançado algum ponto pré-estabelecido de parada, um indivíduo é apresentado como solução.

Lobo (2005, p. 27) cita alguns tipos de critério de parada do AG como:

- a) quando a aptidão média ou do melhor indivíduo não há como melhorar;
- b) quando as aptidões dos indivíduos de uma população tornarem-se parecidas;
- c) ao conhecer a resposta máxima da função-objetivo;
- d) no caso de perda de diversidade da população.

Os critérios de parada definem uma forma de reconhecer que o processo evolucionários que ocorre na população atingiu uma forma de parada, identificando a solução do problema. É importante quando o critério de parada atingir a função-objetivo, pois define a solução ideal para o problema, logo, quando atinge por perda de diversidade, população parecida ou os indivíduos não conseguem melhorar sua aptidão, identifica que não atingiu a função-objetivo.

3 TRABALHOS CORRELATOS

A seguir são mostrados trabalhos que envolvem métodos de resolução para o problema de grade horária, sendo descritos na sequência.

3.1 PROTÓTIPO GERADOR DE GRADE DE HORÁRIOS

Preis (2007) apresenta em seu trabalho o desenvolvimento de um protótipo gerador de grades de horários nas instituições de ensino. A solução utilizou como técnica o AG. Neste sistema não são levados em consideração distribuição de salas, laboratórios e outros recursos. Segundo o autor o AG aplicado mostrou-se extremamente eficiente na geração de grades horárias sem que haja colisões, mesmo quando submetidos a testes reais com diversos cursos e disciplinas. Na (Figura 7) e (Figura 8), é feito um comparativo da grade horária original gerada pelo sistema da FURB, e a grade horária gerada pelo protótipo.

Figura 7 - Demonstrativo Grade horária gerada do curso de computação

FASE	DISCIPLINAS	Grade horária - Original						Grade horária - Protótipo					
		Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	PROFESSOR	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	PROFESSOR
PRIMEIRA	Funções Empresariais I		14/15			14/15	Terezinha Vicenti		12/15				Terezinha Vicenti
	Programação de Computadores	14/15		12/15			Wilson Pedro Carli Maurício Capobianco Lopes				12/15	12/15	Wilson Pedro Carli
	Arquitetura de Computadores I	12/13				12/13	Miguel Alexandre Wisintainer			12/13	13/14		Miguel Alexandre Wisintainer
	Fundamentos Matemáticos para Sistemas de Informação		12/13		12/15		Evandro Felin Londero	12/15		14/15			Evandro Felin Londero
SEGUNDA	Funções Empresariais II		12/13			12/13	Terezinha Vicenti				12/15		Terezinha Vicenti
	Estatística Aplicada à Informática		14/15	12/13			Henriette Damm Friske	14/15	14/15				Henriette Damm Friske
	Programação Orientada a Objetos			14/15	12/13		Mauro Marcelo Mattos		12/13	12/13			Mauro Marcelo Mattos
	Teoria Geral de Sistemas	14/15				14/15	Ricardo Alencar de Azambuja	12/13				12/13	Ricardo Alencar de Azambuja
TERCEIRA	Funções Empresariais III	14/15				14/15	Edson Luis Francês	12/13			14/15		Edson Luis Francês
	Análise Econômica de Empreendimentos		12/13			12/13	Wagner Alfredo D'Ávila				12/13	12/13	Wagner Alfredo D'Ávila
	Universidade, Ciência e Pesquisa	12/13			14/15		Maria da Conceição Lima de Andrade			12/13		14/15	Maria da Conceição Lima de Andrade
	Estruturas de Dados			12/13	12/13		Antonio Carlos Tavares	14/15		14/15			Antonio Carlos Tavares
QUARTA	Banco de Dados		12/13		14/15		Alexander Roberto Valdameri		14/15			14/15	Alexander Roberto Valdameri
	Programação Web		14/15			14/15	Adilson Vahldick	12/13		12/13			Adilson Vahldick
	Projeto de Software I	12/13		12/13			Fabiane Barreto Vavassori Benitti				12/13	12/13	Fabiane Barreto Vavassori Benitti
	Fundamentos de Sistemas de Informação				12/13	12/13	Ricardo Alencar de Azambuja		12/13	14/15			Ricardo Alencar de Azambuja
	Desafios Sociais Contemporâneos	14/15		14/15			Gilberto Friedenreich dos Santos	14/15			14/15		Gilberto Friedenreich dos Santos

Fonte: Preis (2007, p. 66).

Figura 8 - Demonstrativo Grade horária gerada do curso de computação

QUINTA	Pesquisa Operacional	12/13		14/15	Osmar Leonardo Kuhnen				12/15	Osmar Leonardo Kuhnen
	Prática em Banco de Dados		14/15	12/13	Adilson Vahldick	14/15	12/13			Adilson Vahldick
	Comunicação de Dados e Redes de Computadores	14/15			Francisco Adell Péricas			12/15		Francisco Adell Péricas
	Fundamentos de Sistemas Operacionais		12/13		Antonio Carlos Tavares		14/15	12/13		Antonio Carlos Tavares
SEXTA	Gestão de Pequenos Negócios		12/14		Jerusa Betina Schroeder			14/15	12/12	Jerusa Betina Schroeder
	Inteligência Artificial I			12/15	Paulo de Tarso Mendes Luna			12/13	14/15	Paulo de Tarso Mendes Luna
	Legislação em Informática				Alejandro Knaesel Arrabal			14/15		Alejandro Knaesel Arrabal
	Análise e Projetos de Sistemas I			12/15	Everaldo Artur Grahl	12/15				Everaldo Artur Grahl
	Gerência de Projetos de Informática		15/15		Evaristo Baptista		12/13		13/13	Evaristo Baptista
	Tóp. em Sist. de Informações II - Optativa	12/15			Paulo Roberto Dias		14/15	12/13		Paulo Roberto Dias
SÉTIMA	Tóp. em Desenvolvimento de Sistemas - Opt.	14/15			Adilson Vahldick			14/15		Adilson Vahldick
	Qualidade de Software			12/13	Carlos Eduardo Negrão Bizzotto	14/15		12/13		Carlos Eduardo Negrão Bizzotto
	Multimídia			12/13	Carlos Eduardo Negrão Bizzotto	12/13			14/15	Carlos Eduardo Negrão Bizzotto
	Trabalho de Conclusão de Curso I			14/15	Dalton Solano dos Reis	14/15		12/13	14/15	Dalton Solano dos Reis
	Computador e Sociedade		14/15		Paulo Roberto Dias			12/13		Paulo Roberto Dias
OITAVA	Trabalho de Conclusão de Curso	12/13		12/13	Wilson Pedro Carli		14/15	14/15		Wilson Pedro Carli

Fonte: Preis (2007, p. 67).

3.2 FERRAMENTA DE GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE GRADE HORÁRIA USANDO AG

Hamawaki (2005, p. 31) igualmente apresenta uma solução ao problema da geração de horários em insituições de ensino. Nela, de acordo com o tamanho da população, são criadas dez populações que correspondem aos 10 períodos de seu curso de graduação. Nesta etapa as bases de dados são acessadas para a criação dos indivíduos que neste caso são as grades horárias. Após esta etapa inicial, o AG segue o fluxo padrão. É realizada a seleção, cálculo de aptidão e aplicação dos operadores genéticos.

O aplicativo desenvolvido por Hamawaki (2005, p. 2) é composto pelos componentes:

- algoritmo genético: agregado na implementação das operações genéticas (seleção, mutação, cruzamento e cálculo de aptidão) e também pelo processo de elaboração

da grade horária em geral;

- b) base de dados: local onde é armazenado o conhecimento necessário para processamento do problema em questão, lista de disciplinas, professores, restrições de dias e horários para cada aula, número de dias da semana e preferências de dias e horários de cada professor.

Hamawaki (2005, p. 79) analisou que o estudo de técnicas dos AGs foi o fator relevante no desenvolvimento do sistema, e que em conjunto com o problema de restrições, vindo como uma solução inovadora para o problema de alocação de professores em horários atendeu as expectativas. Em seu trabalho o autor mostra que é possível definir a disponibilidade dos professores conforme (Figura 9), que é parametrizado da seguinte forma:

- a) 0: horário não disponível;
- b) 1: horário condicionalmente indisponível;
- c) 2: horário disponível;
- d) 10: horário obrigatório.

Figura 9 - Demonstrativo do cadastramento de disponibilidade do professor

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:10	2	2	1	2	1
08:00	2	2	1	2	1
08:50	1	2	2	2	1
09:50	1	2	2	2	1
10:40	0	2	2	2	2
11:30	0	2	2	2	2
13:10	0	2	0	2	2
14:00	0	2	0	2	2
14:50	2	0	1	2	2
16:00	2	0	1	2	2
16:50	0	0	0	2	0
17:40	0	0	0	2	0

Fonte: Hamawaki (2005, p. 71).

Ao trabalho elaborado por Hamawaki (2005, p. 71), a (Figura 10) mostra a grade horária gerada da primeira fase do curso de eletrotécnica, respeitando as definições de horário já cadastradas no sistema, sendo que a visualização das fases foram feitas por abas.

Figura 10 - Demonstrativo Grade horária gerada do curso de eletrotécnica

The screenshot shows the 'AloGra - Grade Horária' application window. At the top, there is a menu bar with 10 periods. Below it, two tables are displayed side-by-side, one for 'Eletrotécnica' and one for 'Eletrônica'. Each table has columns for the days of the week (Segunda, Terça, Quarta, Quinta, Sexta) and rows for time slots. The 'Eletrotécnica' table shows a schedule with various course codes like C1, IEE, IC1, DB, GA, QG, and QE/E-F. The 'Eletrônica' table shows a similar schedule with codes C1, IEE, IC1, DB, GA, QG, and QE/E-F.

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:10	C1		IEE	C1	IEE
08:00	C1		IEE	C1	IEE
08:50	IC1	DB	GA	QG	IC1
09:50	IC1	DB	GA	QG	IC1
10:40	GA	DB	GA	QG	C1
11:30	GA				C1
13:10			QE/E-F		
14:00			QE/E-F		
14:50			QE/E-F		
16:00			QE/E-F		
16:50			QE/E-F		
17:40			QE/E-F		

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:10	C1		IEE	C1	IEE
08:00	C1		IEE	C1	IEE
08:50	IC1	DB	GA	QG	IC1
09:50	IC1	DB	GA	QG	IC1
10:40	GA	DB	GA	QG	C1
11:30	GA				C1
13:10			QE/E-F		
14:00			QE/E-F		
14:50			QE/E-F		
16:00			QE/E-F		
16:50			QE/E-F		
17:40			QE/E-F		

Fonte: Hamawaki (2005, p. 71).

3.3 SISTEMA DE OTIMIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE CARGA HORÁRIA DOS PROFESSORES

Góes (2005) no seu trabalho sobre otimização na distribuição da carga horária dos professores, afirma que utilizando o método heurístico toda vez que é gerado uma nova grade de horários, obtém-se uma solução diferente. Isso deve-se ao fato do método trabalhar com números gerados aleatoriamente para tentar solucionar os erros que constam no problema. Portanto, pode-se obter mais de uma solução se for utilizada a mesma massa de dados em que o algoritmo deve atuar. A solução apresentada foi gerada em 53 segundos. No total o método realizou 767 iterações. Deste total de iterações o AG aceitou 596 inversões e recusou 171 para encontrar a solução para o problema. Por ser um método heurístico, não se espera encontrar uma solução ótima, mas espera-se encontrar uma boa solução.

Conforme Quadro 2, entre um comparativo para geração da grade horária por método exato, método misto, software comercial, mostra também resultado obtido na execução do AG. O Quadro 3 e Quadro 4, mostram a grade horária pela visão do professor, onde são expostos as turmas nos horários semanais.

Quadro 2 - Demonstrativo grade horária geral de professores envolvidos nas turmas

T5A					T5B				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
ROSALIA	MARTA	MARTA	VALMIR	MARISELM	MARISELM	ROSALIA	ROSSANO	NOELI	CARLOS
VALMIR	VERA	MARTA	VALMIR	JUCIMARA	ROSALIA	MARTA	CARLOS	ROSALIA	VALMIR
MARISELM	ROSALIA	MARIE	MARIE	VALMIR	VERA	VERA	MARTA	CARLOS	CARLOS
ROSALIA	MARIE	JUCIMARA	NOELI	NOELI	MARISELM	ROSSANO	NOELI	VALMIR	VALMIR
VERA	MARIE	MARIE	MARISELM	VERA	VALMIR	VERA	MARTA	CARLOS	MARISELM
T5C					T5D				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
VALMIR	VALMIR	NOELI	CARLOS	VERA	MARTA	ROSSANO	CARLOS	RAFAEL	VALMIR
VERA	ROSSANO	RAFAEL	NOELI	CARLOS	MARISELM	RAFAEL	NOELI	CARLOS	MARISELM
MARTA	RAFAEL	RAFAEL	MARISELM	MARISELM	VALMIR	MARTA	CARLOS	VALMIR	VERA
VERA	MARTA	CARLOS	MARISELM	CARLOS	VALMIR	VERA	MARTA	CARLOS	VERA
MARTA	ROSSANO	CARLOS	VALMIR	VALMIR	MARISELM	RAFAEL	ROSSANO	NOELI	CARLOS
T6A					T6B				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
CLARICE	JUCIMARA	GISELE	LUCIA	EDILSON	EDILSON	GISELE	JUCIMARA	ROSALIA	REGINA
EDILSON	CLARICE	EDILSON	DAYANA	REGINA	CLARICE	ROSALIA	DAYANA	LUCIA	EDILSON
ROSALIA	GISELE	DAYANA	ROSALIA	LUCIA	EDILSON	REGINA	EDILSON	LUCIA	JUCIMARA
REGINA	GISELE	EDILSON	CLARICE	LUCIA	GISELE	LUCIA	DAYANA	ROSALIA	EDILSON
ROSALIA	REGINA	JUCIMARA	LUCIA	EDILSON	REGINA	CLARICE	GISELE	CLARICE	LUCIA
T6C					T7A				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
GISELE	REGINA	EDILSON	CLARICE	LUCIA	ANDERSON	MARIE	ANDERSON	MARIE	MARIE
GISELE	LUCIA	JUCIMARA	CLARICE	LUCIA	REGINA	REGINA	MARIE	MARIE	NOELI
CLARICE	LUCIA	JUCIMARA	DAYANA	EDILSON	GISELE	CLARICE	GISELE	RAFAEL	REGINA
EDILSON	ROSALIA	GISELE	DAYANA	REGINA	ANDERSON	JUCIMARA	RAFAEL	RAFAEL	JUCIMARA
EDILSON	ROSALIA	EDILSON	ROSALIA	REGINA	CLARICE	GISELE	ANDERSON	ANDERSON	NOELI
T7B					T8A				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
REGINA	RAFAEL	MARIE	ANDERSON	NOELI	VERA	VERA	RAFAEL	MARISELM	JUCIMARA
ANDERSON	GISELE	GISELE	ANDERSON	MARIE	MARTA	MARIE	ANDERSON	RAFAEL	VERA
REGINA	MARIE	ANDERSON	CLARICE	NOELI	ANDERSON	JUCIMARA	NOELI	ANDERSON	MARIE
CLARICE	REGINA	ANDERSON	MARIE	MARIE	MARTA	RAFAEL	MARIE	ANDERSON	MARISELM
GISELE	JUCIMARA	RAFAEL	RAFAEL	JUCIMARA	ANDERSON	MARTA	NOELI	MARIE	MARIE

Fonte: Góes (2005, p. 115).

Quadro 3 - Demonstrativo grade horária dos professores por turma (parte 1)

ANDERSON - MATEMÁTICA					CARLOS - PORTUGUÊS				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
T7A	H A	T7A	T7B	---	H A	---	T5D	T5C	T5B
T7B	H A	T8A	T7B	---	H A	---	T5B	T5D	T5C
T8A	H A	T7B	T8A	---	H A	---	T5D	T5B	T5B
T7A	H A	T7B	T8A	---	H A	---	T5C	T5D	T5C
T8A	H A	T7A	T7A	---	H A	---	T5C	T5B	T5D
CLARICE - GEOGRAFIA					DAYANA - INGLÊS				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
T6A	---	H A	T6C	---	---	H A	---	---	---
T6B	T6A	H A	T6C	---	---	H A	T6B	T6A	---
T6C	T7A	H A	T7B	---	---	H A	T6A	T6C	---
T7B	---	H A	T6A	---	---	H A	T6B	T6C	---
T7A	T6B	H A	T6B	---	---	H A	---	---	---
EDILSON - MATEMÁTICA					GISELE - EDFÍSICA				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
T6B	H A	T6C	---	T6A	T6C	T6B	T6A	H A	---
T6A	H A	T6A	---	T6B	T6C	T7B	T7B	H A	---
T6B	H A	T6B	---	T6C	T7A	T6A	T7A	H A	---
T6C	H A	T6A	---	T6B	T6B	T6A	T6C	H A	---
T6C	H A	T6C	---	T6A	T7B	T7A	T6B	H A	---
JUCIMARA - ARTES					LUCIA - PORTUGUÊS				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
---	T6A	T6B	H A	T8A	H A	---	---	T6A	T6C
---	---	T6C	H A	T5A	H A	T6C	---	T6B	T6C
---	T8A	T6C	H A	T6B	H A	T6C	---	T6B	T6A
---	T7A	T5A	H A	T7A	H A	T6B	---	---	T6A
---	T7B	T6A	H A	T7B	H A	---	---	T6A	T6B
MARIE - PORTUGUÊS					MARISELMA - GEOGRAFIA				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
H A	T7A	T7B	T7A	T7A	T5B	---	H A	T8A	T5A
H A	T8A	T7A	T7A	T7B	T5D	---	H A	---	T5D
H A	T7B	T5A	T5A	T8A	T5A	---	H A	T5C	T5C
H A	T5A	T8A	T7B	T7B	T5B	---	H A	T5C	T8A
H A	T5A	T5A	T8A	T8A	T5D	---	H A	T5A	T5B
MARIA - EDFÍSICA					NOELI - INGLÊS				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
T5D	T5A	T5A	H A	---	---	H A	T5C	T5B	T7B
T8A	T5B	T5A	H A	---	---	H A	T5D	T5C	T7A
T5C	T5D	T5B	H A	---	---	H A	T8A	---	T7B
T8A	T5C	T5D	H A	---	---	H A	T5B	T5A	T5A
T5C	T8A	T5B	H A	---	---	H A	T8A	T5D	T7A

Fonte: Góes (2005, p. 116).

Quadro 4 - Demonstrativo grade horária dos professores por turma (parte 2)

RAFAEL - HISTÓRIA					REGINA - CIÊNCIAS				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
---	T7B	T8A	T5D	H A	T7B	T6C	H A	---	T6B
---	T5D	T5C	T8A	H A	T7A	T7A	H A	---	T6A
---	T5C	T5C	T7A	H A	T7B	T6B	H A	---	T7A
---	T8A	T7A	T7A	H A	T6A	T7B	H A	---	T6C
---	T5D	T7B	T7B	H A	T6B	T6A	H A	---	T6C
ROSALIA - HISTÓRIA					ROSSANO - ARTES				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
T5A	T5B	---	T6B	H A	---	T5D	T5B	H A	---
T5B	T6B	---	T5B	H A	---	T5C	---	H A	---
T6A	T5A	---	T6A	H A	---	---	---	H A	---
T5A	T6C	---	T6B	H A	---	T5B	---	H A	---
T6A	T6C	---	T6C	H A	---	T5C	T5D	H A	---
VALMIR - MATEMÁTICA					VERA - CIÊNCIAS				
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
T5C	T5C	---	T5A	T5D	T8A	T8A	H A	---	T5C
T5A	H A	---	T5A	T5B	T5C	T5A	H A	---	T8A
T5D	H A	---	T5D	T5A	T5B	T5B	H A	---	T5D
T5D	H A	---	T5B	T5B	T5C	T5D	H A	---	T5D
T5B	H A	---	T5C	T5C	T5A	T5B	H A	---	T5A

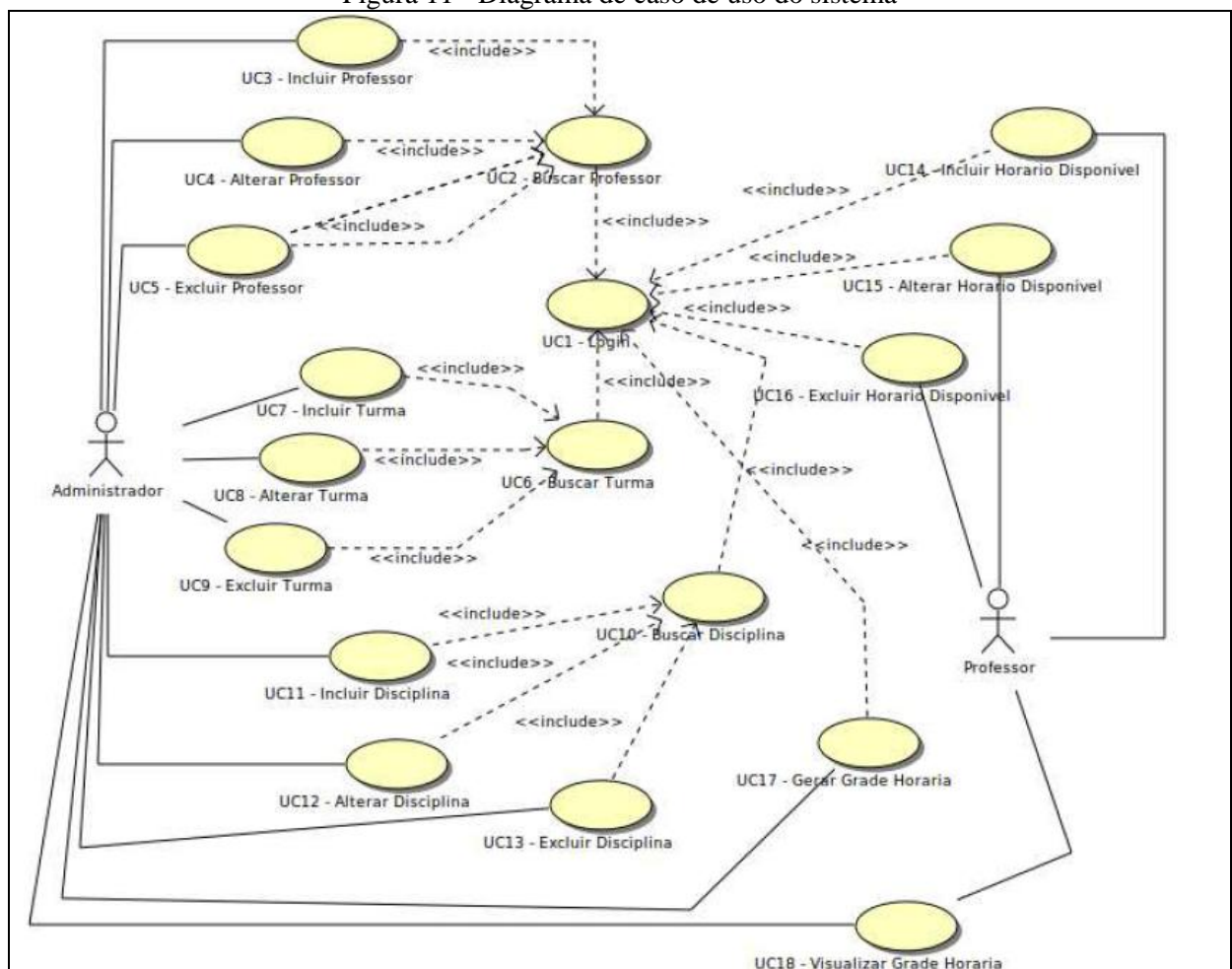
Fonte: Góes (2005, p. 117).

3.4 SISTEMA DE ALOCAÇÃO DE PROFESSORES E DISCIPLINAS EM GRADES HORÁRIAS USANDO AG

Lima Júnior e Corrêa (2010 p. 39) definem que cada cromossomo é definido como uma solução sendo que para se tornar como solução deve ser preenchido toda a matriz curricular do curso. Considerando estes fatos, ao atingir o critério de parada o indivíduo já é denotado como solução, não procurando fazer o agrupamento das disciplinas do curso.

Segundo Lima Júnior e Corrêa (2010 p. 39), o sistema foi desenvolvido em ambiente web, permitindo que seu acesso possa ser realizado de qualquer dispositivo com acesso a internet. Observado a (Figura 11), o sistema elaborado apresenta dois indivíduos que manipulam as informações onde cada usuário logado possui funcionalidades específicas. O administrador tem permissão para alterar todas as informações do sistema logo o professor tem apenas a permissão de cadastrar sua disponibilidade e também visualizar a grade de horários gerada pelo administrador.

Figura 11 - Diagrama de caso de uso do sistema



Fonte: Júnior e Corrêa (2010 p. 29).

Figura 12 - Demonstração da grade horária gerada

CCONAR	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
19:20	Regiane Aparecida Marucci Computação Ubiqua	Simone de Abreu Computação Gráfica e Multimídia	Augusto Mendes Júnior Compiladores	Optativa Optativa	Nelson Shimada Trabalho de Conclusão de Curso II
20:10	Regiane Aparecida Marucci Computação Ubiqua	Simone de Abreu Computação Gráfica e Multimídia	Augusto Mendes Júnior Compiladores	Optativa Optativa	Nelson Shimada Trabalho de Conclusão de Curso II
21:15	Regiane Aparecida Marucci Computação Ubiqua	Simone de Abreu Computação Gráfica e Multimídia	Augusto Mendes Júnior Compiladores	Optativa Optativa	Jorge Makoto Shintani Orientação de Estágio
22:05	Regiane Aparecida Marucci Computação Ubiqua	Simone de Abreu Computação Gráfica e Multimídia	Augusto Mendes Júnior Compiladores	Optativa Optativa	Jorge Makoto Shintani Orientação de Estágio
CCONA7	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
19:20	Alessandro Biancci Análise de Algoritmos	Marcelo Couto Inteligência Artificial	Optativa Optativa	Jorge Makoto Shintani Empreendedorismo e Desenvolvimento de Novos Negócios	Fernando Aires Linguagens Formais e Automatos
20:10	Alessandro Biancci Análise de Algoritmos	Marcelo Couto Inteligência Artificial	Optativa Optativa	Jorge Makoto Shintani Empreendedorismo e Desenvolvimento de Novos Negócios	Fernando Aires Linguagens Formais e Automatos
21:15	Alessandro Biancci Análise de Algoritmos	Marcelo Couto Trabalho de Conclusão de Curso I	Optativa Optativa	Jorge Makoto Shintani Empreendedorismo e Desenvolvimento de Novos Negócios	Fernando Aires Linguagens Formais e Automatos
22:05	Alessandro Biancci Análise de Algoritmos	Marcelo Couto Trabalho de Conclusão de Curso I	Optativa Optativa	Jorge Makoto Shintani Empreendedorismo e Desenvolvimento de Novos Negócios	Fernando Aires Linguagens Formais e Automatos
CCONA6	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
19:20	Wenderson Adriano Álgebra Linear para Computação	Augusto Mendes Júnior Sistemas Distribuídos	Fernando Aires Introdução a Teoria dos Grafos	ONLINE Fundamentos de Ciências Sociais	Carlos Magno Arquiteturas Avançadas de Computadores
20:10	Wenderson Adriano Álgebra Linear para Computação	Augusto Mendes Júnior Sistemas Distribuídos	Fernando Aires Introdução a Teoria dos Grafos	ONLINE Fundamentos de Ciências Sociais	Carlos Magno Arquiteturas Avançadas de Computadores
21:15	Wenderson Adriano Álgebra Linear para Computação	Augusto Mendes Júnior Sistemas Distribuídos	Fernando Aires Introdução a Teoria dos Grafos	Optativa Optativa	Carlos Magno Arquiteturas Avançadas de

Fonte: Júnior e Corrêa (2010 p. 41)

Observando a (Figura 12) de Lima Júnior e Corrêa (2010), demonstra a grade de horários gerada pelo seu sistema e afirmam que na elaboração da grade de horários utilizando a técnica de AGs, é possível constatar que em problemas computacionalmente inviáveis o uso de AGs pode gerar resultados muito satisfatórios, embora apresentem em seu trabalho somente a elaboração de horários dos professores sem alocação de salas. Já Lima Júnior e Corrêa (2010, p. 42), em testes com 25 professores, 46 disciplinas, 8 turmas e uma média de 3 dias disponíveis para cada professor por semana e utilizando apenas 1 curso, conseguiram gerar uma grade usando a geração de 29 novas populações.

3.5 SISTEMA DE ELABORAÇÃO DE GRADE HORÁRIA DE PROFESSORES.

Conforme (Figura 13), o Urânia (GEHA, 2010) é um software comercial desenvolvido para o auxílio de professores na preparação de quadro de horário. A elaboração dos horários dos professores de uma Instituição de Ensino é um trabalho árduo e que requer muita atenção. Para fazer um horário escolar, deve-se considerar a especificidade de cada docente: disponibilidade de dias e horários e quais disciplinas ministra.

Figura 13 - Site da empresa

Fonte: Geha (2010).

O *software* permite elaborar uma grade de horários com uma significativa quantidade de restrições impostas. Por este motivo, tornou-se popular no mercado brasileiro. A empresa não especifica a técnica usada na geração do quadro de horário e nem um modelo padrão com tempo de elaboração imposto para uma massa de dados a ser elaborado e não qualifica o desempenho do *software*. Algumas das características da ferramenta são:

- a) cadastro de disponibilidade dos professores onde é classificado para cada horário da semana a classificação de horário: preferencial, disponível e indisponível, dando mais viabilidade no momento da geração da grade horária;
- b) agrupamento de turmas onde é possível determinar que mais de uma turma possa ter aula no mesmo horário com apenas um professor;
- c) alocação de salas dando a possibilidade de gerenciar as salas para as turmas;
- d) controle de deslocamento entre as unidades, onde faz um tratamento sobre o tempo de locomoção de um professor para ministrar sua aula em outra unidade.

4 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA

A seguir é feito a especificação do sistema incluindo o diagrama de classe, o diagrama de atividades, o modelo entidade relacionamento, técnicas, ferramentas, a adaptação do AG para geração da grade horária e a operacionalidade o sistema.

Para especificação do modelo entidade relacionamento foi usada a ferramenta *DBDesigner 4*. Para o diagrama de classe foi usado um *plugin* do *Eclipse* chamado *ObjectAid UML Diagram* e para o diagrama de casos de uso foi usado o *Enterprise Architect*.

A seguir são mostrados detalhes técnicos sobre o desenvolvimento do sistema bem como das tecnologias usadas:

- a) para desenvolvimento do projeto foi usado a linguagem *Java Server Faces 2.0* (JSF) utilizando a IDE para desenvolvimento “*Eclipse Java EE IDE for Web Developers*”;
- b) banco de dados relacional adotado para persistência das informações foi MySQL 5.0;
- c) para herança de *layout* foi usado *Facelets* onde é possível fazer o trabalho usando somente o corpo do XHTML, as demais estruturas como cabeçalho, menu e rodapé é herdado pelo *template*;
- d) foi usado um suíte open-source de componentes para JSF chamado *Primefaces* que conta uma gama de componentes que contam com alguns em uso de AJAX;
- e) o *framework* usado para persistência dos dados através de mapeamento objeto-relacional escrito na linguagem Java foi o *Hibernate*;
- f) toda parte de *design* do *layout* da aplicação web foi definida por temas em CSS disponibilizados pela suíte *Primefaces*.

4.1 MODELO ENTIDADE RELACIONAMENTO

Foi usado o modelo de banco de dados relacional para fazer a persistência dos dados da instituição pertinentes a geração da grade horária dos professores, conforme ilustrado na (Figura 14).

Tabela 1 - Dicionário de dados do sistema

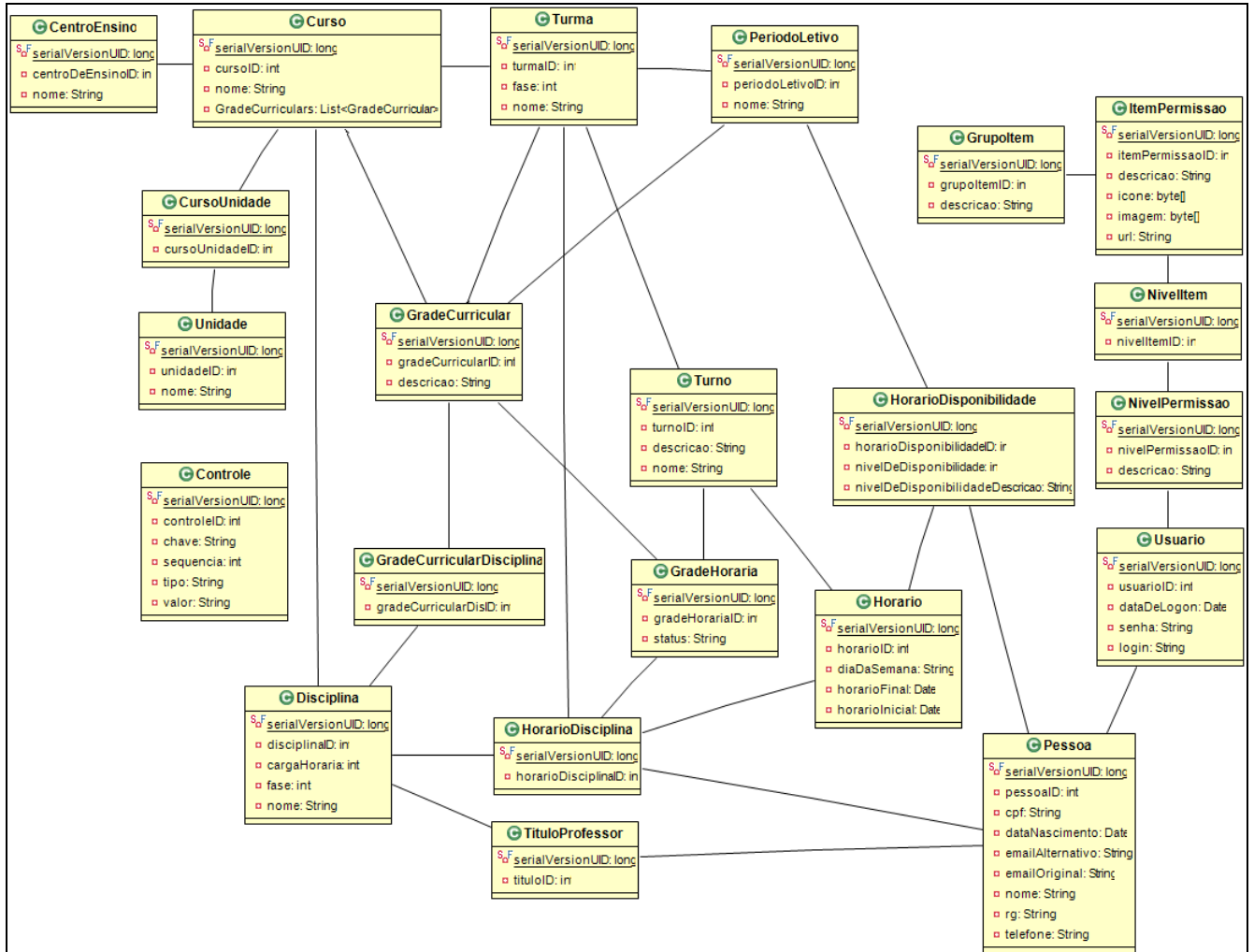
TABELA	DESCRIÇÃO
t_centro_ensino	Armazena o centro de ensino
t_controle	Utilizada para guardar informações de controle geral do sistema, incluindo parâmetros do AG.
t_curso	Armazena os cursos.
t_curso_unidade	Usada para indicar as unidades (campus) que curso possui.
t_disciplina	Armazena informações de disciplina.
t_grade_curricular	Usada para armazenar a capa da grade curricular.
t_grade_curricular_dis	Usada para armazenar as disciplinas da grade curricular.
t_grade_horaria	Armazena a grade horária gerada.
t_grupo_item	Usado para agrupar um conjunto de itens de menu do sistema podendo fazer sua classificação.
t_horario	Armazena os horários dos dias da semana.
t_horario_disciplina	Usada para guardar as disciplinas e os horário em que elas foram alocadas na grade horária gerada.
t_horario_disponibilidade	Usada para guardar os horários que possuem disponibilidade dos professores.
t_item_permissao	Usado para os itens de menu.
t_nivel_item	Indica o nível do item de menu.
t_nivel_permissao	Usado para categorizar o nível do item de menu.
t_periodo_letivo	Armazena o ano/semestre.
t_pessoa	Armazena o professor, ou outro usuário do sistema.
t_titulo_professor	Usada para indicar quais disciplinas o professor está disponível a lecionar.
t_turma	Armazena as turmas do curso.
t_turno	Armazena os turnos.
t_unidade	Armazena os campus e unidades da instituição.
t_usuario	Usado para fazer o controle de acesso ao sistema.

4.2 DIAGRAMA DE CLASSE DO HIBERNATE

O hibernate é um *framework* que serve para mapeamento objeto/relacional em java. Ele possibilita desenvolver classes persistentes usando java convencional e reflexão para acessar as propriedades de um objeto. O objetivo principal do *Hibernate* é diminuir a complexidade entre os programas Java onde precisam trabalhar com um banco de dados do modelo relacional. Em especial, na implementação de consultas e manipulações dos dados.

As classes possuem uma ligação recíproca. Isso é necessário para fazer o percorrimento entre os objetos buscados pelo *Hibernate*. É através deste modelo que o *Hibernate* faz o processo de seleção, inclusão, exclusão e alteração dos dados no banco de dados. Na (Figura 15) pode-se observar que todas as tabelas no banco de dados estão mapeadas em classes Java, onde são mapeamentos atributos das classes como o *field* do banco de dados até os *joins* comumente utilizados.

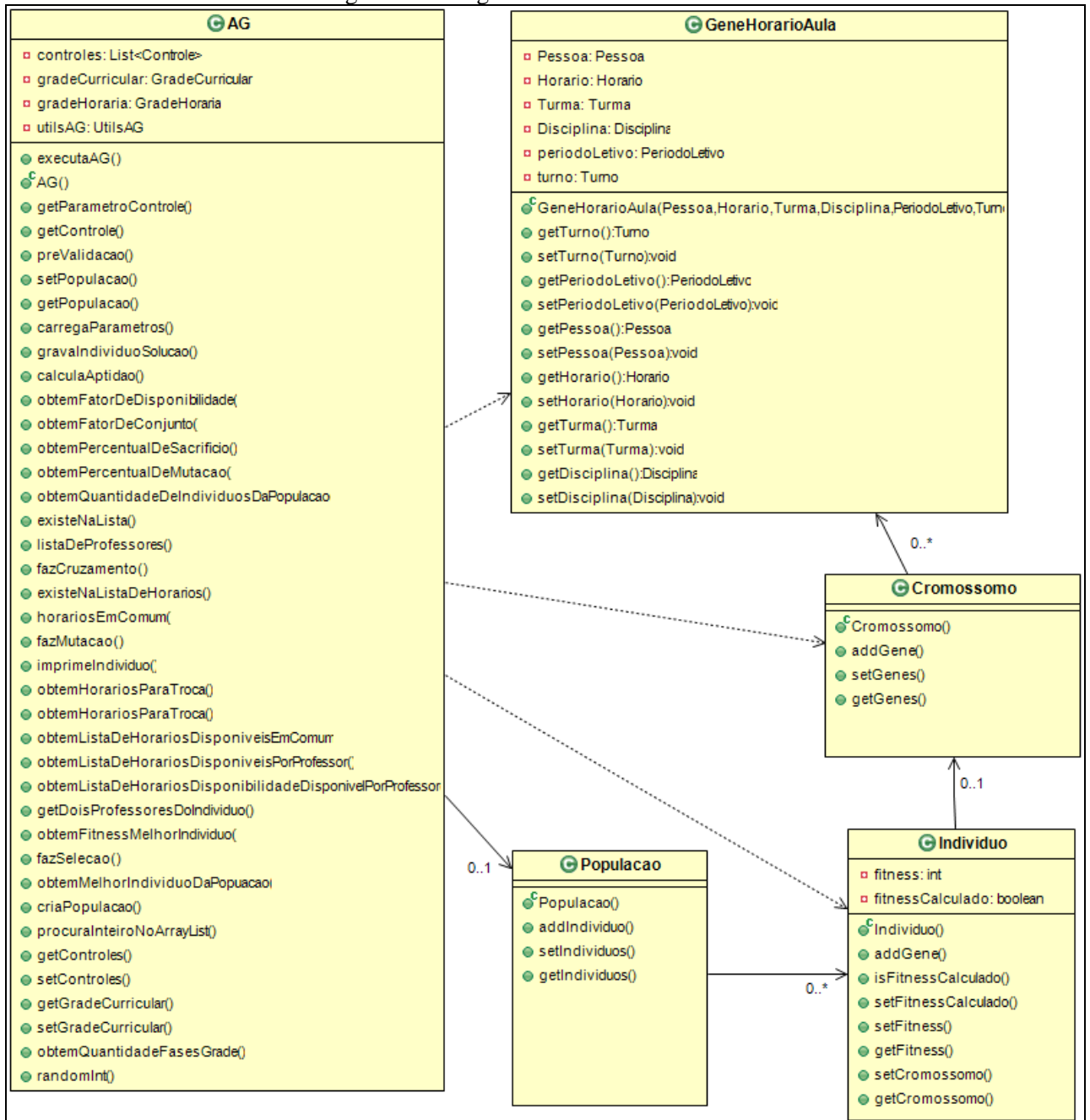
Figura 15 - Diagrama de classes modelo para Hibernate



4.3 DIAGRAMA DE CLASSE AG

Para adaptar o problema de geração da grade horária com a estrutura do algoritmo genético, foi necessário criar uma estruturas de classes apropriada. Esta estrutura é mostrada (Figura 16), onde estão os métodos principais para seguir o fluxo de execução conforme mostrado na (Figura 6).

Figura 16 - Diagrama de classe do AG



Como pode ser observado na Figura 16, são cinco as classes presentes na solução. São as seguintes as suas características:

- AG**: classe responsável por todo o fluxo de execução do algoritmo genético onde é necessário identificar qual curso, período letivo e turno que serão usados para gerar a solução, sendo que o método principal para execução completa do fluxo do AG é o `executaAG`. Nesta unidade principal contempla o uso do método `criaPopulacao` onde é criada a população inicial, o cruzamento que é feito pelo `fazCruzamento`, a mutação que é feita pelo `fazMutacao` e a seleção dos melhores indivíduos pelo método `fazSelecao`;

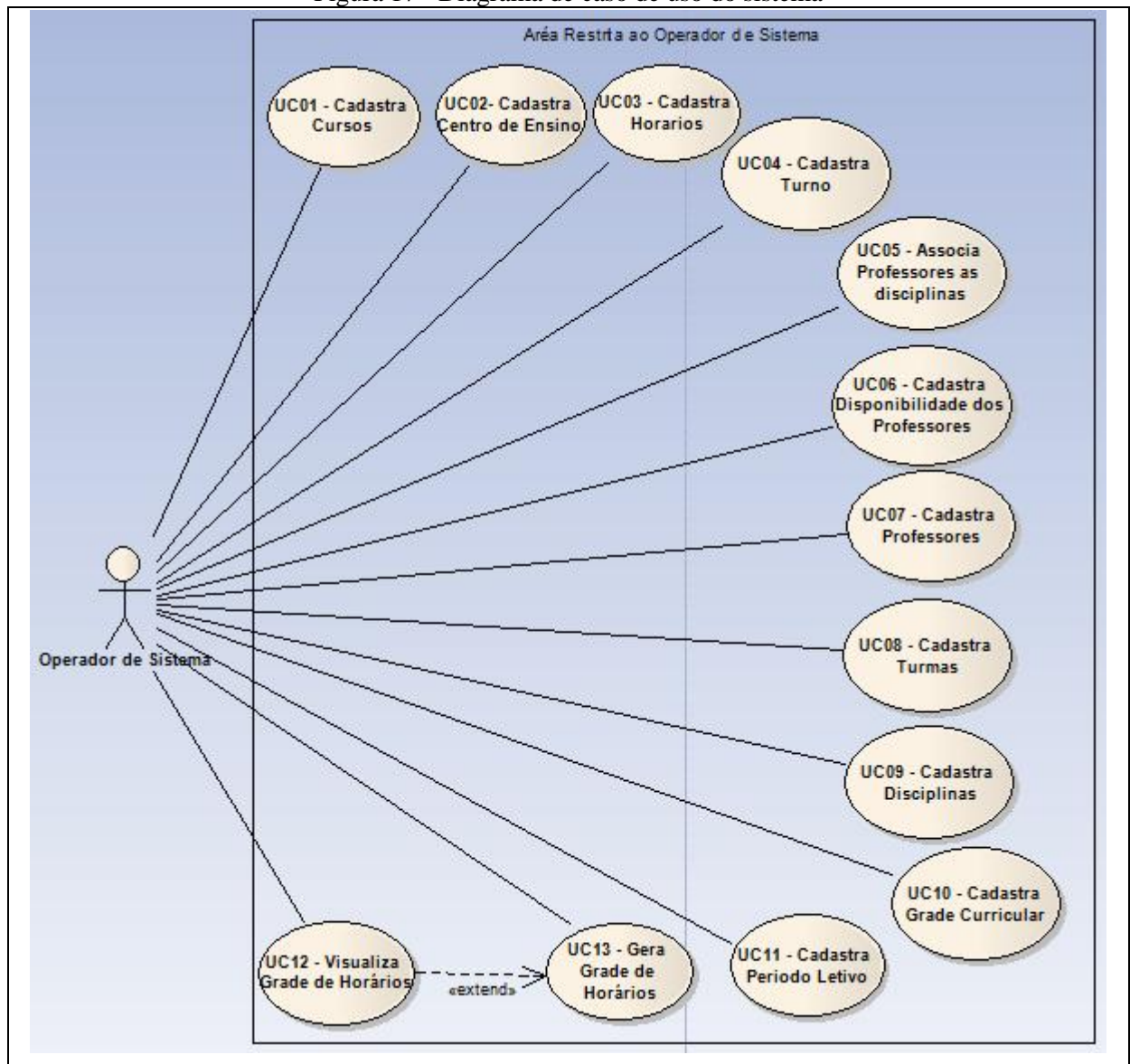
- b) populacao: classe que armazena todos os indivíduos envolvidos no AG;
- c) indivíduo: classe que define cada indivíduo e armazena o seu grau de aptidão;
- d) cromossomo: classe que define todo código genético de cada indivíduo, sendo que para cada indivíduo possui apenas um cromossomo;
- e) geneHorarioAula: classe que define cada horário da grade horária, o conjunto destas partes definem um cromossomo, através desta classe é definido qual professor, turma, disciplina e horário haverá aula.

Através do modelo de classes ilustrado na (Figura 16), é representado o algoritmo genético. Com esta estrutura é possível executar os processos que envolvem o AG como a geração da população, cruzamento, mutação, seleção e o ciclo de gerações.

4.4 DIAGRAMA DE CASO DE USO

De acordo com Larman (2004, p. 67) os casos de uso são mecanismos utilizados para especificar requisitos onde demonstram a forma de como usar o sistema para resolver os requisitos. Demonstram um cenário em que o usuário utiliza as funcionalidades que o sistema tem e todos os tipos de resultados esperados que o sistema deve apresentar. Na (Figura 17) está representado o caso de uso principal do sistema, as ações que o operador do sistema deve possuir para a execução das sistema. Estas ações são necessárias para a geração da grade horária.

Figura 17 - Diagrama de caso de uso do sistema



Como pode ser observado na (Figura 17), o sistema inclui treze diferentes casos de uso, cujas características são:

- cadastro de curso: neste caso de uso é feito o cadastro das informações do curso;
- cadastro de centro de ensino: serve para guardar as informações referentes a instituição de ensino;
- cadastro de horários: através deste caso de uso é feito o cadastramento de todos os horários de aula perante os dias da semana, podendo gravar somente os dias da semana que a instituição dará aula, incluindo finais de semana se for necessário;
- cadastro de turno: neste caso de uso é feito o cadastramento dos turnos como: matutino, vespertino, noturno, integral, etc...;
- associar professores as disciplinas: através deste caso de uso é feita a associação

do professor com as disciplinas em que ele está apto a lecionar;

- f) registrar disponibilidade do professor: neste caso de uso o professor irá informar sua disponibilidade entre os horários cadastrados pela instituição, sendo classificado para cada horário as opções de preferencial, disponível, indisponível. Dando uma viabilidade no momento da geração da grade horária deixando o professor escolher os horários em que ele tem preferência de lecionar e em último caso analisar pelo horários disponível;
- g) cadastro de professor: este caso de uso é usado para o cadastramento das informações de dados pessoais do professor;
- h) cadastro de turmas: neste caso de uso é feito o cadastramento das turmas do curso pertinente a determinado período letivo, nela é indicado qual grade curricular ela pertence;
- i) cadastro de disciplinas: este caso de uso é usado para cadastrar todas as disciplinas de todos os cursos, onde a separação delas será feita pela grade curricular;
- j) cadastra grade curricular: através deste caso de uso é criado as grades curriculares dos cursos da instituição, informando as disciplinas da grade e a qual período letivo essa grade curricular pertence;
- k) cadastro de período letivo: neste caso de uso é feito o cadastramento de cada ano/semestre, chamado de período letivo;
- l) visualizar grade de horários: através deste caso de uso é possível visualizar a grade de horários gerada pelo sistema;
- m) gerar grade de horários: nesta etapa do caso de uso é feito a geração da grade horária de determinado período letivo e curso.

4.5 PARAMETROS DO AG

A configuração dos parâmetros é especificado conforme Figura 17, onde:

- a) PERCENTUAL_MUTACAO: define o percentual mutação que ocorre na população;
- b) POPULACAO_MAXIMA: define a quantidade máxima de indivíduos na população inicial;
- c) QUANTIDADE_GERACOES: define a quantidade de gerações que a população irá passar;
- d) CONJUNTO: 1,2,3 e 4 definem o fator de conjunto com sua pontuação;
- e) PERCENTUAL_SACRIFICIO: define o percentual que os indivíduos devem

alcançar do melhor indivíduo para permanecerem na população;

- f) GRAU_PENALIDADE1: define uma penalidade caso um determinado dia da semana ocorra na sequência dos conjuntos “1,2,1”, aplicando uma penalidade de 5 pontos.

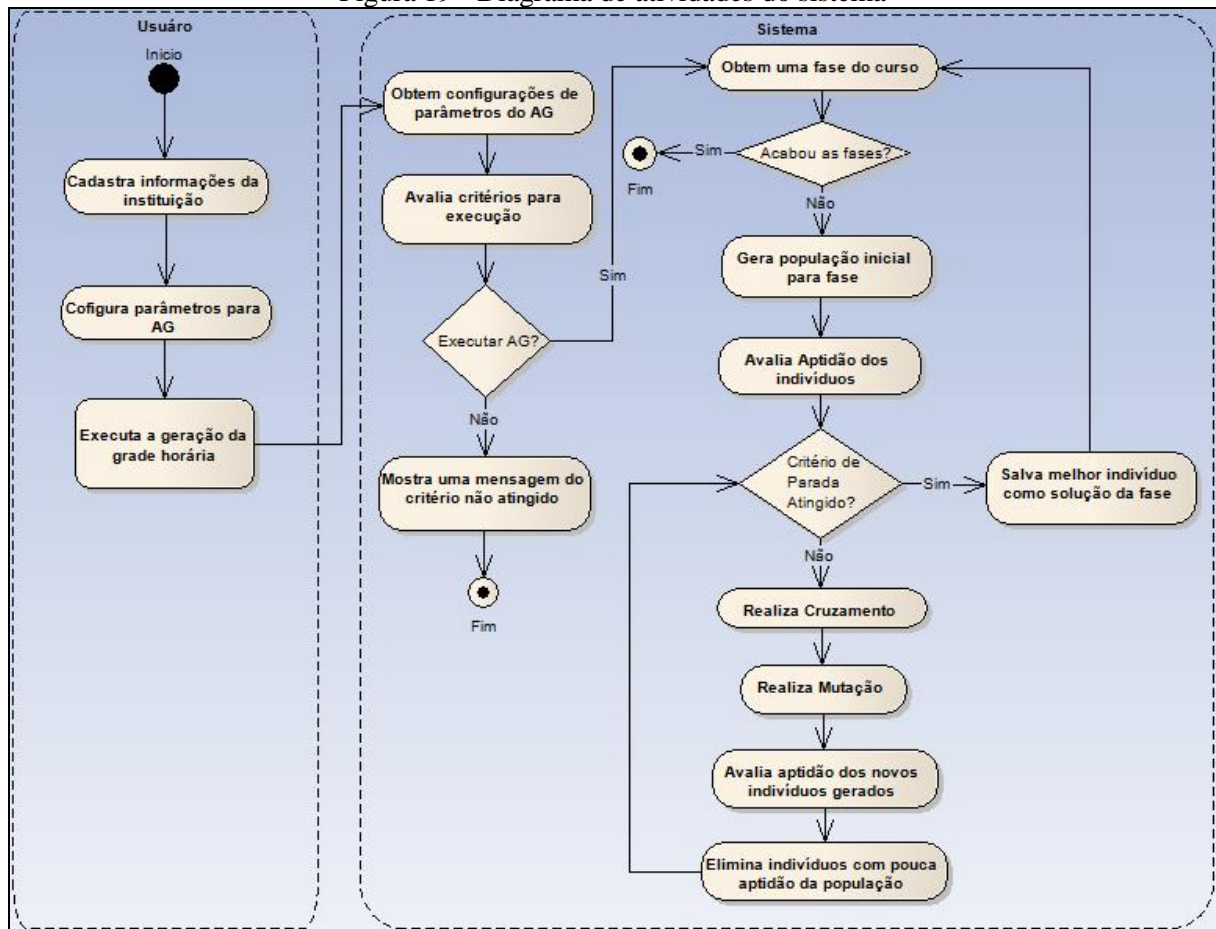
Figura 18- Parâmetros do AG

Chave	Sequencia	Tipo	valor
PERCENTUAL_MUTACAO	0	AG	20
POPULACAO_MAXIMA	0	AG	100
QUANTIDADE_GERACOES	0	AG	5
CONJUNTO1	1	AG	1
CONJUNTO2	2	AG	10
CONJUNTO3	3	AG	5
CONJUNTO4	4	AG	15
PERCENTUAL_SACRIFICIO	0	AG	80
GRAU_PENALIDADE1	5	AG	1,2,1

4.6 DIAGRAMA DE ATIVIDADES DO SISTEMA

Para a geração da grade horária ser bem sucedida, é necessário realizar as seguintes atividades conforme ilustrado no diagrama de atividades na (Figura 19).

Figura 19 - Diagrama de atividades do sistema



O primeiro passo para o usuário é cadastrar todas as informações pertinentes a geração da grade horária como professores, turmas, matriz curricular, horários, cursos, disponibilidade dos professores, entre outros.

No segundo passo é necessário configurar os parâmetros de configuração do algoritmo genético como fator de disponibilidade, fator de conjunto, quantidade máxima de população inicial, quantidade de gerações para o critério de parada, percentual de mutação entre outros.

Após o cadastramento e configuração feita, é onde o usuário parte para a geração da grade horária, sendo assim, ao fazer a ação de geração da grade horária, o sistema executa o algoritmo genético para criar a grade de horários.

No sistema, obtem-se os parâmetros de configuração informados pelo usuário. Sem o cadastramento dos parâmetros não é possível executar a geração da grade horária.

Em seguida é validado os dois critérios que avaliam se a carga horária dos professores envolvidos atende a necessidade das turmas do curso, e avaliam se há horários em indisponibilidade em comum que impedem também a geração da população. Caso não atendam algum destes critérios, é exibido uma mensagem ao usuário do problema detectado.

Com os critérios validados corretamente, é possível executar a geração da grade horária onde usa o algoritmo genético formalmente, fazendo o percorrimento pelas gerações, cruzando, mutando os indivíduos envolvidos e avaliando seu grau de aptidão, eliminando os indivíduos com pouca aptidão e fazendo todo este ciclo de gerações até o critério de parada ser atingido. Ao atingir o critério de parada, o indivíduo mais apto será usado como solução do problema.

4.7 GERAÇÃO DA GRADE HORÁRIA COM AG

A seguir são descritos os fatores que envolvem o algoritmo genético em adaptação ao problema de geração da grade horária dos professores.

4.7.1 Validações antes da execução do ag

Quando se trata de geração da grade horária, determinadas situações de disponibilidade dos professores podem levar à inexistência de uma solução válida para o problema. Por este motivo se faz necessário fazer algumas validações antes de começar a execução do AG para checar a existência de uma solução.

No momento em que o usuário faz a ação para o sistema gerar a grade horária, uma primeira validação é realizada. Nela verifica-se a somatória das cargas horárias das disciplinas que serão usadas na geração da grade horária, que devem ser, no mínimo, iguais a carga horária declarada pela disponibilidade dos professores. É possível observar no Quadro 5 e Quadro 6 as disponibilidades dos professores.

Quadro 5 - Disponibilidade do professor 1

Professor: Rodrigo					
P = Preferencial, D = Disponível, I = Indisponível					
<u>Horários</u>	<u>Seg.</u>	<u>Ter.</u>	<u>Qua.</u>	<u>Qui.</u>	<u>Sex.</u>
18:30 às 19:10	D	I	I	I	I
19:10 às 20:30	D	I	I	I	I
20:30 às 21:10	D	I	I	D	I
21:10 às 22:00	D	I	I	D	I

Quadro 6 - Disponibilidade do professor 2

Professor: Fernando					
P = Preferencial, D = Disponível, I = Indisponível					
<u>Horários</u>	<u>Seg.</u>	<u>Ter.</u>	<u>Qua.</u>	<u>Qui.</u>	<u>Sex.</u>
18:30 às 19:10	I	D	P	I	P
19:10 às 20:30	I	D	P	I	P
20:30 às 21:10	P	D	P	D	P
21:10 às 22:00	P	D	P	D	P

Fazendo uma análise sobre a Quadro 5 e Quadro 6, é possível constatar que o professor Rodrigo possui 6 horas aulas disponíveis, e o professor Fernando possui 16 horas aulas. Levando em consideração que cada professor leciona 1 disciplina sendo distribuída em 10 horas aulas cada, é notável que o professor Rodrigo não tem disponibilidade suficiente para esta carga horária. Mesmo que o professor Fernando possua horas aulas adicionais disponíveis, ele não está apto a lecionar a outra disciplina.

Então a validação consiste em calcular a somatória de horas aulas do professor diminuindo a somatória da carga horária das disciplinas do curso que ele leciona. Caso haja algum professor que não atenda essa demanda, não é possível chegar em uma solução, pois alguma fase ficará com um horário sem professor para determinada disciplina.

A segunda validação consiste em verificar se os professores que lecionam as disciplinas usadas para determinada fase de uma grade curricular possuem um horário em indisponibilidade em comum. Com apenas um caso ocorrendo em qualquer horário será impossível gerar a grade horária de determinada fase, pois não haverá nenhum professor disponível para lecionar sua disciplina neste horário.

Um exemplo é supor que na fase 1 é lecionado somente duas disciplinas, e que cada disciplina é lecionada por apenas um professor. Observando a Quadro 7 e Quadro 8, nota-se que na sexta-feira nos dois últimos horários, os dois professores estão indisponíveis. Sendo assim a turma ficaria sem aula, pois não há professor para lecionar alguma disciplina neste horário.

Quadro 7 – Disponibilidade do professor 1

Professor: Rodrigo					
P = Preferencial, D = Disponível, I = Indisponível					
<u>Horários</u>	<u>Seg.</u>	<u>Ter.</u>	<u>Qua.</u>	<u>Qui.</u>	<u>Sex.</u>
18:30 às 19:10	P	I	P	D	D
19:10 às 20:30	P	I	P	D	D
20:30 às 21:10	P	D	P	D	I
21:10 às 22:00	P	D	P	D	I

Quadro 8 – Disponibilidade do professor 2

Professor: Fernando					
P = Preferencial, D = Disponível, I = Indisponível					
<u>Horários</u>	<u>Seg.</u>	<u>Ter.</u>	<u>Qua.</u>	<u>Qui.</u>	<u>Sex.</u>
18:30 às 19:10	I	D	P	I	P
19:10 às 20:30	I	D	P	I	P
20:30 às 21:10	P	D	P	D	I
21:10 às 22:00	P	D	P	D	I

Mesmo diante da validação da carga horária disponível dos professores para as disciplinas do curso, podem ocorrer situações que ainda impedem a geração da grade horária. Para não ocorrer essas falhas na geração dos indivíduos da população, deve ser aplicado a segunda regra, que faz a verificação de indisponibilidades em conflito. Aplicado simultaneamente estas duas verificações, pode-se partir para a execução do algoritmo genético na geração da grade horária.

4.7.2 definição do indivíduo

A definição de um indivíduo mostra a forma que o problema será modelado e através dele o usuário terá a resposta de sua execução. Sendo assim para a geração da grade horária, o indivíduo foi definido por fase da grade curricular. Portanto, para cada fase da grade curricular o AG irá processar os indivíduos aplicando fatores que avaliarão sua aptidão, decidindo qual é o melhor indivíduo dentre a população.

O Quadro 9 apresenta a grade horária da turma 1 de um curso hipotético de Ciência da Computação, que compõe os horários regulamentados pela sua matriz curricular. O curso têm as disciplinas de Programação I, Linguagens de Programação, Inteligência Artificial, Empreendedorismo e Compiladores para serem alocadas durante uma semana. Suas cargas horárias são: 4 aulas de Programação I (Prog. I), 4 aulas de Inteligência Artificial (IA), 2 aulas de Empreendedorismo, 4 aulas de Compiladores e 6 aulas de Linguagens de Programação (Ling. de Prog.). Somadas, elas totalizam 20 horas aula. Todo esse conjunto de

informações representa um único indivíduo, e que seu genótipo é composto por professores com a disciplina que ele leciona encaixada nos respectivos dias da semana.

Quadro 9 - Ilustração do indivíduo 1

<u>Horários</u>	<u>Seg.</u>	<u>Ter.</u>	<u>Qua.</u>	<u>Qui.</u>	<u>Sex.</u>
18:30 às 19:10	IA	Ling. De Prog.	IA	Compiladores	Ling. De Prog.
19:10 às 20:30	Prog. I	Ling. De Prog.	IA	Compiladores	Ling. De Prog.
20:30 às 21:10	IA	Prog. I	Empreendedorismo	Compiladores	Ling. De Prog.
21:10 às 22:00	Prog. I	Prog. I	Empreendedorismo	Compiladores	Ling. De Prog.

No modelo atual, todo indivíduo gerado será apto e pode ser usado como solução, pois para cada indivíduo é validado as disponibilidades dos professores obedecendo as disciplinas da fase e os horários em indisponibilidade em comum. Porém, é normal gerar indivíduos com horários não agrupados, o que torna a aptidão do indivíduo classificada como baixa, um critério adotado com base no senso comum. Sendo assim, é possível observar no Quadro 10 que o horário gerado segmenta excessivamente as disciplinas – algo que, em geral, é indesejável nas insituições de ensino.

Quadro 10 - Ilustração do indivíduo 2

<u>Horários</u>	<u>Seg.</u>	<u>Ter.</u>	<u>Qua.</u>	<u>Qui.</u>	<u>Sex.</u>
18:30 às 19:10	IA	Ling. De Prog.	Empreendedorismo	Ling. De Prog.	Compiladores
19:10 às 20:30	Prog. I	Prog. I	IA	Compiladores	Ling. De Prog.
20:30 às 21:10	IA	Ling. De Prog.	Empreendedorismo	Ling. De Prog.	Compiladores
21:10 às 22:00	Prog. I	Prog. I	IA	Compiladores	Ling. De Prog.

4.7.3 ranking de indivíduo - função de avaliação

Foram criados critérios para definir quais indivíduos possuem melhor qualificação dentre todos os indivíduos gerados na população, a chamada função de avaliação. Esses critérios são definidos pela disponibilidade de cada professor e pela combinação de conjunto sequenciais de horário para cada dia da semana. A função é representada pela seguinte formula:

$$\text{Ranking do indivíduo} = (\Sigma \text{ fator de conjunto}) + (\Sigma \text{ fator de disponibilidade})$$

O fator de conjunto é composto por parâmetros valorados pela quantidade de conjuntos sequenciais de aulas, conforme exemplo na Tabela 2, definidos na tabela de controle. Através dele é possível fazer a configuração mais adequada para a instituição. Sendo assim cada conjunto agrupado em sequência possui um peso. A soma destes pesos sobre cada conjunto de todos os dias da semana determina um *ranking* para cada indivíduo.

Tabela 2 - Pontuação do fator de conjunto

Conjunto	Pontuação
1	1
2	10
3	5
4	15

Analisando o exemplo da Tabela 2, em primeira visão, o conjunto que tiver 4 aulas consecutivas seria o mais pontuado. Mas analisando com mais critério, com 2 conjuntos de 2 aulas consecutivas chegaria-se a 20 pontos. Isto é maior que a pontuação de 4 aulas consecutivas. Através da manipulação destes parâmetros é possível pontuar qual modelo que horário seria o ideal para a instituição.

Considerando este fator de conjunto dentre uma grande população, haverá muitos indivíduos com o mesmo *ranking*. Assim, é necessário aplicar também o fator de disponibilidade, para determinar uma pontuação diferenciada entre os indivíduos que são semelhantes.

Para o fator de disponibilidade, observando a Tabela 3, foi qualificado que cada horário disponível tem grau 1, nos horários preferenciais tem grau 2. Para horários indisponíveis não há necessidade de qualificar a pontuação pois não há indivíduos com seu genótipo alocando professores em horários indisponíveis. Isso determina que quanto mais horários alocados preferenciais mais pontos o indivíduo terá, elevando seu grau no *ranking*.

Tabela 3 - Pontuação do fator de disponibilidade

Grau Disponibilidade	Pontuação
Preferencial	2
Disponível	1

Observando a representação dos indivíduos com suas pontuações na

Tabela 4 respeitando as disponibilidades dos professores declaradas no Quadro 11, é possível constatar a pontuação gerada em cada indivíduo, sendo que a única diferença do indivíduo 001 para o indivíduo 002 é a troca das duas primeiras aulas de quinta-feira pela duas últimas. Esta troca não altera o fator de conjunto dos indivíduos pois ainda continuam com 2 conjuntos de 2 aulas consecutivas, mas aplicando o fator de disponibilidade, a somatória do fator de disponibilidade do indivíduo 001 é menos que a do indivíduo 002. Sendo assim o indivíduo 002 mais apto dentre a população.

Quadro 11 - Disponibilidade dos professores

Professor: Antonio					
P = Preferencial, D = Disponível, I = Indisponível					
Horários	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.
18:30 às 19:10	D	I	D	D	D
19:10 às 20:30	D	I	D	D	D
20:30 às 21:10	D	D	P	P	P
21:10 às 22:00	D	D	P	P	P

Professor: Wilson					
P = Preferencial, D = Disponível, I = Indisponível					
Horários	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.
18:30 às 19:10	D	D	P	P	P
19:10 às 20:30	D	D	P	P	P
20:30 às 21:10	D	D	P	D	D
21:10 às 22:00	D	D	P	D	D

Tabela 4 - Fator de conjunto e disponibilidade calculado por indivíduo

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
18:00 as 19:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	18:00 as 19:00 Prof.: Maurício Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	18:00 as 19:00 Prof.: Maurício Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	18:00 as 19:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	18:00 as 19:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática
19:00 as 20:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	19:00 as 20:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados	19:00 as 20:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	19:00 as 20:00 Prof.: Maurício Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	19:00 as 20:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática
20:00 as 21:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática	20:00 as 21:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	20:00 as 21:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	20:00 as 21:00 Prof.: Maurício Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	20:00 as 21:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados
21:00 as 22:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática	21:00 as 22:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados	21:00 as 22:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	21:00 as 22:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	21:00 as 22:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados
Fator de Disponibilidade 8	Fator de Disponibilidade 8	Fator de Disponibilidade 8	Fator de Disponibilidade 8	Fator de Disponibilidade 8
Fator de Conjunto 20	Fator de Conjunto 4	Fator de Conjunto 12	Fator de Conjunto 12	Fator de Conjunto 20

4.7.4 geração da população

A população representa um conjunto de indivíduos gerados tanto pelo cruzamento, a partir de uma população inicial. Observando a afirmação de Santos e Passoto (2004, p. 103), “a população inicial é criada pelas combinações dos horários dos indivíduos, sendo que para

cada combinação gerada é criado um novo indivíduo que representa uma possível solução e que faz parte do mesmo conjunto”.

Para a criação dos indivíduos da população inicial, é necessário fazer uma combinação dos horários disponíveis dos professores de acordo com a matriz curricular. No modelo adotado, não é permitido criar indivíduos alocando professores em horários em indisponibilidade, sendo assim cada indivíduo pode ser usado como uma solução.

Uma nova geração de indivíduos é criada para cada fase do curso, o AG trabalha na busca da melhor solução para cada fase, avaliando seu genótipo. Após denotar um indivíduo como solução de determinada fase, é feita uma nova população para fase corrente, levando em consideração as alocações dos professores já efetuadas na fase anterior para que não haja um determinado professor tendo que lecionar sua disciplina no mesmo horário de outra fase, o que seria impossível.

4.7.5 cruzamento

Segundo Lopes (1995, p. 35), o cruzamento é necessário para criar novas estruturas de acordo com as estruturas existentes, assim podendo definir indivíduos mais aptos ou não. Essa avaliação da aptidão é definida pela função de avaliação.

No presente trabalho o cruzamento é feito de forma mais criteriosa, pois a troca de seu genótipo pode conflitar com as disponibilidades dos professores e também a carga horária das disciplinas lecionadas da fase, gerando indivíduos inválidos. Portanto para fazer o cruzamento entre dois indivíduos é necessário realizar um duplo ponto de troca em seu genótipo.

O Quadro 12 mostra a disponibilidade de 3 professores, cada um lecionando somente sua disciplina, sendo a carga horária de 10 aulas para matemática, 6 para português e 4 para inglês. São obtidos dois indivíduos ilustrados no

– 13, respeitando as disponibilidades dos professores declarados no Quadro 12. No entanto para fazer o cruzamento entre os dois indivíduos para gerar um filho é preciso escolher aleatoriamente uma disciplina em cada indivíduo e analisar se há disciplinas sendo alocadas no mesmo horário. No indivíduo 1 há a disciplina de matemática na terça-feira na última aula, com o indivíduo 2 também na terça-feira na última aula. Sendo assim, esta troca seria possível pela disponibilidade de cada professor mas não pela carga horária, então é feita novamente uma troca de forma inversa com as mesmas disciplinas sorteadas para cruzamento

conforme Quadro 14, assim os dois indivíduos terão sua carga horária correta. Após a troca dupla de código genético, um destes indivíduos será usado como filho, não alterando o código genético de seus pais genitores. O resultado deste cruzamento multi ponto gerando um novo indivíduo é ilustrado no

Quadro 15.

Quadro 12 - Disponibilidade de 3 professores por disciplina

DISPONIBILIDADE DOS PROFESSORES					
<u>MAT</u>					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>q</u>	<u>q</u>	<u>s</u>
1	D	D	D	D	I
2	D	D	D	D	I
3	I	D	I	D	D
4	I	D	I	D	D
<u>POR</u>					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>q</u>	<u>q</u>	<u>s</u>
1	I	I	D	D	D
2	I	I	D	D	D
3	D	D	D	I	D
4	D	D	D	I	D
<u>ING</u>					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>q</u>	<u>q</u>	<u>s</u>
1	D	D	D	D	D
2	D	D	D	D	D
3	I	D	D	I	D
4	I	D	D	I	D

Quadro 13 - Primeiro gene em comum

Indivíduo 01					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>q</u>	<u>q</u>	<u>s</u>
1	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>ING</u>	<u>ING</u>
2	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>ING</u>	<u>ING</u>
3	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>

4	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>
Indivíduo 02					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>q</u>	<u>q</u>	<u>s</u>
1	<u>ING</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>ING</u>
2	<u>ING</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>ING</u>
3	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>
4	<u>POR</u>	<u>POR</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>

Quadro 14 - Segundo gene em comum

Indivíduo 01					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>Q</u>	<u>Q</u>	<u>s</u>
1	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>ING</u>	<u>ING</u>
2	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>ING</u>	<u>ING</u>
3	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>
4	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>
Indivíduo 02					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>Q</u>	<u>Q</u>	<u>s</u>
1	<u>ING</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>ING</u>
2	<u>ING</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>ING</u>
3	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>
4	<u>POR</u>	<u>POR</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>

Quadro 15 - Indivíduo filho gerado após cruzamento

Indivíduo filho após cruzamento					
	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>q</u>	<u>q</u>	<u>s</u>
1	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>ING</u>	<u>ING</u>
2	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>ING</u>	<u>ING</u>
3	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>
4	<u>POR</u>	<u>POR</u>	<u>POR</u>	<u>MAT</u>	<u>MAT</u>

4.7.6 mutação

Segundo Lopes (1995, p. 36), a mutação é realizada em uma população para que ela não fique homogênea. Estas mutações são apenas alterações no gene de um indivíduo de tal forma que haja uma variedade maior de indivíduos após gerações. No presente trabalho a mutação é realizada na troca de disciplinas de um indivíduo. Assim como no cruzamento, essa troca é feita levando apenas em consideração as disponibilidades dos professores envolvidos,

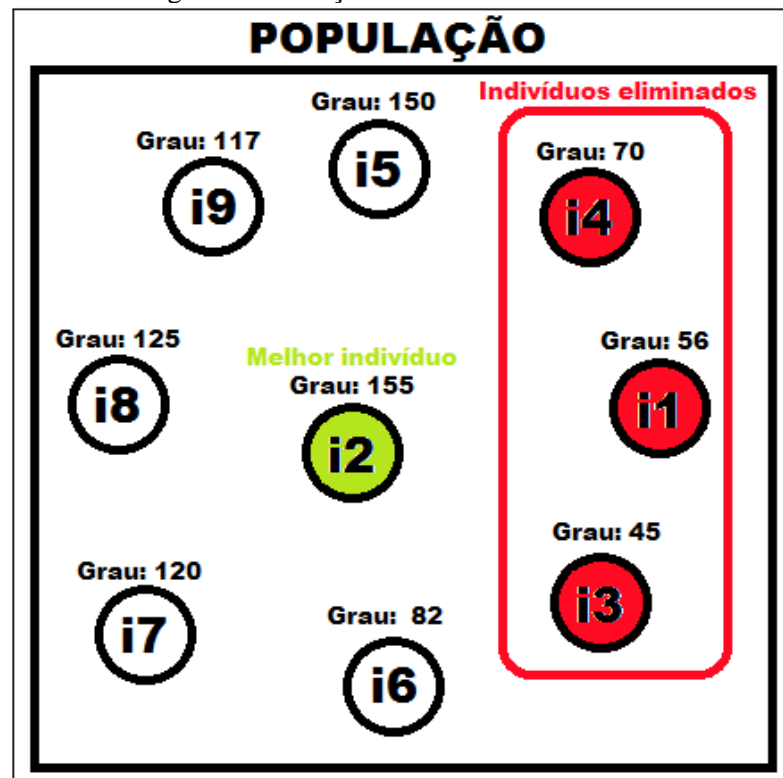
não é necessário validar a carga horária, visto que como é feito uma troca de horários não afeta a quantidade de horas aulas da grade para cada disciplina.

A mutação é feita de forma aleatória em determinados indivíduos, onde os indivíduos são escolhidos de acordo com um percentual determinado por um parâmetro na tabela de controle. Assim quanto maior o percentual indicado pelo parâmetro, maior será a variedade na população.

4.7.7 seleção de indivíduos mais aptos

Foi definido um critério de descarte dos indivíduos entre a população, esse processo visa eliminar possíveis indivíduos que não chegam próximo ao *rank* do melhor indivíduo atual da população gerada. Neste caso foi criado um parâmetro na tabela de controle, onde o critério de descarte é o percentual que o indivíduo está abaixo do indivíduo com melhor aptidão.

Figura 20 - Seleção dos melhores indivíduos



Conforme Figura 20, entre todos os indivíduos da população. Deve-se sobreviver somente os indivíduos mais aptos, então foi definido um critério de descarte dos indivíduos com pouca aptidão que definem a função de avaliação. O critério consiste em obter o grau de aptidão do indivíduo mais apto e descartar os indivíduos que não atingiram ao menos 50% do mesmo, sendo assim os indivíduos i1, i3 e i4 serão eliminados. Após este descarte restarão os

melhores indivíduos que serão usados para as novas gerações podendo ou não gerar filhos com maior grau de aptidão.

4.7.8 critério de parada

O critério de parada foi definido por uma quantidade determinada de gerações executadas no AG. Assim quando determinada população atingir o limite máximo de gerações, será feita a avaliação de aptidão de todos os indivíduos da população e o indivíduo com maior aptidão será apresentado como solução no final da execução.

A quantidade de gerações do AG é identificada por um parâmetro criado na tabela de controle. É possível manipular essa informação podendo resultar em um indivíduo com maior aptidão dependendo do número de gerações indicadas pelo parâmetro.

4.8 OPERACIONALIDADE

A seguir são destacadas as principais funcionalidades presentes no sistema.

4.8.1 Titulação dos professores

Conforme Figura 21, neste passo é feito o cadastramento das disciplinas que o professor está apto a lecionar, pode ser observado que cada professor pode ter uma ou mais disciplinas.

Figura 21 - Cadastro de títulos do professor

The screenshot displays the 'R.C.' system interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'R.C.' and the days of the week: DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB. Below this, a sidebar on the left contains menu items: Principal, Gerar grade, Cadastrados, Disciplina, Curso, Professor, Titulo Professor (highlighted), Turma, Centro de Ensino, Período Letivo, Turno, Grade Curricular, Horário, Disponibilidade de Professor, and Consultas. The main content area is titled 'Selecione um professor' and shows a dropdown menu for 'Professor Everaldo'. Below this, there are buttons for 'Buscar títulos do professor' and 'Incluir'. A table displays the results of the search, with a pagination bar above it showing '(1 of 1)' and a page number '1'. The table has the following data:

ID	Professor	Disciplina	Curso	Excluir
13	Everaldo	Engenharia de Software	Ciência da Computação	Excluir
15	Everaldo	Processo de Software 1	Ciência da Computação	Excluir

4.8.2 Cadastro de professores

Conforme Figura 22, o cadastramento dos professores é somente informando alguns dados particulares de cada professor. É obrigatório fazer este passo antes de vinculá-los as disciplinas dos cursos e declarar a sua disponibilidade.

Figura 22 - Cadastro de professores

The screenshot displays the R.C. system interface. On the left, there is a navigation menu with options like 'Principal', 'Gerar grade', 'Cadastros', 'Disciplina', 'Curso', 'Professor', 'Titulo Professor', 'Turma', 'Centro de Ensino', 'Periodo Letivo', 'Turno', 'Grade Curricular', 'Horario', 'Disponibilidade de Professor', 'Consultas', and 'Grade Horária'. The main area shows a table of professors with columns for 'Nome', 'Alterar', and 'Excluir'. A modal window titled 'Professor' is open, containing the following fields:

- Nome: Roberto Heinzle
- Data de Nascimento: 01/01/2000
- Telefone: 88889999
- CPF: 12345678900
- RG: 11111111
- E-mail: heinzle@furb.br
- E-mail Alternativo: (empty)

Buttons for 'Inserir Pessoa' and 'Alterar Pessoa' are visible at the bottom of the modal.

4.8.3 Cadastro dos horários de aula

Conforme Figura 23, o cadastramento dos horários de aula é feito a critério da instituição, definindo qual período cada aula irá ter e em quais dias de semana.

Figura 23 - Cadastro de horários

The screenshot displays the R.C. system interface. On the left, there is a navigation menu with options like 'Principal', 'Gerar grade', 'Cadastros', 'Disciplina', 'Curso', 'Professor', 'Titulo Professor', 'Turma', 'Centro de Ensino', 'Periodo Letivo', 'Turno', 'Grade Curricular', 'Horario', 'Disponibilidade de Professor', 'Consultas', and 'Grade Horária'. The main area shows a table of class schedules with columns for 'ID', 'Turno', 'Dia da semana', 'Horario Inicial', 'Horario Final', 'Alterar', and 'Excluir'. A modal window titled 'Horario' is open, containing the following fields:

- Turno: Not
- Dia da Semana: Segunda-feira
- Hora Inicial: (empty)
- Hora Final: (empty)

Buttons for 'Inserir Horario' and 'Alterar Horario' are visible at the bottom of the modal.

4.8.4 Cadastro da grade curricular

Conforme Figura 24, o cadastramento da grade curricular é feito de acordo com o período letivo e curso. Neste passo não é necessário informar a qual fase pertence cada disciplina, pois essa informação consta no cadastro da disciplina.

Figura 24 - Cadastro da grade curricular

The screenshot shows the 'Seleção de uma Grade Curricular' interface. At the top, there's a search bar for 'Grade Curricular' with a dropdown menu set to 'Grade Curricular BCC 2011/1' and a 'Buscar Disciplinas da Grade' button. Below this are buttons for 'Criar Nova Grade' and 'Adicionar Disciplinas na Grade'. A table displays the selected disciplines:

ID	Período Letivo	Curso	Disciplina	Excluir
1	2011/1	Ciência da Computação	Engenharia de Software	Excluir
2	2011/1	Ciência da Computação	Banco de Dados 1	Excluir
7	2011/1	Ciência da Computação	Computação gráfica	Excluir
8	2011/1	Ciência da Computação	Robotica	Excluir

4.8.5 Cadastro de disciplinas

Conforme Figura 25, neste passo é necessário informar qual fase ela pertence, curso e carga horária da disciplina. Essa carga horária informada será usada para definir a quantidade de horas aulas necessárias para preencher cada grade de horários por fase.

Figura 25 - Cadastro de disciplinas

The screenshot shows the 'Cadastro de disciplinas' interface. A table lists various disciplines with their respective details. A modal window titled 'Disciplina' is open, allowing for the editing of a discipline's details:

Código	Nome	Curso	Carga Horária	Fase	Alterar	Excluir
1	Engenharia de Software	Ciência da Computação	4	7	Alterar	Excluir
2	Banco de Dados 1			5	Alterar	Excluir
3	Processos Concorrentes			5	Alterar	Excluir
4	Redes			5	Alterar	Excluir
5	Compiladores			5	Alterar	Excluir
6	Processo de Software 1			6	Alterar	Excluir
8	Banco de Dados 2	Ciência da Computação	4	6	Alterar	Excluir
9	Sistema distribuído	Ciência da Computação	4	6	Alterar	Excluir
10	Comportamento organizacional	Ciência da Computação	4	6	Alterar	Excluir
19	Psw2	Ciência da Computação	4	7	Alterar	Excluir

The modal window 'Disciplina' contains the following fields:

- Nome: Engenharia de Software
- Fase: 7
- Carga Horária: 4
- Curso: Ciência da Computação

Buttons for 'Inserir Disciplina' and 'Alterar Disciplina' are also visible.

4.8.6 Cadastro de curso

Conforme Figura 26, neste passo é feito um simples cadastro do curso informando qual centro de ensino ele constitui.

Figura 26 - Cadastro de curso

The screenshot shows the R.C. (Régime Curricular) interface. A modal window titled "Curso" is open, allowing the user to register a new course. The form contains the following fields:

- Nome:** Ciéncia da Computação
- CentroEnsino:** FURB

Buttons for "Inserir Curso" and "Alterar Curso" are visible at the bottom of the modal. The background interface shows a list of courses with columns for "Curso", "Nome", "CentroEnsino", "Alterar", and "Excluir".

4.8.7 Grade Horária

Conforme Figura 26, neste passo é feito um simples cadastro do curso informando qual centro de ensino ele constitui.

Figura 27 – Consulta de grade horária gerada

The screenshot shows the "Consultar Grade de Horaria" interface. The search criteria are:

- Grade Curricular: Grade Curricular BCC 2013/1
- Turno: Noturno
- Fase: 1

The "Buscar Grade" button has been clicked, resulting in the following table of generated class hours:

Segunda	Terca	Quarta	Quinta	Sexta	Sabado	Domingo
18:00 as 19:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	18:00 as 19:00 Prof.: Mauricio Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	18:00 as 19:00 Prof.: Mauricio Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	18:00 as 19:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	18:00 as 19:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática	Sem registros	Sem registros
19:00 as 20:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	19:00 as 20:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados	19:00 as 20:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	19:00 as 20:00 Prof.: Mauricio Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	19:00 as 20:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática		
20:00 as 21:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática	20:00 as 21:00 Prof.: Antonio Carlos Tavares Disc.: Sistemas Operacionais	20:00 as 21:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	20:00 as 21:00 Prof.: Mauricio Capobianco Lopes Disc.: Programação Orientada a Objetos II	20:00 as 21:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados		
21:00 as 22:00 Prof.: Wilson Pedro Carli Disc.: Estatística Aplicada à Informática	21:00 as 22:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados	21:00 as 22:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	21:00 as 22:00 Prof.: Miguel Alexandre Wisintainer Disc.: Teoria da Computação	21:00 as 22:00 Prof.: Aurélio Faustino Hoppe Disc.: Algoritmos e Estruturas de Dados		

4.8.8 Horários do professor

Conforme Figura 26, neste passo é possível que cada professor visualize sua grade de horários elaborada.

Figura 28- Horário por professor

R.C.
DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB

Filtros para listagem

Principal
Gerar grade
Configuracoes
Cadastros
Disciplina
Curso
Professor
Titulo Professor
Turma
Centro de Ensino
Periodo Letivo
Turno
Grade Curricular
Horario
Disponibilidade de Professor
Consultas

Periodo Letivo: 2013/1
Turno: Todos
Professor: José Roque Voltolini da Silva
Buscar Horarios

Periodo Letivo	Turno	Professor	Disciplina	Dia Da Semana	Horario	Turma
2013/1	Matutino	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	2	08:00:00 as 09:00:00	Turma 2m
2013/1	Noturno	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	2	21:00:00 as 22:00:00	Turma 2n
2013/1	Noturno	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	3	18:00:00 as 19:00:00	Turma 2n
2013/1	Noturno	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	3	19:00:00 as 20:00:00	Turma 2n
2013/1	Matutino	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	4	07:00:00 as 08:00:00	Turma 2m
2013/1	Matutino	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	4	08:00:00 as 09:00:00	Turma 2m
2013/1	Matutino	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	5	09:00:00 as 10:00:00	Turma 2m
2013/1	Noturno	José Roque Voltolini da Silva	Liguagens de Programação	6	18:00:00 as 19:00:00	Turma 2n

5 ESCOPO E LIMITAÇÕES

Para a geração da grade horária, o trabalho foi limitado pelas seguintes características:

- a) o algoritmo genético atua somente sobre cada curso da instituição isoladamente, não referindo as disponibilidades usadas de um determinado professor sobre outros cursos em que já foi alocado;
- b) cada disciplina da matriz curricular do curso referido deve haver apenas um professor titulado a lecionar a disciplina;
- c) cada fase do curso pode ter somente uma turma alocada por turno.

6 CONCLUSÃO

Os objetivos do trabalho foram atingidos pois foi desenvolvido um sistema WEB em java para manipular as informações pertinentes a geração da grade horária aplicando o algoritmo genético para montagem da grade horária. No que se refere aos objetivos específicos, primeiramente foi disponibilizado uma interface que permitiu informar a disponibilidade preferência de horário do professor, também foi considerado a disponibilidade declarada pelo professores na geração da grade horária. Por último, foi disponibilizado uma consulta para os professores verificarem o seu quadro de horários elaborado.

Aplicando o modelo de geração apenas de cromossomos aptos para a população, fez com que o algoritmo genético buscasse o melhor indivíduo da população e não apenas na busca um indivíduo que completasse a matriz curricular. Procurando elaborar indivíduos com seus genes mais agrupados chegando ao modelo mais próximo ao convencional usado pelas instituições de ensino superior.

Devido a forma adotada, nem sempre é possível realizar o cruzamento entre o par de indivíduos selecionados, pois deve-se respeitar as disponibilidades dos professores e a matriz curricular restringindo ainda mais a chance de encontrar um par recíproco disponível para a troca dos genes entre os indivíduos. O mesmo acontece com a mutação, onde é menos crítica pois deve analisar somente a disponibilidade dos professores referente aos genes do indivíduo.

Uma dificuldade que não foi solucionada, é a de encontrar uma fórmula que identifique que o indivíduo já possui um grau de aptidão suficiente, não sendo mais necessário continuar passando os indivíduos por várias gerações. Esta formula seria aplicada no critério de parada do algoritmo genético. Mas pelos fatores de disponibilidade e de conjunto serem variáveis a análise da aptidão aceitável do indivíduo se torna complexa, pois dependendo do valor informado dos parâmetros de conjunto, o grau de um determinado indivíduo para ser aceitável também mudará.

Por fim, as validações antes da execução do AG, ajudaram a identificar soluções impossíveis, e a representação adotada dos cromossomos foi satisfatória, atendendo a geração da grade horária e também diminuindo a quantidade de indivíduos da população, diminuindo a chance de ocorrer explosão combinatória na geração da população inicial, por esta representação usar somente indivíduos aptos deixou o AG tratar a formulação de agrupamentos de horários gerando boas soluções para a instituição.

6.1 EXTENSÕES

Para trabalhos futuros seria interessante ter aulas conjuntas, tanto mais de uma turma do mesmo curso como de outros cursos. Essas aulas que agrupam mais de uma turma, dependendo da situação, eliminam a necessidade de um novo professor para lecionar a mesma disciplina para atender as turmas dos cursos.

Outro adicional seria poder fazer um comparativo de outra técnica para resolução da grade horária para fazer um comparativo entre elas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAZ JÚNIOR, Osmar de O. **Otimização de horários em instituições de ensino superior através de algoritmos genéticos**. 2000. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Exatas, Florianópolis. Disponível em:
<http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/otimiza%C3%A7%C3%A3o-horarios-em-institui%C3%A7%C3%B5es-ensino-superior-atraves-algoritmos-geneticos/id/595224.html>. Acesso em: 17 abr. 2012.
- FANG, Hsiao. **Generic algorithms in timetabling and scheduling**. 1994. 227 f. Tese (Doctorate) Department of Artificial Intelligence – University of Edinburgh, Scotland. Disponível em:
<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ia707_1s04/textos/fang94genetic_thesis.pdf>. Acesso em: 03 maio 2012.
- GANASCIA, Jean-Gabriel. **Inteligência artificial**. São Paulo: Ática, 1993.
- GEHA, Sistemas especialistas. **Urânia**. Curitiba, 2012. Disponível em:
<<http://www.horario.com.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2012.
- GÓES, Anderson R. T. **Otimização na distribuição da carga horária de professores: método exato, método heurístico, método misto e interface**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade Federal do Paraná, Paraná. Disponível em:
<<http://www.ppgmne.ufpr.br/arquivos/diss/117.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2012.
- HAMAWAKI, Cristiane D. L. **Geração automática de grade horária usando algoritmos genéticos: o caso da faculdade de Engenharia Elétrica da UFU**. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) Tecnologia da Informação – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais. Disponível em:
<<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/225/1/GeracaoAutomaticaGrade.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2012.
- IBGE. **Censo 2011**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 14 jun. 2012.
- LIMA JÚNIOR, Hélio F.; CORRÊA, Marcus V. **Implementação de um sistema de alocação de professores e disciplinas em grades horárias utilizando algoritmo genético**. 2010. 62 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo. Disponível em:
<engenharia.anhembi.br/tcc-10/cco-07.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2012.

LOBO, Eduardo L. M. **Uma solução do problema de horário escolar via algoritmo genético paralelo**. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) Departamento de Pesquisa e Pós Graduação – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.mmc.cefetmg.br/info/downloads/D006-EduardoLuizMirandaLobo2005.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2012.

LOPES, Luciana. S. **Uma heurística baseada em algoritmo genéticos aplicada ao problema de cobertura de conjuntos**. 1995. 66 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.lac.inpe.br/~lorena/luciana/tese-luciana.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2012.

LUCAS, Diogo C. **Algoritmos genéticos: uma introdução**. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~alvares/INF01048IA/ApostilaAlgoritmosGeneticos.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2012.

PREIS, Thomás A. **Protótipo gerador de grade horária para instituições de ensino**. 2007. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciência da Computação) Centro de Ciências Exatas e Naturais – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. Disponível em: <<http://campeche.inf.furb.br/tccs/2007-II/TCC2007-2-34-VF-ThomasAPreis.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2012.

SANTOS, Daniela D. ; PASSOTO, Daniela. **Estudo comparativo de algoritmos genéticos aplicados ao escalonamento de tarefas**. 2004. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Pos_Graduacao/Mestrado/Engenharia_Eletrica/volume_IV/07.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2012.