

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE

MARCIO STRACK SKRABE

PROPOSTA DE ALGORITMO GENÉTICO PARA APLICAÇÃO
NO PROBLEMA DA GRADE HORÁRIA

Novo Hamburgo, novembro de 2007.

MARCIO STRACK SKRABE

PROPOSTA DE ALGORITMO GENÉTICO PARA APLICAÇÃO
NO PROBLEMA DA GRADE HORÁRIA

Centro Universitário Feevale
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
Curso de Sistemas de Informação
Trabalho de Conclusão de Curso

Professor Orientador: Ricardo Ferreira de Oliveira
Professora (Co)-Orientadora: Sandra Teresinha Miorelli

Novo Hamburgo, novembro de 2007.

AGRADECIMENTOS

A família, por compreender os momentos de ausência necessários para a realização do trabalho e pelo apoio incondicional.

Aos colegas de turma, pelos alegres momentos vividos durante os cinco anos de curso.

Aos colegas de Feevale, pelas idéias sugeridas e pelo desenvolvimento profissional e pessoal adquirido diariamente.

Aos professores, em especial ao Ricardo e a Marta, pela orientação e conhecimentos transmitidos.

RESUMO

Este trabalho trata do problema da geração da grade de horários de dois cursos de graduação de uma instituição de ensino superior. O problema é conhecido pela sua complexidade e por ser vivido a cada período letivo pelo corpo docente, discente e pelos funcionários da instituição. Após o levantamento de requisitos obtidos por meio de entrevistas com as pessoas envolvidas, modelou-se um algoritmo genético capaz de gerar a grade de horários baseada nas intenções de matrícula dos estudantes. Esse trabalho contribuiu com o estudo de um caso real e análise de possíveis soluções.

Palavras-chave: grade horária, algoritmos genéticos, modelagem de algoritmo

ABSTRACT

This paper deals with the problem of the timetabling of two graduation courses of a college. The problem is known by its complexity and being lived to each learning period for the teachers, students and for the institution employees. After the requirements analysis trough interviews with the people involved, it was designed a genetic algorithm able to generate such timetabling based upon the intentions of the students perceived in the registration procedure. This work has contributed to the study of a real case and analysis of solutions.

Keywords: timetabling, genetics algorithms, design of algorithms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fluxograma do processo de alocação de disciplinas _____	27
Figura 2.2 – <i>Site</i> de pré-matrícula _____	28
Figura 2.3 – <i>Site</i> de alocação de disciplinas _____	29
Figura 2.4 – <i>Site</i> de horários _____	30
Figura 2.5 – Sistema SATS _____	31
Figura 3.1 – Alocação de professores no Phidelis _____	38
Figura 3.2 – Quadro de horários com controle de choque no Phidelis _____	39
Figura 3.3 – Controle de horários do Perseus Athens _____	40
Figura 3.4 – Tela de processamento do quadro horários do Urânia _____	42
Figura 3.5 – Agenda de turmas do Lyceum _____	42
Figura 3.6 – Mudanças no fluxograma do processo de alocação _____	48
Figura 4.1 - Evolução e Genética _____	53
Figura 4.2 - Processo de <i>crossing-over</i> ou recombinação genética _____	56
Figura 5.1 – Tela de escolha das disciplinas no Simulador de Matrícula _____	69
Figura 5.2 – Tela de escolha dos horários no Simulador de Matrícula _____	69
Figura 5.3 - Diagrama de casos de uso _____	70
Figura 5.4 - Diagrama de pacotes _____	71
Figura 5.5 - Diagrama de classes do pacote da aplicação _____	71
Figura 5.6 - Diagrama de classes do pacote do algoritmo genético _____	72
Figura 5.2 - Representação do cromossomo e dos genes _____	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Comparativo entre a quantidade de vestibulandos que ingressam nos dois semestres letivos do ano.....	33
Gráfico 2.2 – Percentual de turmas canceladas (exceto disciplinas gerais).....	35
Gráfico 2.3 – Percentual de ocupação das turmas (exceto disciplinas gerais).....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Exemplo de grade horária	15
Quadro 2.1 – Cursos do estudo de caso	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Cursos e Institutos	22
Tabela 5.1: Penalidades fortes aplicadas na função de avaliação de aptidão.....	74
Tabela 5.2: Penalidades fracas aplicadas na função de avaliação de aptidão	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Algoritmo Genético
ASPEUR	Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo
BI	Business Intelligence
DNA	Ácido desoxirribonucléico
EJA	Educação de Jovens e Adultos
FEELT	Faculdade de Engenharia Elétrica
FISEM	Final de Semana
FURB	Universidade Regional de Blumenau
IA	Inteligência Artificial
ICET	Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
ICHLA	Instituto de Ciências Humanas, Letras e Artes
ICS	Instituto de Ciências da Saúde
ICSA	Instituto de Ciências Sociais Aplicadas
PROGRAD	Pró-Reitoria de Ensino
SATS	Sistema de Alocação e Troca de Salas
SIAE	Sistema Integrado de Administração Escolar
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UML	Unified Modeling Language
UNISUL	Universidade do Sul de Santa Catarina

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 GRADE HORÁRIA ESCOLAR	15
1.1 Fatores na construção da grade	16
1.2 Objetivos almejados	18
1.3 Tipos de restrições	19
1.4 Variações do problema	20
1.5 Formas de resolução	20
1.6 Estratégias para otimização	21
2 ESTUDO DE CASO	22
2.1 Sistemas de Informação	23
2.2 Ciência da Computação	24
2.3 Estrutura funcional	25
2.4 Processo de elaboração da grade de horários	25
2.5 Fatores na elaboração da grade de horários	31
2.6 Dificuldades e oportunidades	33
3 SOLUÇÕES EXISTENTES	37
3.1 Softwares comerciais	37
3.2 Trabalhos acadêmicos	43
3.3 Análise das soluções	47
3.4 Trabalho proposto	47
3.5 Análise de risco	49
4 ALGORITMOS GENÉTICOS	50
4.1 Definições	50
4.2 Histórico	51
4.3 Analogia Biológica	52
4.3.1 Teoria da Evolução por Seleção Natural	53
4.3.2 Genética	55
4.3.3 Relação com os algoritmos genéticos	56
4.4 Funcionamento	57
4.4.1 Inicialização	58
4.4.2 Avaliação	58
4.4.3 Seleção	59
4.4.4 Reprodução	60
4.4.5 Mutação	62
4.4.6 Atualização	62

4.4.7	Condição de término	62
4.5	Aspectos na criação do algoritmo	63
4.5.1	Codificação dos cromossomos	63
4.5.2	Parâmetros genéticos	64
4.6	Vantagens dos AG	65
4.7	Aplicações dos AG	65
5	PROPOSTA DE MODELAGEM	67
5.1	Pré-condições	67
5.1.1	Simulador de matrícula	67
5.2	Casos de uso	70
5.3	Diagramas de pacotes e de classes	70
5.4	Modelagem do algoritmo genético	72
5.4.1	Codificação dos cromossomos	72
5.4.2	Função de aptidão	73
5.4.3	Operadores e parâmetros	74
	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	ANEXOS	83

INTRODUÇÃO

A construção da grade de horários de realização das aulas é uma tarefa que os estabelecimentos de ensino precisam executar a cada período letivo. Trata-se de uma tarefa complexa, cuja grade resultante causa impacto na vida acadêmica de professores e alunos, assim como no gerenciamento da própria instituição de ensino. Uma boa tabela de horários contribui para o processo de ensino/aprendizagem, para a redução de custos e para a otimização da utilização dos diversos recursos da instituição de ensino. (HAMAWAKI, 2005)

Segundo Ciscon et. al (2005), confeccionar a grade manualmente é uma escolha que envolve grande quantidade de trabalho, é lenta e gera soluções de baixa qualidade. Sendo assim, examinou-se como o processo de geração da grade de horários dos cursos de Ciência da Computação e de Sistemas de Informação, do Centro Universitário Feevale, funciona e modelou-se um algoritmo que se, futuramente, for implementado, auxilie a gerar uma grade otimizada. A fim de reduzir o número de turmas canceladas e aumentar o índice de ocupação das salas, optou-se em modelar o algoritmo tendo como principal requisito a análise da demanda de alunos para cada disciplina.

Para alcançar um sólido embasamento sobre o tema, realizaram-se pesquisas bibliográficas em diversas fontes, estudos sobre trabalhos correlatos, análise de softwares comerciais e entrevistas com as pessoas envolvidas com a tabela de horários dos cursos mencionados. Concluído o embasamento, elaborou-se a modelagem do algoritmo através da *Unified Modeling Language* (UML) e das técnicas aplicadas nos trabalhos acadêmicos estudados.

O trabalho está organizado em cinco capítulos. Nos dois primeiros, são descritos os fatores, as restrições, as estratégias, os problemas e as oportunidades de melhoria na geração da grade de horários, em especial no estudo de caso. O terceiro capítulo aborda as soluções

existentes no mercado de software e os trabalhos correlatos. A seguir, detalham-se as características e os princípios de funcionamento da técnica escolhida para a modelagem: os algoritmos genéticos. Por fim, no último capítulo, é mostrada a modelagem proposta para o algoritmo.

1 GRADE HORÁRIA ESCOLAR

Elaborar a grade de horários é uma tarefa que qualquer estabelecimento de ensino precisa fazer no início de cada período letivo. A grade, também referida como *timetabling*, é a tabela que os alunos, professores e a instituição de ensino consultam para saber em quais dias e horários da semana as aulas estarão sendo realizadas. O quadro 1.1 ilustra a grade de horários do curso de graduação em Ciência da Computação (HAMAWAKI, 2005).

Quadro 1.1 – Exemplo de grade horária

Sem.	Horário	Dia				
		Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
1°	19:30 - 22:30	Algoritmos	Português	Matemática Fundamental	Programação I	Administração Contemporânea
2°	19:30 - 22:30	Estrutura de dados I	Cálculo I	Fundamentos da Realidade Brasileira	Programação II	Introdução à Economia
n°						

A tarefa é classificada por Braz Júnior (2000) na categoria NP – Difícil¹. Tal classificação origina-se da dificuldade em ponderar a grande quantidade de fatores e restrições envolvidos. A grade resultante tem que ser uma solução que otimize a relação entre os fatores e satisfaça adequadamente as restrições, pois, uma vez elaborada, ela será válida durante todo o período letivo. Pelo fato de cada país, nível de ensino, instituição de ensino possuir características próprias e adotar sistemas educacionais diferentes, fica improvável que se consiga uma solução universal e que atenda a todos os casos. (BRAZ JÚNIOR, 2000; ALVARENGA et. al, 2005; HAMAWAKI, 2005)

¹ A é um problema NP-difícil se todo problema de NP (algoritmo não-determinístico polinomial) se reduz polinomialmente a A.

1.1 Fatores na construção da grade

Conforme a experiência profissional do autor, que atua a dois anos no desenvolvimento de sistemas de informação de gestão escolar do Centro Universitário Feevale, objeto do estudo de caso, há diversos fatores que influenciam na construção da grade de horária dos cursos de graduação. A seguir, estão listados alguns desses fatores:

Demanda de alunos: compreende dois números distintos. O primeiro número expressa a quantidade de alunos que estão aptos a cursar cada disciplina, ou seja, que cumpriram todos os pré-requisitos necessários ou foram autorizados pela coordenação do curso. O segundo é um subconjunto do primeiro e indica a quantidade de alunos que tem a intenção de se matricular nas disciplinas. Entre as práticas para se alcançar os dois números, estão o cruzamento da grade curricular com o histórico escolar dos alunos, a coleta das intenções de matrícula dos alunos e o levantamento da quantidade de alunos matriculados em cada disciplina nos períodos letivos anteriores.

Professores: envolve a disponibilidade de horários dos professores que possuem a formação adequada para ministrar as disciplinas. Por exemplo, uma disciplina a distância somente será lecionada em algum dos horários disponíveis dos professores que possuem preparação específica para esse tipo de aula. Ainda é necessário observar o regime de contratação, a carga horária diária e total dos professores. A instituição deve respeitar o limite de horas diárias e mensais impostas pelas leis do país e pelo seu próprio regimento.

Espaço físico: em aulas presenciais, deve-se considerar a capacidade de alunos que as salas de aula suportam. Além disso, deve-se observar se a sala de aula está equipada com os recursos necessários para a realização das atividades. Por exemplo, uma disciplina de Desenho Técnico, do curso de Arquitetura, requer mesas adequadas para o desenvolvimento dos exercícios e dos trabalhos da disciplina.

Modalidade de matrícula (seriado ou flexível): outro fator de grande importância na formação da grade horária é a modalidade da matrícula. Em alguns cursos, o aluno é obrigado a cursar todas as disciplinas de um semestre do currículo enquanto em outros o aluno é livre para se matricular em quantas matérias quiser.

Disciplinas comuns: disciplinas como filosofia, português, matemática e metodologia científica são comuns a vários cursos. Para evitar que cada curso ofereça uma

turma para cada disciplina e maximizar o índice de ocupação das turmas, as instituições de ensino criaram o mecanismo de compartilhamento de turmas. Esse mecanismo permite que, na mesma turma, possam se matricular alunos de todos os cursos que tenham a disciplina em sua grade curricular.

Estágios e disciplinas práticas: as aulas desses tipos de disciplina ocorrem normalmente em locais fora da instituição de ensino. Geralmente o número de vagas acordado entre a escola e as outras organizações é pequeno e acaba provocando uma disputa acirrada por elas entre os alunos. Há uma forte concorrência pelas vagas nos locais que os alunos consideram como melhores. Um exemplo desse tipo de situação ocorre nos cursos de enfermagem e fisioterapia, nos quais as aulas das disciplinas práticas são realizadas em hospitais públicos e privados, e os alunos, geralmente, preferem estudar nos locais privados.

Particularidades nos currículos: certas particularidades pedagógicas dos currículos interferem na formação da grade horária. É o caso dos cursos que oferecem disciplinas optativas, habilitações, linhas de formação e núcleos de formação complementar. No exemplo das disciplinas optativas, o aluno escolhe entre uma lista de disciplinas qual quer cursar. Nas habilitações e linhas de formação, o currículo é o mesmo até certo ponto do curso. A partir de um marco, os alunos escolhem em qual habilitação do curso querem se formar e a grade muda conforme a escolha.

Currículos em extinção: São currículos de um curso que já estão com encerramento previsto e que, a partir de uma determinada data, não serão mais oferecidos. As instituições de ensino levam em consideração esses currículos, pois há alunos matriculados nesses currículos e ela pretende formá-los.

Formandos: os alunos formandos também são um fator importante, pois, muitas vezes, a data de colação de grau já está estabelecida e eles não podem ficar na dependência da concorrência a vagas com alunos que não estão se formando. É comum a utilização da estratégia da reserva de vagas.

Vestibulandos: assim como para os formandos, é preciso assegurar, aos vestibulandos e aos novos alunos, que ingressam de uma outra forma, a garantia de que consigam se matricular. Um aspecto a ser considerado é de que, nos processos seletivos de início de ano, a procura pelos cursos é, tradicionalmente, maior do que nos do meio do ano.

Processo de matrícula: cada escola tem o seu próprio processo de matrícula. Algumas oferecem as turmas antes da matrícula, outras matriculam os alunos e depois montam a grade e outras ainda usam o sistema de reserva de vagas.

Horário em que a disciplina é lecionada: (i) algumas disciplinas ocorrem sempre no mesmo horário durante o período letivo, por exemplo, segunda à noite; (ii) em outras, o horário varia de semana para semana, por exemplo, na primeira semana as aulas ocorrem na sexta e, na semana seguinte, na terça; (iii) algumas são lecionadas todos os dias até que a carga horária se encerre, mesmo que isso aconteça antes do final do período letivo regular.

1.2 Objetivos almejados

Assim como há muitos fatores que influenciam na elaboração da grade, existem vários objetivos a serem alcançados com sua construção. De acordo com a experiência profissional do autor, alguns desses objetivos são:

Evitar cancelamento de turmas: o cancelamento de turmas gera transtornos para alunos, professores e para a instituição de ensino. O aluno é prejudicado porque, ao ter escolhido a disciplina, deixou de fazer outras disciplinas ou atividades, podendo o cancelamento atrasar a sua formatura. O professor terá sua carga horária reduzida ou sofrerá um remanejamento de horas para outras atividades. A instituição perderá algumas matrículas e deixará de oferecer outras turmas, pois o espaço físico estava ocupado.

Evitar a abertura de turmas após o prazo de matrícula: a abertura de turmas após o período de matrícula também é algo prejudicial à instituição, porque é necessário que se procure professor para lecionar a disciplina e que se encontre uma sala disponível em pouco tempo. Também há a possibilidade de que a turma fique com poucos alunos.

Evitar turmas de atendimento especial: esse tipo de turma é criada quando a disciplina não está sendo oferecida regularmente e há alunos dependendo da aprovação nessas disciplinas para se formar. Esse tipo de turma tem um custo elevado, pois o número de alunos equivale ao de uma aula particular e é preciso pagar o professor e os custos da estrutura física.

Maximizar a ocupação das turmas: pretende-se que as turmas tenham a maior quantidade de alunos possível conforme o espaço físico e o caráter pedagógico da disciplina.

Uma turma com a ocupação otimizada significa redução de custos e aumento da capacidade de investimentos da instituição de ensino.

Otimização do espaço físico: significa ocupar as salas de um prédio da melhor maneira possível. Por exemplo: de um modo geral, os custos com iluminação, segurança e infra-estrutura são menores se um prédio for ocupado por inteiro do que se fossem usados dois prédios de mesma capacidade pela metade.

Perda de conhecimentos: Outro problema comum nas instituições, que se deseja evitar, é a perda de conhecimentos tácitos. Boa parte das decisões tomadas na elaboração da grade horária provém da experiência das pessoas responsáveis por tal tarefa nos períodos letivos anteriores. Quando há troca de pessoas, parte do conhecimento adquirido se perde.

Facilitar a aprendizagem: Hamawaki (2005) complementa a relação citando que, por não se ter disponibilidade integral de professores e alunos, distribuir bem os horários também é necessário em função do processo ensino/aprendizagem. Segundo a autora, as aulas precisam ser programadas de forma a não sobrecarregar o esforço físico e mental dos professores e alunos.

1.3 Tipos de restrições

A confecção da grade envolve uma série de restrições que podem ser conflitantes entre si. Ciskon et. al (2005) e Hamawaki (2005) classificam as restrições em:

Fortes ou severas: as restrições fortes são aquelas que, quando violadas, resultam em tabelas de alocação inválidas. Por exemplo, a alocação de um professor em duas salas distintas no mesmo horário e a alocação de turmas de disciplinas diferentes na mesma sala e horário.

Fracas ou moderadas: As restrições fracas são aquelas que, quando violadas, não inviabilizam a grade, entretanto, geram uma solução de baixa qualidade. Por exemplo, a alocação de um professor em um horário que não é de sua preferência.

1.4 Variações do problema

A grade de horários é objeto de vários estudos e algumas variantes do problema têm sido formuladas por pesquisadores. As variações não são tão rígidas a ponto de um trabalho conter exclusivamente as características de um dos tipos. Ribeiro Filho (2001) as classifica da seguinte maneira:

- *School Timetabling*: organização das aulas, de modo a não permitir que os professores e alunos tenham mais de uma aula ao mesmo tempo;
- *Course Timetabling*: ordenação das aulas de diversos cursos de uma universidade, a fim de evitar cursos simultâneos com estudantes em comum;
- *Examination Timetabling*: trata das datas de realização dos exames de uma escola. Procura-se espalhar as datas das provas o máximo possível e não deixar que cursos que tenham estudantes em comum façam os testes simultaneamente.

1.5 Formas de resolução

Uma forma de elaborar a grade de horários, bastante comum nas instituições de ensino, é fazê-la manualmente. Com o apoio de lápis, caneta, papel e outros utensílios de escritório ou até mesmo de sistemas de informação sem nenhum tipo de inteligência, uma equipe de pessoas monta os horários procurando satisfazer as restrições do problema. Frequentemente recorre-se ao método de tentativa e erro para solucionar alguma pendência. Segundo Ciskon et al. (2005, p.1), “a solução manual do problema além de ser trabalhosa e lenta, pode ocasionar soluções de qualidade muito ruim”.

A segunda alternativa é se valer de um sistema inteligente, que possa auxiliar no processo. O sistema deve ter a habilidade de percorrer o amplo campo de soluções possíveis resultantes da combinação dos diversos fatores e gerar soluções de qualidade que respeitem as restrições do cenário em que será aplicado. Ainda assim, após a geração da solução, é necessária a intervenção humana para garantir que a grade esteja de acordo com o esperado e que nenhum tipo de restrição tenha sido violada.

1.6 Estratégias para otimização

A fim de cumprir os objetivos relacionados na seção 1.2, desenvolveram-se estratégias como:

- Oferecer turmas de uma matéria de modo que a quantidade total de vagas disponível seja a metade da quantidade de alunos aptos a cursar a disciplina;
- Alocar poucas turmas e esperar que as vagas sejam ocupadas. Se depois de esgotadas, houver demanda, abrem-se novas turmas;
- Oferecer turmas de disciplinas comuns a vários cursos em todos os dias da semana. Dessa forma, os alunos conseguem se matricular nessas disciplinas quando as vagas das turmas que eles desejavam cursar já tenham terminado;
- Nas disciplinas em que a ementa de uma seja a continuação de outra, como por exemplo, Análise de Sistemas A e Análise de Sistemas B e houver pouca demanda de alunos, oferecer turmas apenas de uma das disciplinas. No período letivo seguinte, abrem-se turmas da outra disciplina.

Durante o capítulo, foram mostrados, de forma genérica, os diversos fatores, objetivos e restrições existentes na formação da grade de horários. No capítulo seguinte, são analisados e descritos os detalhes, em específico, dos cursos do estudo de caso.

2 ESTUDO DE CASO

A Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo (ASPEUR), entidade comunitária, sem fins lucrativos, constituída por lideranças da comunidade do Vale dos Sinos, localizado no Rio Grande do Sul, fundou a Feevale em 24 de março de 1970 e a mantém desde lá. A instituição criada atua no segmento educacional e foi homologada como Centro Universitário em 1999. A sua próxima meta é transformar-se em Universidade. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007i; CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007k)

A instituição oferece cursos de graduação, pós-graduação, extensão, superior de tecnologia, superior de formação específica, idiomas e formação pedagógica de docentes. Além disso, a Feevale dispõe da Escola de Aplicação, na qual os alunos podem cursar a educação infantil, ensino médio, cursos técnicos e a educação de jovens e adultos (EJA). Seus cursos são gerenciados por quatro institutos, conforme a Tabela 2.1. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007i; CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007k)

Tabela 2.1: Cursos e Institutos

Instituto	Cursos
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas (ICET)	Compreende cursos nas áreas de engenharia, computação, design, moda e arquitetura. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007c)
Instituto de Ciências Humanas, Letras e Artes (ICHLA)	Cursos voltados às Ciências Humanas, Letras e Artes, em especial na formação de professores (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007d)
Instituto de Ciências da Saúde (ICS)	Quiropraxia, Biomedicina, Ciências Biológicas, Enfermagem, Fonoaudiologia, Nutrição e Fisioterapia (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007e)
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas (ICSA)	Cursos de Comunicação Social, Direito, Turismo, Administração e áreas afins. Procuram promover o desenvolvimento sustentável e a melhoria na qualidade de vida da região (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007f)

O presente trabalho restringe-se aos cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação do ICET. Nos tópicos seguintes são apresentados detalhes desses cursos e de que forma a grade de horários deles é elaborada.

2.1 Sistemas de Informação

O curso de bacharelado de Sistemas de Informação é voltado à formação de profissionais capazes de sistematizar e qualificar os processos de construção de software e serviços de informática nas empresas em que atuem. O curso iniciou em 2003, possui três mil horas de duração e duas modalidades: regular e final de semana (FISEM). (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007b; CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007h)

Na modalidade regular, as matérias estão distribuídas em oito semestres, as aulas acontecem durante a semana e o aluno tem a liberdade, após o primeiro semestre, de escolher quantas disciplinas quer cursar. Já na opção FISEM, a grade curricular está estruturada em dez semestres, as aulas são realizadas nas sextas-feiras e nos sábados, o aluno, exceto em alguns casos, é obrigado a seguir a grade, cursando todas as disciplinas do semestre. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007h)

Em ambas as modalidades, todas as matérias têm sessenta horas aula de carga horária, sendo quatro delas realizadas a cada encontro. No âmbito financeiro, cada quinze horas aula equivalem a um crédito. Outra característica comum é a presença de duas disciplinas optativas e uma livre. Na disciplina optativa, o aluno escolhe uma das matérias que constam no rol de disciplinas optativas do currículo. As matérias da lista pertencem a outros cursos como Ciência da Computação e Engenharia Eletrônica. Na disciplina livre, o aluno pode escolher qualquer disciplina que a instituição esteja oferecendo e não tenha pré-requisito e que a coordenação do curso autorizou. O aluno pode ainda escolher como livre uma disciplina da lista de optativas. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007i)

As atividades complementares são outro aspecto comum das duas modalidades. Para conseguir se formar, o acadêmico deve cursar cento e vinte horas de atividades como cursos de extensão, publicação de artigos, monitoria, visita técnica, etc. Como particularidade da modalidade regular está a existência das disciplinas concomitantes, também chamadas de co-requisitos. Nesse caso, o aluno é obrigado a cursar duas ou mais disciplinas no mesmo

semestre. Logo, a coordenação precisa ofertar as duas disciplinas para que os alunos consigam cumprir a concomitância. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007i)

2.2 Ciência da Computação

O bacharelado em Ciência da Computação aborda os conceitos que sustentam as tecnologias e forma profissionais aptos a trabalhar no desenvolvimento de projetos de software e/ou hardware, além de desenvolver a ciência e a tecnologia. O curso possui alunos matriculados em três grades curriculares distintas. Duas delas, a de 1991/02 e a de 2000/01 estão em extinção e não recebem mais novos alunos. A terceira, pela qual os novos alunos ingressam, é a de 2003/01. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007a; CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007g; CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007j)

O currículo de 1991/02 tem a duração de duas mil novecentas e trinta horas aula, é dividido em dez semestres e suas disciplinas têm dois ou quatro ou oito ou dez créditos. A grade de 2000/01 leva três mil e sessenta horas aula para ser concluída, está dividida em oito semestres e a predominância de matérias é de quatro créditos, embora algumas sejam de oito créditos. Uma particularidade desse currículo é a existência de disciplinas concomitantes, que, conforme foi explicado anteriormente, é necessário que o aluno curse as disciplinas juntamente no mesmo período letivo. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007g)

O currículo de 2003/01 assemelha-se, em algumas características, ao de Sistemas de Informação. Sua duração é de três mil e duzentos e quarenta horas aula e está estruturado em nove semestres. Todas as suas disciplinas são de quatro créditos e há a presença de duas optativas, uma livre e matérias concomitantes. Entre a lista de optativas há matérias de Sistemas de Informação, Engenharia Eletrônica e da própria Ciência da Computação. Assim como no curso de Sistemas de Informação, os alunos precisam comprovar cento e vinte horas de atividades para se formar. (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE, 2007g)

O quadro 2.1 apresenta um resumo das informações descritas nas seções 2.1 e 2.2.

Quadro 2.1 – Cursos do estudo de caso

Curso	Sistemas de Informação		Ciência da Computação		
	FISEM	Noturno	2003/1	2000/1	91/2
Semestres	8	10	9	8	10
Créditos	4			4 e 8	2, 4, 8 e 10
Modalidade	Seriado	Livre			

Opt. / Livre	2 optativas e 1 livre	Não
Disc. Conc.	Sim	Não

2.3 Estrutura funcional

A estrutura funcional utilizada pelos cursos é a mesma devido ao fato deles possuírem grades curriculares parecidas, serem voltados a mesma área do conhecimento e terem poucas diferenças entre si. Os dados da estrutura são os seguintes:

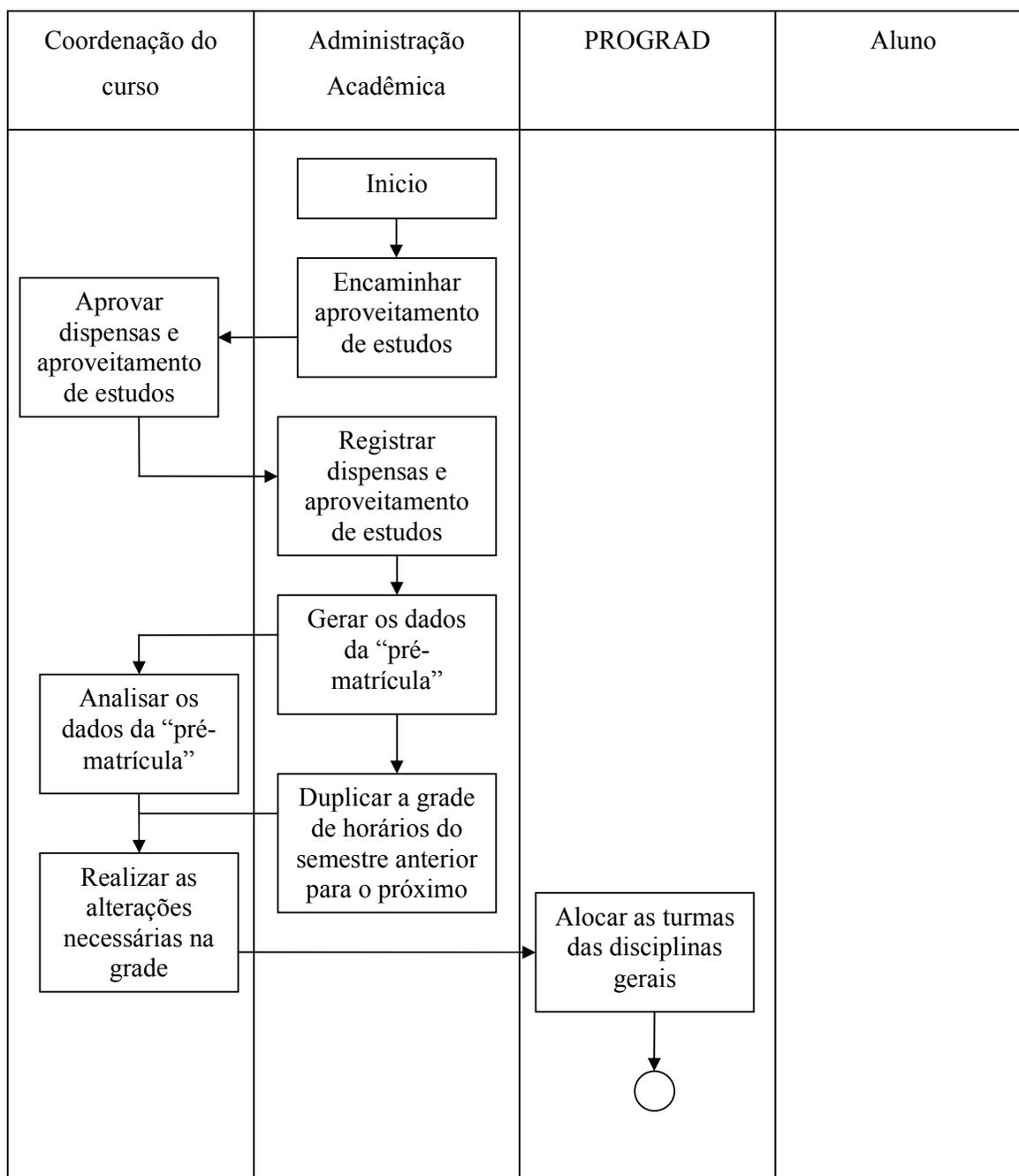
- Corpo docente: 43 professores;
- Laboratórios específicos: 8;
- Turnos dos cursos: noturno e físem;
- Horário de realização das aulas dos cursos noturnos: durante os dias de semana, as aulas ocorrem das 18h às 19h15min, das 19h30min às 20h45min e das 21h às 22h15min. Nos sábados, ocorrem das 08h30min às 09h45min e das 10h às 11h15min;
- Horário de realização das aulas da modalidade físem: nas sextas-feiras, as aulas ocorrem das 18h às 19h15min, das 19h30min às 20h45min e das 21h às 22h15min. Nos sábados, ocorrem das 08h30min às 09h45min, das 10h às 11h15min, das 11h45min às 13h, das 14h às 15h15min e das 15h30min às 16h45min. Há ainda os intensivos, que ocorrem duas vezes por ano, iniciando uma semana após o encerramento do período letivo regular. Os horários das aulas são os mesmos do período regular acrescidos da quinta-feira, em que se repetem os horários da sexta-feira.

2.4 Processo de elaboração da grade de horários

Nas seções 2.1 e 2.2, apresentaram-se algumas características e particularidades dos dois cursos compreendidos no estudo de caso do presente trabalho. Nessa seção, é mostrado como funciona o processo de geração da grade de horários dos dois cursos, que também é chamado de alocação de disciplinas. As informações que serão apresentadas foram levantadas através de entrevistas com os colaboradores da Feevale e pela experiência profissional do autor.

O processo envolve diretamente quatro entidades: (i) a coordenação dos cursos; (ii) a Administração Acadêmica ou Protocolo, que é responsável pelos registros acadêmicos da Feevale e pelo recebimento das solicitações dos alunos; (iii) PROGRAD, pró-reitoria de ensino, cuja responsabilidade é regulamentar os procedimentos de ensino na instituição e, no caso da grade de horários, aloca as turmas das disciplinas gerais, comuns a todos os cursos; (iv) e o aluno, que é quem vai usufruir da grade.

A Figura 2.1 ilustra o fluxograma desse processo:



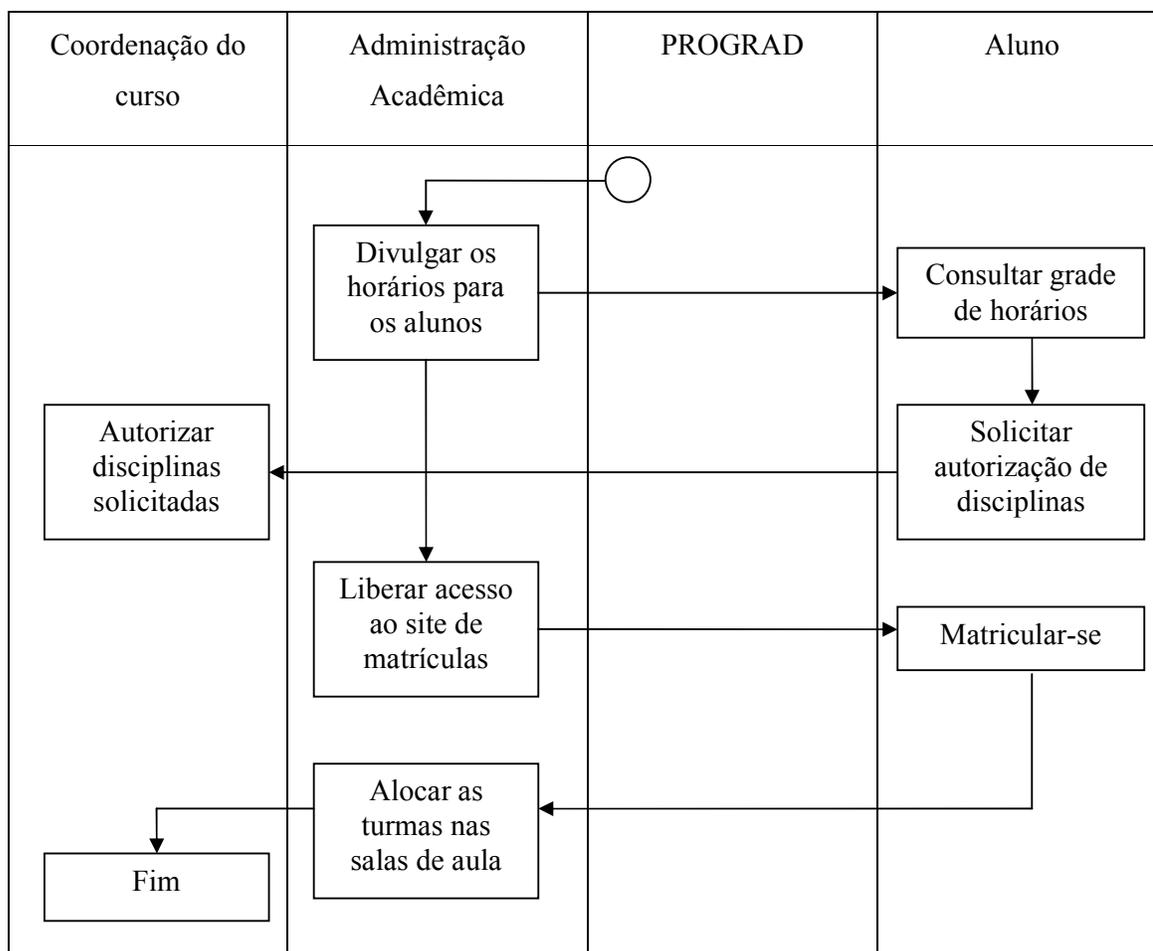


Figura 2.1 – Fluxograma do processo de alocação de disciplinas

A primeira fase do processo contempla o encaminhamento, a aprovação e o registro das dispensas e dos aproveitamentos de estudos. Os alunos solicitam a dispensa de algumas disciplinas mediante a comprovação de terem realizado alguma matéria equivalente em outra instituição de ensino ou em outro curso. A dispensa pode ser comprovada também por algum atestado, no caso da disciplina de Educação Física, existente nos currículos antigos. Essa fase é importante, pois, conforme os aproveitamentos e as dispensas vão sendo deferidos, as disciplinas dos semestres mais a frente do curso vão sendo liberadas para os alunos e o número de acadêmicos aptos a cursar uma disciplina pode aumentar ou diminuir. Além disso, se os registros não são feitos corretamente, no momento em que o aluno for se matricular para o próximo período letivo, alguma disciplina que ele estaria liberado para cursar pode não estar disponível.

Na etapa seguinte, geram-se os dados de pré-matricula. Esses dados consistem na lista de disciplinas em que cada aluno poderá se matricular. Poderão existir disciplinas para que o aluno está liberado, ou seja, já cumpriu todos os pré-requisitos, ou está condicionado a

aprovação nas disciplinas em que ele está matriculado no momento ou ainda as autorizadas pela coordenação do curso. Os dados são obtidos através de um processamento que faz um cruzamento entre a grade curricular, o histórico do aluno, a matrícula do semestre vigente e as autorizações concedidas pela coordenação do curso.

A partir da geração desses dados, disponibilizam-se diversos relatórios para a coordenação do curso com a finalidade de auxiliar nas decisões tomadas para a geração da grade horária. Entre os relatórios fornecidos, estão os da quantidade de alunos aptos a cursar cada disciplina, a quantidade provável e o histórico de alunos matriculados nos semestres anteriores. Além da quantidade, é possível saber a relação dos alunos que pertencem a cada um dos relatórios.

Depois de gerados os dados da pré-matrícula, a Administração Acadêmica procede à duplicação da grade de horários do semestre vigente para o próximo. Copiam-se as turmas, os dias da semana em que elas acontecerão e quais os professores que lecionarão as disciplinas. Alguns cursos da Feevale optam em não fazer essa replicação, construindo a grade do zero, mas, na Ciência da Computação e em Sistemas de Informação, o procedimento é realizado.

Selecione o currículo do curso Escolha a matéria para gerar a pré-matrícula

200301 ANÁLISE DE SISTEMAS A

Dados de pré-matrícula da matéria selecionada

Dados	
Nome da Matéria:	(29064) ANÁLISE DE SISTEMAS A
Nome do Curso:	(4001) BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
Instituto:	(ICET) INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

Pré-Matrícula			
	Geral	*Potencial	Média
Curso	722	133	42
Instituto	116	41	78
Instituição	133	41	77

* Total potencialidade e comportamento do aluno a partir da atribuição do currículo.

Alocação 200801						
Instituto	Curso	*Potencial	Turmas(Horário)	Vagas	Matriculas Turma	Matriculas Curso
ICET	CIICO(N)	13	4017C(2N)	25		
ICET	SISINFO(F)	20	9546A(7H)	38		
ICET	SISINFO(N)	8	4017C-9530A(2N)	15		
		41		78	0	0

Histórico das Alocações						
Período	Vagas Curso	Matriculas Curso	Saldo Curso	Vagas Geral	Matriculas Geral	Saldo Geral
200702 *	25	17	8	78	34	44
200701 *	25	16	9	78	40	38
200602 *	25	22	3	80	33	47
200601 *	25	20	5	80	49	31
200502 *	25	16	10	80	28	52
200501 *	46	38	8	112	63	49

Figura 2.2 – Site de pré-matrícula

De posse dos relatórios e com a grade replicada, a coordenação analisa os dados e faz as alterações necessárias. Algumas vezes, há troca de professores, devido à alteração na disponibilidade de horários deles ou à contratação ou demissão de professores, troca de horários e à necessidade de oferecer turmas de disciplinas pela primeira vez, pois elas pertencem a um currículo novo, em que a primeira turma está nos semestres iniciais. A situação contrária também pode acontecer: disciplinas de currículos em extinção podem deixar de serem oferecidas, porque todos os alunos desses currículos já cursaram a matéria.

The screenshot shows the 'Alocação de Disciplinas' website. At the top, there's a green header with the logo 'evale' and the title 'Alocação de Disciplinas'. Below the header, there are navigation links like 'Enviar' and 'Logout'. A search bar is present with the text 'Pesquise Aqui!'. The main content area displays course information: 'Curso: (4001) SACARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - 200301' and '1º SEMESTRE DE 2008 (200801)'. Below this, there's a table titled 'Semestre Horários' showing a weekly schedule. The table has columns for days of the week (Segunda, Terça, Quarta, Quinta, Sexta, Sábado) and rows for different disciplines. Each cell in the table contains the discipline name, code, credits, and the name of the professor assigned to that class.

Figura 2.3 – Site de alocação de disciplinas

Encerrado o prazo de alocação das disciplinas específicas dos cursos, a PROGRAD faz a alocação das disciplinas gerais. As disciplinas gerais são aquelas comuns a quase todos os cursos. Entre elas, pode-se citar: Filosofia, Psicologia Geral, Fundamentos da Realidade Brasileira e Cidadania, Matemática Fundamental e Português. Costuma-se oferecer, no mínimo, uma turma de cada disciplina por turno e dia da semana. Nos cursos seriados de final de semana, nos quais os alunos são obrigados a cursar todas as disciplinas do semestre, a PROGRAD não faz a alocação dessas disciplinas. A responsabilidade fica com a coordenação do curso.

Uma vez terminada a alocação das disciplinas gerais, a Administração Acadêmica libera o acesso ao *site* de horários para que os alunos consultem a grade ofertada. No *site*, os acadêmicos têm opções para consultar os horários dos cursos em que estão matriculados, por instituto, e uma página para pesquisar as turmas de qualquer disciplina. Os alunos que, ao

consultarem as informações, identificarem que é preciso a autorização de disciplinas não liberadas, recorrem à coordenação do curso para providenciar tal liberação. A autorização pode ser de uma disciplina não liberada ou de um turno no qual não há aulas do curso. Por exemplo, se o curso do aluno é diurno, ele pode solicitar a autorização para se matricular em uma turma de curso noturno. A Figura 2.4 exibe a tela de pesquisa de disciplinas do *site* de horários.

The screenshot shows the 'Horários' website interface. At the top, there is a header with the 'feevale' logo and the word 'Horários' next to a clock icon. On the left, there is a circular menu with options: 'Menu', 'Meus Cursos', 'Institutos', 'Pesquisa Matéria', and 'Log off'. The main content area is titled 'Informe os parâmetros da pesquisa' and contains the following sections:

- Informe o código/nome da matéria (obrigatório):** A text input field.
- Selecione o dia da semana:** Radio buttons for Segunda, Terça, Quarta, Quinta, Sexta, and Sábado.
- Selecione o turno do horário:** Radio buttons for Manhã, Intermediário, Tarde, Vespertino, and Noite.
- Pesquisar:** A button to execute the search.

Below the search form, there is a section titled 'Resultado da pesquisa para os parâmetros informados' containing a table with the following data:

Instituto	Curso	Horário	Código	Matéria
ICET	CICO	3N	17484	COMPLEXIDADE DE ALGORITMOS
ICET	SISINFO	3N	17484	COMPLEXIDADE DE ALGORITMOS
ICET	SISINFO	3N	17484	COMPLEXIDADE DE ALGORITMOS
ICET	CICO	2N	29014	ALGORITMOS
ICET	LICO	2N	29014	ALGORITMOS
ICET	CICO	4N	29014	ALGORITMOS
ICET	LICO	4N	29014	ALGORITMOS
ICET	SISINFO	4N	29014	ALGORITMOS
ICET	SISINFO	6N	29014	ALGORITMOS
ICET	ENGCAL	2N	44034	ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO

Figura 2.4 – Site de horários

Após certo período de tempo do início da divulgação dos horários, a Administração Acadêmica libera o *site* de matrículas para que os alunos consigam efetivamente se matricular. O acesso é dado de forma gradual. Primeiramente, permite-se apenas o acesso aos veteranos dos cursos com vagas limitadas, em função das aulas acontecerem em instituições conveniadas com a Feevale, como clínicas e hospitais. Em um segundo momento, libera-se o acesso para o restante do corpo discente. Ao longo do período de matrículas, as coordenações dos cursos fazem o acompanhamento do número de alunos matriculados e podem abrir novas turmas, cancelá-las ou ainda dividi-las. Conforme a situação, é preciso negociar horas a mais com professores ou deslocá-los para outras atividades de ensino, como pesquisa e cursos de extensão.

Na semana que antecede o início das aulas, a Administração Acadêmica realiza a alocação das turmas nas salas de aula. O procedimento considera as características informadas durante a alocação de disciplinas, como a exigência das aulas ocorrerem em um laboratório de informática, necessidades dos professores, como a não alocação de um professor que tenha alergia à giz em uma sala com esse tipo de quadro e o número de alunos matriculados na turma. A ferramenta utilizada para a alocação das salas é o sistema de alocação e troca de salas (SATS), mostrado na Figura 2.5.

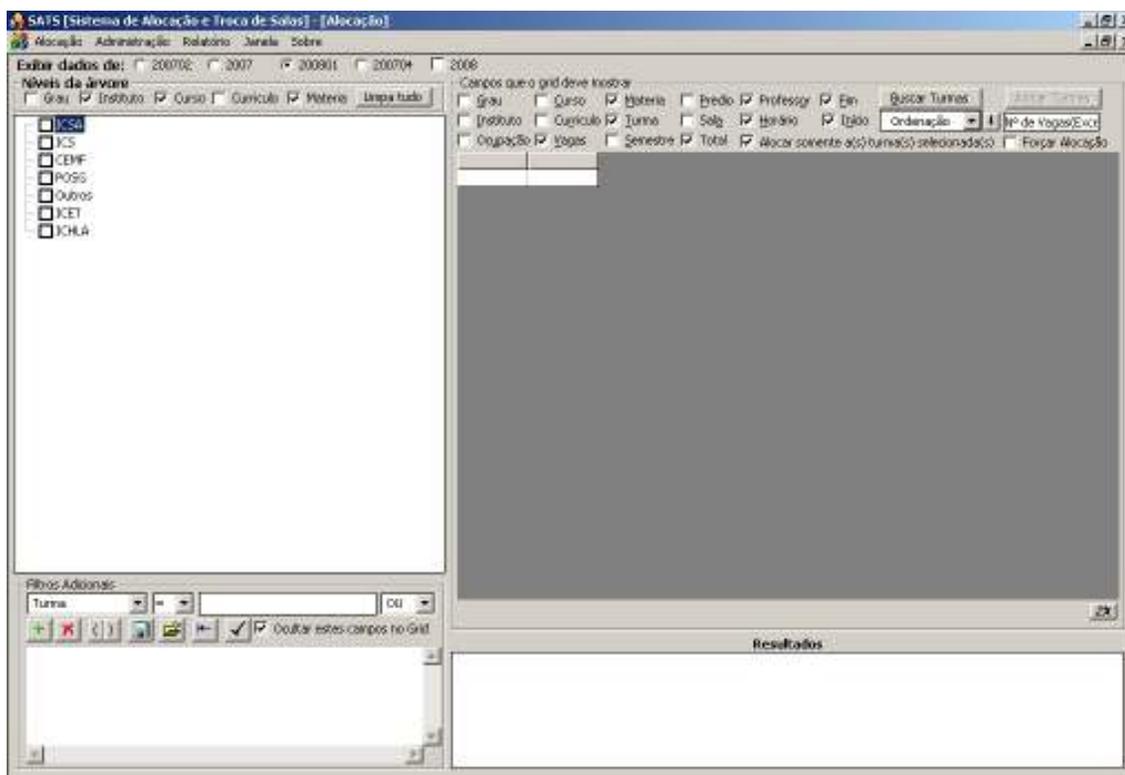


Figura 2.5 – Sistema SATS

2.5 Fatores na elaboração da grade de horários

Conforme descrito no processo de elaboração da grade de horários, a coordenação do curso efetua as devidas alterações depois de receber a grade duplicada do semestre anterior e os dados de pré-matrícula. A seguir, são expostos alguns fatores dessa análise e que podem levar à realização de modificações.

Uma das questões a serem cuidadas na alocação são os vários currículos do curso de Ciência da Computação e o de Sistema de Informações. Diversas matérias existem em todos os currículos com o mesmo nome, código e ementa. Outras, apesar de terem sido cadastradas com código e nome diferentes, têm a ementa igual ou semelhante. Em ambos os casos, não há

a necessidade de se oferecer uma turma de cada matéria de cada currículo. Comumente, compartilha-se uma única turma para todas as matérias com ementa igual ou parecida.

O compartilhamento também ocorre com outros cursos da instituição. A Licenciatura em Computação, por exemplo, possui, em sua estrutura curricular, uma série de disciplinas de programação, as quais fazem parte do currículo da Ciência da Computação. Outro exemplo é a disciplina de Introdução à Economia, que é integrante tanto da grade da Ciência da Computação quanto do curso de Direito. E ainda se tem a modalidade FISEM do curso de Sistemas de Informação, em que algumas aulas acontecem em sextas-feiras à noite e nos sábados de manhã, podendo ser compartilhadas com os cursos noturnos. Nessas situações, é preciso que as coordenações atuem em conjunto para evitar que sejam oferecidas muitas turmas e que elas acabem ficando com um número reduzido de alunos.

Outro fator que merece atenção é a disciplina optativa. Conforme foi explicado anteriormente, os cursos possuem uma lista de disciplinas da qual o aluno escolhe duas para cursar. Algumas matérias da lista de um curso são obrigatórias em outro. Porém, outras são somente optativas e é inviável para a instituição oferecer todas elas porque não há demanda suficiente de alunos. A coordenação vale-se da passagem de listas entre os alunos para saber em quais das optativas eles têm interesse de se matricular.

Existe também a questão dos novos alunos. Eles podem ingressar através do vestibular, da troca de curso, da transferência de outra instituição ou por portar diploma. No caso dos vestibulandos, a Feevale estabelece uma regra que exige a matrícula em no mínimo três disciplinas. É preciso cuidado na alocação das turmas para que os calouros não fiquem sem vagas e considerar que, no processo seletivo de inverno, ingressam menos alunos do que no verão. O Gráfico 2.1 mostra o percentual da quantidade de vestibulandos que ingressam a mais no primeiro semestre letivo em comparação ao segundo.

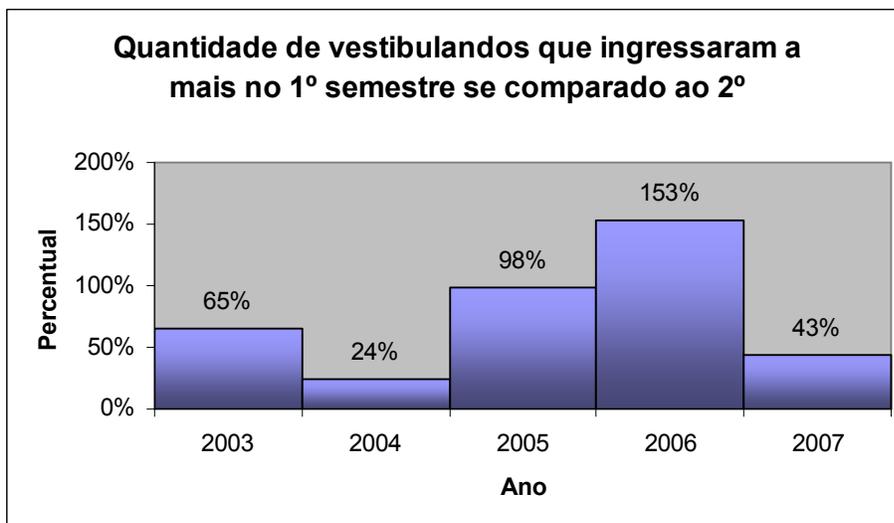


Gráfico 2.1 – Comparativo entre a quantidade de vestibulandos que ingressam nos dois semestres letivos do ano

Por fim, há ainda dois aspectos a serem considerados: as disciplinas concomitantes e a carga horária e disponibilidade dos professores. Quanto às disciplinas concomitantes, tem-se o cuidado de ofertar as duas disciplinas no mesmo semestre. Se isso não ocorrer, os alunos não conseguirão se matricular nas matérias durante o período de matrículas. E, em relação aos professores, é necessário observar a disponibilidade de horários que eles possuem, se não estão reservados para outras atividades, como cursos de pós-graduação, e se carga horária gerada pelas alocações não excede a carga horária pela qual o professor foi contratado. É necessário ainda respeitar o limite máximo de cinco horas, estabelecido pelas leis educacionais brasileiras, que um professor pode estar em sala de aula em um mesmo dia.

2.6 Dificuldades e oportunidades

Embora o processo de alocação seja o mesmo já há algum tempo e os colaboradores o conheçam bem, a resolução de algumas dificuldades em combinação com a implementação de algumas melhorias poderia fazer com que a grade resultante do processo fosse mais otimizada. Os problemas vão desde a falta de informações até dificuldades nos sistemas de informação.

No quesito sistemas de informação, a principal dificuldade é existência de vários sistemas. Para realizar as operações necessárias para a alocação das disciplinas, o colaborador precisa acessar diversos *sites* e sistemas. Por exemplo, o extrato da carga horária dos professores não está presente no *site* de alocações e, para obter tal informação, o coordenador

precisa acessar outro sistema. Outra dificuldade é que cada *site* e sistema possui uma interface de usuário distinta dos demais, confundindo os usuários mais novatos.

No campo das informações, o processo é prejudicado pela ausência de uma interface em que os coordenadores e os institutos consigam visualizar os pré-requisitos de cada disciplina. Às vezes, só é descoberto que um pré-requisito não foi cadastrado quando um aluno consegue fazer a matrícula em uma disciplina em que não poderia. Os problemas nos registros de dispensa e aproveitamentos de estudos também geram transtornos. A falta desses registros, às vezes, também só é percebida quando o aluno vai fazer a matrícula e, conseqüentemente, muitos relatórios saíram com dados imprecisos.

Um dado citado anteriormente, o do número previsto de alunos que irá se matricular em cada disciplina, é falho. O número é calculado a partir da premissa de que os alunos irão cursar a quantidade média de disciplinas que cursaram desde o início do curso mais três. Na prática, comprovou-se que os números estão errados e não são confiáveis.

A partir desses problemas, a Feevale vem trabalhando, desde abril de 2007, na construção de um novo sistema acadêmico, que integre os vários sistemas atuais e que proporcione ao usuário maior usabilidade. Os módulos de alocação e matrícula serão reescritos e contarão com uma funcionalidade denominada Simulador de Matrícula. Através de um formulário disponível na Internet, os alunos informarão em quais disciplinas eles têm a intenção de se matricular e em que os horários eles têm disponibilidade para estudar. Ainda assim, outros algoritmos e sistemas, cuja funcionalidade não está no escopo do projeto, poderiam auxiliar a geração de melhores grades horárias. Entre eles pode-se citar:

Ferramenta de *Business Intelligence* (BI): permitiria aos coordenadores de curso e colaboradores manipular dados históricos de matrícula e tomar melhores decisões. O sistema atual possui um número limitado de relatórios sem a possibilidade do usuário montar suas próprias consultas.

Sugestões de disciplinas aos alunos: um programa que analisasse a grade curricular em que o aluno está matriculado e o seu histórico e sugerisse em quais disciplinas o aluno deveria se matricular. O programa procuraria diminuir o tempo para a formatura do aluno e daria preferência às disciplinas que são pré-requisitos de uma série de matérias.

Distribuição de salas: Outro algoritmo que traria melhorias à Feevale seria um que lidasse com a alocação de salas. Tal algoritmo poderia ter uma inteligência que concentrasse as turmas em alguns prédios nos horários mais ociosos, evitando que fosse preciso abrir todos os prédios. O algoritmo também poderia ter uma regra que procurasse manter as turmas de cursos seriados da modalidade final de semana na mesma sala.

Gerador de grades horárias: algoritmo que auxiliasse a geração da grade de horários através da leitura dos dados colhidos no Simulador de Matrícula e da análise das características de cada curso e currículo. O simulador e o algoritmo poderiam trazer grandes avanços para o processo. Com eles, seria possível ter a informação sobre em quais matérias os alunos estão planejando se matricular e se evitaria que, na grade final, fossem criadas turmas desnecessárias, reduzir-se-iam os cancelamentos e a abertura de turmas extras durante o período de matrículas. Dois bons exemplos de aplicação do simulador seriam o levantamento de disciplinas optativas e de intensivo que os alunos querem cursar.

Os Gráficos 2.2 e 2.3 mostram o percentual de turmas canceladas e a média de ocupação das salas dos cursos de Ciência da Computação e de Sistemas de Informação. Uma turma é considerada 100% ocupada quando todas as vagas ofertadas foram preenchidas.

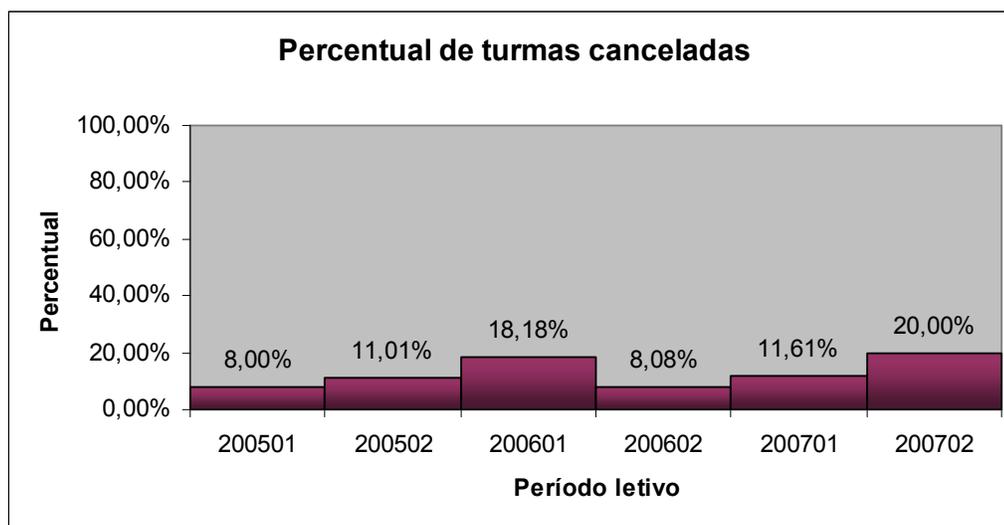


Gráfico 2.2 – Percentual de turmas canceladas (exceto disciplinas gerais)

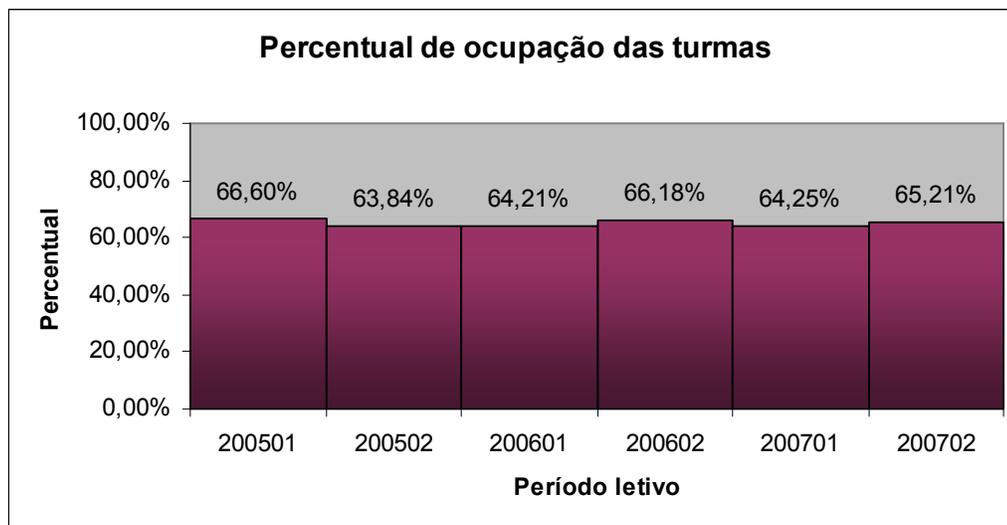


Gráfico 2.3 – Percentual de ocupação das turmas (exceto disciplinas gerais)

Ao longo do capítulo, observou-se que o processo de elaboração da grade é bastante complexo, envolve muitas pessoas e setores e que há oportunidades de melhoria. No capítulo seguinte, é analisado se existem softwares comerciais ou programas de trabalhos acadêmicos que auxiliam a geração da tabela de horários com aderência ao estudo de caso.

3 SOLUÇÕES EXISTENTES

Nesse capítulo, é analisado como os softwares de gestão escolar disponíveis no mercado brasileiro tratam a questão da grade horária. Também são estudados os trabalhos acadêmicos realizados sobre o assunto, ressaltando os objetivos e os resultados obtidos. No final do capítulo, é dado o parecer do porquê do trabalho propor uma nova solução em vez de utilizar uma já existente.

3.1 Softwares comerciais

Protheus 8²

O Protheus 8 para Gestão Educacional é um software desenvolvido pela Microsiga. O software atende a diferentes instituições de ensino sejam elas escolas, colégios, faculdades e universidades. As principais características do sistema são: (i) o gerenciamento autônomo dos cursos, permitindo o controle individual dos campi; (ii) possibilidade de criação de diferentes critérios de avaliação para cada disciplina; (iii) ambiente de criação de requerimentos; (iv) integração ao ambiente financeiro, gerenciador de acervos (biblioteca) e à folha de pagamento.

Além do software em si, a solução conta ainda com três portais web. Os portais candidato, professor e aluno possibilitam aos usuários a consulta de informações que lhe dizem respeito e permitem a solicitação de alguns requerimentos.

² <http://www.microsiga.com.br/>

No aspecto da grade horária, o software dispõe de uma interface para que o coordenador de curso ou a pessoa responsável pela tarefa crie as turmas nos horários desejados e aloque os professores.

Phidelis³

O Phidelis é um software de gestão acadêmica desenvolvido pela empresa de mesmo nome. Escrito na linguagem C# e rodando em banco de dados *Microsoft SQL Server*, têm como característica principal ser operado totalmente em modo *Web*, ou seja, o usuário realiza todas as suas atividades em um navegador de Internet.

Entre as funcionalidades destacadas pela empresa estão o módulo de protocolo (*workflow*), relatórios de apoio pedagógico, conteúdo *on-line* de aulas pelo blog acadêmico, concessão de bolsas e acordos financeiros. Na parte da grade horária, é possível alocar mais de um professor nas turmas e o sistema identifica visualmente os choques de horário.

Curso : CECD - JP-M - Ensino Médio - Curricular
 Período : 2005 / 1
 Turma : 1A-1P

Disciplinas Ofertadas e seus Professores

Disciplina	Professor		Código Equivalência	CH Prática	CH Teórica	CH Docente
Arte	(T - B) Cristine Rodrigues W. Soares	X	ART02101	0	40	40
Biologia	(T - B) Jose Maria Damasc	X	BIO02101	0	120	120
Educação Física	(T - B) Daniela Lucatti Magro (T - B) Nelson Adam Casimiro de Souza	X	EDFC2101	40	0	80
Espanhol	(T - B) Gustavo Ademar Mariani	X	ESPC2101	0	40	40
Física	(T - B) Raphael De Oliveira Santos	X	FIS02101	0	120	120

Figura 3.1 – Alocação de professores no Phidelis

Fonte: Phidelis, p. 6

³ <http://www.phidelis.com.br/>

Curso : CECD - 3º M - Ensino Médio - Cotocolar								Disciplina	Nº Aulas Semanais	Aulas Distribuídas
Período : 2005 / 1								Arte	1	1
Turma : 1A-3P								Biologia	3	3
Quadro de Horários								Educação Física	2	2
Inicial	Final	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	Espanhol	1	1	
07:00	07:50	QUID (T-01)	NAT1 (T-01)	NAT2 (T-01)	NAT3 (T-01)	POCO (T-01)	Física	3	3	
07:50	08:40	EDFD (P-02)	GEOD (T-01)	FISQ (T-01)	QUID (T-01)	HISQ (T-01)	Geografia	2	2	
08:40	09:30	HISQ (T-01)	RIOQ (T-01)	GRAS (T-01)	PRTO (T-01)	INGQ (T-01)	História	2	2	
10:00	10:50	QUID (T-01)	NAT2 (T-01)	IRSD (T-01)	SEDO (T-01)	ORAO (T-01)	Inglês	2	2	
10:50	11:40	FISQ (T-01)	ARTD (T-01)	FISQ (T-01)	UCRO (T-01)	ESPO (T-01)	Laboratório de Ciências/ Laboratório de Redação	1	1	
11:40	12:30	RIOQ (T-01)		GEOD (T-01)	LITO (T-01)		Língua Portuguesa	0	0	
							Gramática (SD)	2	2	
							Literatura (SD)	1	1	
							Matemática	0	0	
							Matemática 1 (SD)	2	2	
							Matemática 2 (SD)	2	2	
							Política Contemporânea	1	1	
							Produção de Texto	1	1	
							Química	3	3	

Figura 3.2 – Quadro de horários com controle de choque no Phidelis

Fonte: Phidelis, p. 6

Perseus Athens⁴

Perseus Athens é o software que a empresa Perseus oferece para atender às necessidades das instituições de ensino de nível superior. O software oferece as funcionalidades de controle de cursos, matrícula pela Internet, renegociação automatizada de dívidas e controle de processos seletivos.

No módulo de disciplinas, é possível cadastrar as turmas das disciplinas, os horários de realização das aulas e os professores que ministrarão as aulas.

⁴ <http://www.athens.com.br/>

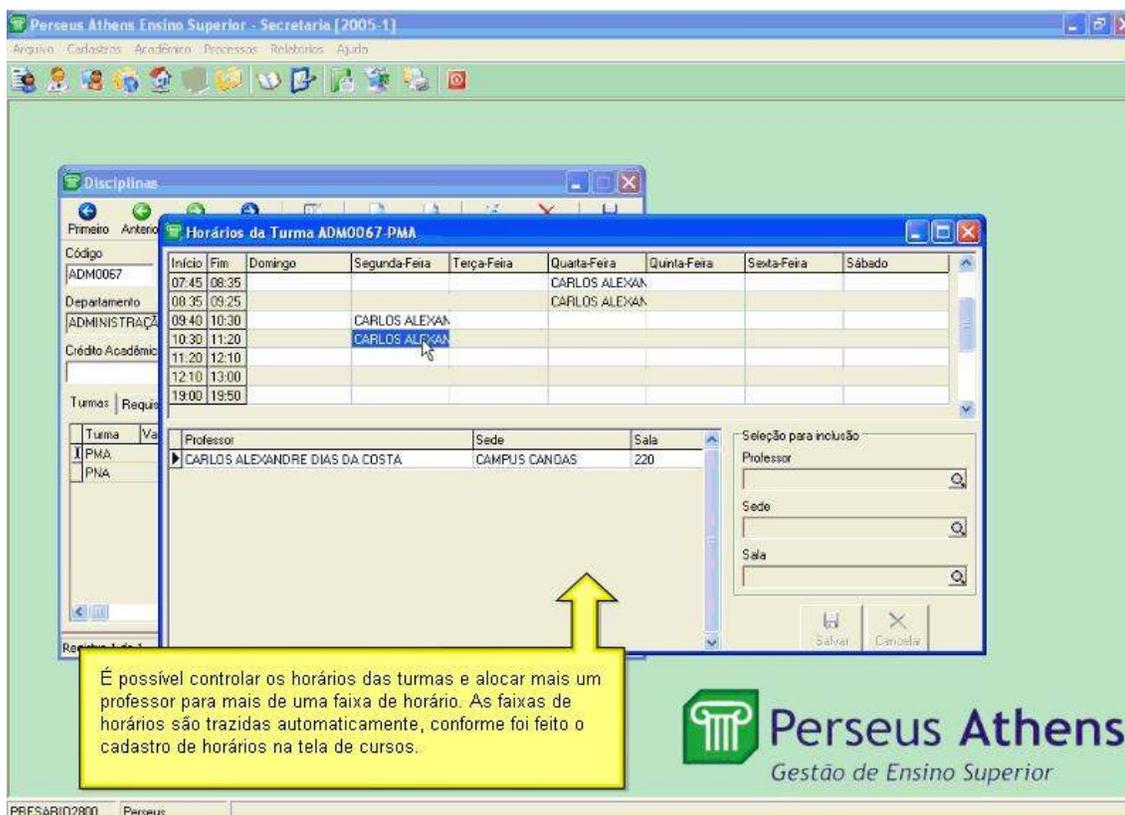


Figura 3.3 – Controle de horários do Perseus Athens

Fonte: Perseus

Mentor Gestão Acadêmica⁵

O Mentor Gestão Acadêmica é o sistema que a empresa Edusoft comercializa no segmento de softwares para administração escolar. O módulo Secretaria é o principal do sistema. Através desse módulo, cadastram-se as disciplinas, grades curriculares, alunos, matrículas, professores, cursos, salas e departamentos. No módulo de horários, o usuário pode cadastrar turmas, os horários das aulas e os professores.

Urânia⁶

O Urânia é um sistema especialista dedicado à elaboração do quadro de horários de aula dos professores. Atualmente encontra-se na versão 2006 e é mantido pela Geha Sistemas Especialistas. No *site* do fabricante, são relacionadas as seguintes funcionalidades:

⁵ http://www.edusoft.com.br/sitenovo/pages/mga_sistema.asp

⁶ <http://www.horario.com.br/>

Determinar os horários em que cada professor poderá dar suas aulas;

Indicar a forma como as aulas das turmas deverão ser dispostas na semana (geminadas, separadas, só uma aula por dia, etc.);

Trabalhar com dois ou mais professores, em conjunto (divisão de classes);

Trabalhar com duas ou mais turmas, em conjunto (união de classes);

Controlar a utilização de ambientes (salas, laboratórios etc.);

Elaborar o horário de várias sedes ao mesmo tempo, controlando o deslocamento de cada professor;

Fixar um grau de importância para cada elemento pedagógico, gerando assim horários mais adaptados às necessidades da Instituição;

Estabelecer horários de permanências, provas, regências, etc.;

Trabalhar com o horário de dois turnos, juntos;

Limitar o número de aulas diárias de cada professor;

Definir turmas com horários diferentes de início e término de aula;

Minimizar o deslocamento dos professores entre salas distantes;

A eliminação de janelas é outro problema que o fabricante afirma que o software é capaz de resolver ou minimizar. As janelas são horários vagos entre as aulas que o professor está lecionando. Em alguns estados do Brasil, esses horários são pagos aos professores e a redução das janelas provoca, conseqüentemente, a redução de custos para a escola.

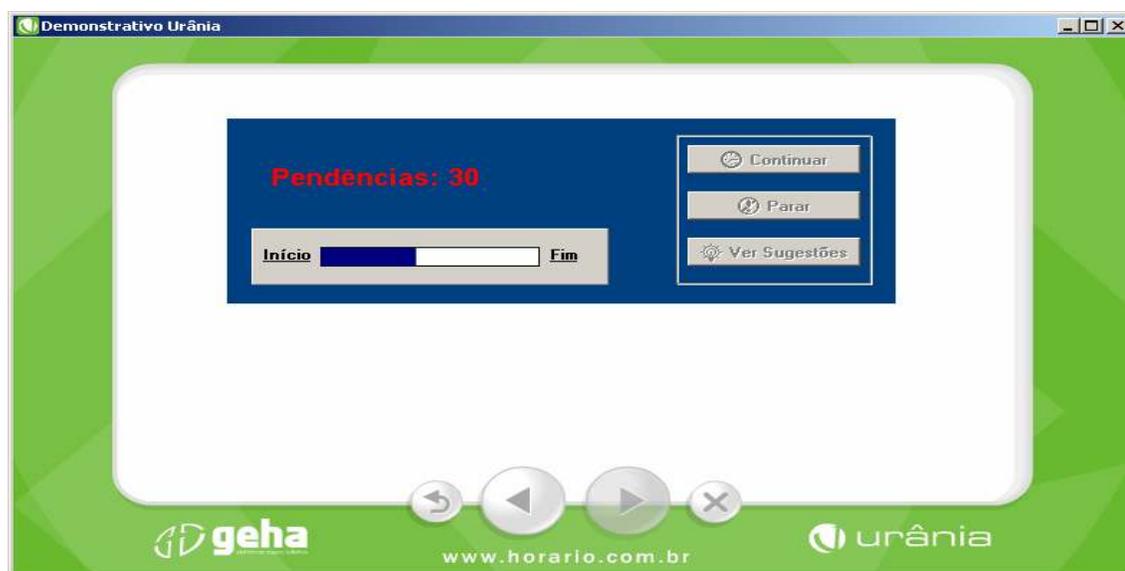


Figura 3.4 – Tela de processamento do quadro horários do Urânia

Fonte: Geha Sistemas Especialistas

Lyceum⁷

O Lyceum é o software da Techne que permite gerenciar instituições de ensino de qualquer nível, desde a Educação Infantil até a Pós-Graduação e a Extensão. O sistema atende às atividades de gestão acadêmica e financeira. Entre as funcionalidades destacadas pelo fabricante estão a organização dos cursos, o acompanhamento da execução do projeto pedagógico, a avaliação contínua do desempenho acadêmico e financeiro e o processo seletivo.

A grade horária é tratada dentro do módulo de currículos e horários. Nesse módulo, o usuário pode cadastrar e realizar manutenção nos cursos e currículos além de agendar turmas, docentes e dependências físicas.

Currículos e Turmas

Dependência									
Unidade:	FACTECH		FACULDADES TECHNE DE ENSINO SUPERIOR						
Dependência:	SALA_22		Período:	01/12/2000		a / /			
	Data	Início	Térmi	Des	Do	Nome do	Disciplina	Nome da	Turma
1	16/12/2000	11:00	11:50	Aula	28	Tânia Silva	CB_PSI_II	Psicologia II	ACCBN
2	16/12/2000	11:50	12:40	Aula	28	Tânia Silva	CB_PSI_II	Psicologia II	ACCBN
3	15/12/2000	19:00	19:50	Aula	1	William Torre	CB_CONTINT	Contabilidade	ACCBN
4	15/12/2000	19:00	19:50	Aula	10	Antonio Cés	CB_MAT_I	Matemática I	ACCBN
5	15/12/2000	19:50	20:40	Aula	1	William Torre	CB_CONTINT	Contabilidade	ACCBN
6	15/12/2000	19:50	20:40	Aula	10	Antonio Cés	CB_MAT_I	Matemática I	ACCBN
7	15/12/2000	21:00	21:50	Aula	1	William Torre	CB_CONTINT	Contabilidade	ACCBN
8	15/12/2000	21:00	21:50	Aula	10	Antonio Cés	CB_MAT_I	Matemática I	ACCBN
9	15/12/2000	21:50	22:40	Aula	1	William Torre	CB_CONTINT	Contabilidade	ACCBN
10	15/12/2000	21:50	22:40	Aula	10	Antonio Cés	CB_MAT_I	Matemática I	ACCBN

Legenda	
	Horário sem coincidências
	Coincidência de Horários de Turmas com Docentes ou Disciplinas diferentes
	Coincidência de Horários de Turmas com mesmo Docente e Disciplina

Figura 3.5 – Agenda de turmas do Lyceum

Fonte: Techne

⁷ <http://www.techne.com.br/produtos/produtos.asp?id=8>

GV College⁸

Software de gestão educacional desenvolvido pela empresa GVDasa. Atende todos os níveis de ensino e é composto pelo módulos Protocolo, Biblioteca, Controle de Acesso, Processo Seletivo, Recursos Humanos, Contabilidade e Orçamento, Patrimônio, Suprimentos, Acadêmico e Financeiro. Não dispõe de nenhuma funcionalidade específica para auxiliar a geração da grade de horários.

3.2 Trabalhos acadêmicos

O problema da grade horária é objeto de estudo de uma grande quantidade de trabalhos acadêmicos. Parte desse interesse se justifica, segundo Ciskon et. al (2005), pela natureza desafiadora do problema, o qual é considerado um dos mais difíceis em otimização combinatória. Nos subcapítulos seguintes, são analisados alguns trabalhos realizados no Brasil. As questões pertinentes aos algoritmos genéticos (AG), citados nos resumos dos trabalhos, são explicadas no capítulo a eles dedicado.

Correa Lucas (2000)

O trabalho desenvolvido pelo acadêmico teve o objetivo de descrever os elementos básicos da teoria dos algoritmos genéticos e aplicar os conceitos no problema da grade horária. O autor testou várias técnicas da metodologia e mediu os índices de desempenho de cada uma delas.

Na parte prática do trabalho, desenvolveu um programa tendo como ferramenta base a GALib, biblioteca de componentes de AGs criada na linguagem C++ por Matthew Wall. Como o objetivo era realizar um estudo de viabilidade, não se colocou todas as restrições da grade horária.

No capítulo sobre a implementação e na conclusão, Correa Lucas relata que encontrou dificuldades em esquemas de grande comprimento e que houve convergência prematura. Ele também comenta que a combinação com outras técnicas pode resultar em um

⁸ http://www.gvdasa.com.br/default.aspx?pagina=pga_gvcollege&IdLingua=5&Nascosto=

algoritmo de melhor desempenho e sugere, como continuação do trabalho, o desenvolvimento de uma interface amigável para o usuário final e a utilização de um banco de dados.

Hamawaki (2005)

Trata-se de um estudo de caso da formação da tabela de horários da Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Entre as principais restrições obedecidas pelo AG está a de que os professores devem ter o máximo de satisfação com a tabela final, não pode haver aulas seguidas da mesma disciplina, também chamadas de aulas geminadas, e o professor não pode lecionar para duas turmas ao mesmo tempo.

Após ser submetido a uma série de testes e pequenos aperfeiçoamentos desde a primeira versão, o programa alcançou um resultado tido como satisfatório e eficiente. Notou-se que o tempo de execução sobe à medida que se aumenta o número de indivíduos e de gerações.

Braz Júnior (2000)

Braz Júnior analisou diversas técnicas para criar um algoritmo com a finalidade de otimizar os horários em instituições de ensino superior. O autor estudou AG, algoritmos meméticos, *simulated annealing*, busca tabu, teoria dos grafos e programação linear. Optou por AG em função da extensibilidade, versatilidade e pouco conhecimento da função a ser otimizada.

A função de avaliação das soluções geradas foi programada de forma a considerar como importantes o choque de disciplinas, ou seja, a redução da oferta de várias turmas de uma disciplina no mesmo horário, e o choque de recursos. Segundo o autor, o modelo implementado evidenciou-se aplicável a problemas reais, pois obteve resultados satisfatórios nos testes realizados com os dados do Centro de Ciências Exatas, Agrárias e das Engenharias da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL).

Ciscon et. al (2005)

O foco do trabalho foi a eliminação de janelas e aulas isoladas em escolas de ensino fundamental e médio. Também se almejou gerar horários com maior aceitação por parte dos

professores. O trabalho aplicou AG, implementado através da linguagem de programação Java.

Na discussão dos resultados, Ciskon et. al afirmam que o algoritmo cumpriu seu propósito, ou seja, reduziu a quantidade de janelas. Embora não tenham conseguido comparar os resultados obtidos com o de uma solução manual, constataram que o tempo e a quantidade de pessoas envolvidas na geração dos horários foram reduzidos. Anteriormente, precisava-se de cinco dias e duas pessoas para tal tarefa. Com o algoritmo, o tempo reduziu drasticamente e foi necessária apenas uma pessoa para acompanhar a execução do programa. Também se diminuiu o tempo de adaptação e o número de solicitações de alterações.

Costa, Della Bruna, Pozo (2003)

Realizaram um estudo sobre AG e sua aplicação no problema de *timetabling*. O objetivo principal foi verificar a viabilidade da abordagem de evolução cooperativa na alocação da carga didática, cujo foco é a satisfação máxima dos professores em relação aos horários alocados.

O software foi desenvolvido na linguagem C++ sendo composto de quatro módulos: AG, responsável pela execução das operações de seleção, mutação, *crossover* e de avaliação; park-miller, gerador de números aleatórios; evolução cooperativa, avaliador da relação de cooperação das soluções geradas; e a base de dados.

Durante a execução do programa, mediu-se o tempo gasto de processamento e concluiu-se que a evolução cooperativa é uma alternativa de resultado satisfatório. Na conclusão, é relatado que o tempo de processamento aumenta proporcionalmente ao aumento do tamanho da população de soluções.

Sorroche e Lopes (2003)

Desenvolveram um sistema para sugerir diversas possibilidades de turmas e horários aos alunos da Universidade Regional de Blumenau (FURB), durante o período de reserva de matrículas. Como requisitos do sistema, estavam a otimização do número de disciplinas ou créditos financeiros em que os alunos se matriculavam, que o aluno conseguisse informar sua prioridade em relação às disciplinas, o respeito ao conjunto de pré-requisitos e a visualização de turmas de outros cursos.

Dois tipos de algoritmos foram usados na construção do sistema. Também foi comparado o seu desempenho. Na seção de resultados, os autores expõem que tanto o algoritmo guloso quanto o de Bron e Kerbosh obtiveram resultados satisfatórios.

Alvarenga et. al (2005)

Elaboraram um algoritmo heurístico para melhoria da implementação do problema *class-teacher*, explicados anteriormente na seção 1.4. Entre os requisitos estavam a não permissão de alocação de mais de um professor na mesma turma e horário, a redução das janelas nos horários dos professores e a diminuição do número de dias que os professores lecionam na escola.

Através de testes e comparação com outra técnica apresentada na literatura, a heurística gulosa desenvolvida demonstrou ser bastante competitiva, viável e aplicável.

Ribeiro Filho (2001)

O estudo teve o objetivo de adaptar o algoritmo genético construtivo, uma variação do algoritmo genético tradicional, para trabalhar com população formada por partes de estruturas. Para proceder à adaptação, desenvolveu-se programas nos problemas de coloração de grafos, projeto de células de manufatura e formação de horários escolares.

Na adaptação para a grade de horários, procurou-se resolver a variante *school timetabling* com as características das escolas públicas brasileiras de ensino fundamental e médio. Em todos os testes executados, realizados em instâncias reais, encontraram-se soluções viáveis.

Góes (2005)

Em seu trabalho desenvolveu três algoritmos capazes de gerar uma tabela de horários que satisfaça a preferência de cada professor, as exigências pedagógicas e operacionais da Escola Municipal Planalto dos Pinheiros, localizada na cidade de Araucária no Paraná.

As três opções escolhidas foram: método exato, modelo heurístico e um misto. Na abordagem exata utilizou-se a Programação Linear Inteira Binária, resolvida no software LINGO 6.0. Já no método heurístico optou-se por AG. A solução mista gera a grade primeiramente no método exato e a refina no heurístico.

De acordo com as considerações finais do autor, os métodos implementados obtiveram bons resultados. Os três métodos do protótipo geraram soluções de melhor qualidade do que a solução manual e a de um software comercial.

3.3 Análise das soluções

Observou-se que, nos sistemas Lyceum, Perseus Athens, Protheus 8, Mentor Gestão Acadêmica e Phidelis, disponíveis no mercado de softwares de gestão acadêmica, há apenas as funcionalidades para o lançamento da grade horária, alocação de professores e salas. Em nenhuma das ferramentas existe alguma inteligência que auxilie ou sugira a confecção da grade horária. Portanto, é preciso elaborar os horários manualmente e lançá-los no sistema. Já o sistema Urânia possui essa inteligência, mas o seu uso é adequado às situações quando o aluno se matricula em uma turma e faz todas as matérias juntas, como tipicamente acontece no ensino fundamental e médio brasileiro.

Nos trabalhos acadêmicos analisados, constatou-se a preferência dos autores por AG. Apesar de a maioria dos trabalhos afirmarem que obtiveram resultados satisfatórios, o objetivo principal dos protótipos desenvolvidos era satisfazer ao máximo a preferência de horários dos professores, sendo parte deles destinados aos cenários do ensino fundamental e médio. Nenhum deles citou como meta oferecer a grade de horários baseada nas intenções de matrícula dos alunos, algo almejado pelos cursos do estudo de caso. Além disso, há um consenso de que não existe uma solução capaz de atuar de forma eficiente em todas as instituições de ensino, pois cada uma adota um sistema educacional diferente e possui suas próprias particularidades. Logo, pretende-se projetar uma solução específica para o estudo de caso apresentado, baseado em elementos dos trabalhos correlatos mais próximos das características mostradas.

3.4 Trabalho proposto

O algoritmo proposto tem como finalidade sugerir um quadro de horários para a alocação das disciplinas baseada nas intenções de matrícula dos alunos. Escolheu-se os AG como técnica para o desenvolvimento do trabalho em razão de diversos trabalhos terem alcançado bons resultados com a abordagem e por algumas de suas características. Segundo Correa Lucas (2000, p. 11), os algoritmos genéticos apresentam como vantagem “o alto grau de adaptabilidade, robustez e paralelismo”.

O processo atual de matrícula seria alterado com a inclusão de um passo no fluxograma mostrado na seção 2.4. Nesse novo passo, os alunos informariam quais as disciplinas que eles gostariam de fazer no semestre seguinte e quais os dias da semana que eles teriam livres para cursar as matérias. O algoritmo receberia esses dados e faria uma sugestão de montagem da grade horária procurando atender aos desejos do aluno e a aumentar a ocupação das turmas. A Figura 3.6 exemplifica como ficariam as mudanças no fluxograma do processo.

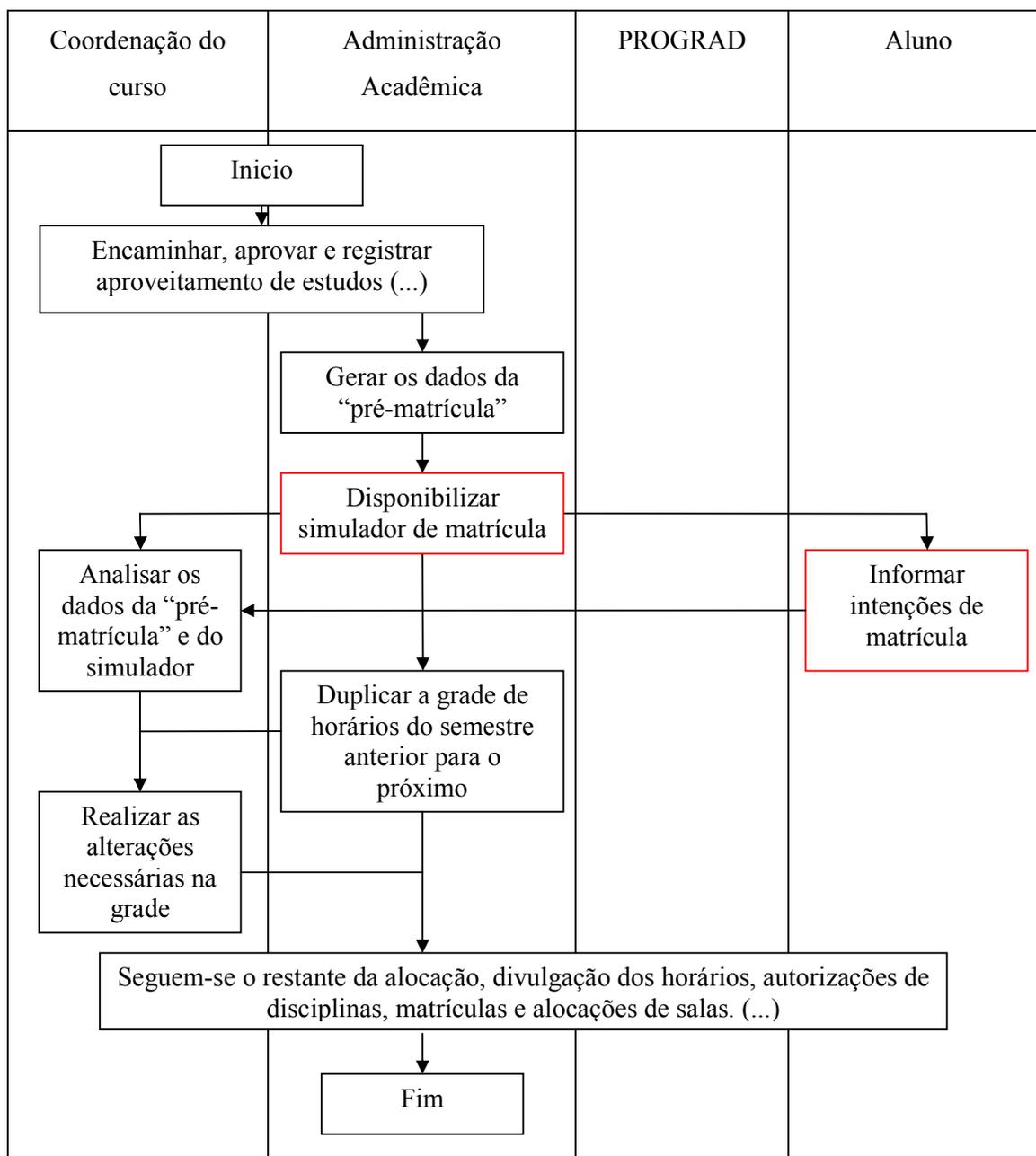


Figura 3.6 – Mudanças no fluxograma do processo de alocação

3.5 Análise de risco

O sucesso da proposta depende de certos fatores. O primeiro deles é a adesão dos alunos ao simulador de matrícula. Se poucos estudantes informarem quais são as suas intenções de matrícula, o algoritmo não conseguirá gerar uma grade satisfatória, pois faltarão os dados da maior parte dos alunos. Para que esse risco seja eliminado ou reduzido é preciso realizar uma campanha de divulgação da ferramenta e que a grade seja realmente construída a partir dos dados coletados. A introdução do simulado vai requerer, de parte dos acadêmicos, uma mudança de cultura. Eles precisarão se planejar para o semestre seguinte com uma certa antecedência, fato que não ocorre hoje. Apenas em cursos com disputa de vagas, como Enfermagem e Fisioterapia, a maioria dos alunos tem esse hábito.

O segundo fator é a data que os dados serão coletados. Quanto mais tarde forem extraídos menor será a possibilidade de mudanças por parte dos alunos. Se o simulador for disponibilizado no início, a chance dos alunos mudarem de intenção aumenta, pois eles não conhecem muito bem as disciplinas que estão cursando e podem acontecer eventos pessoais e profissionais na vida dos acadêmicos, como viagens, doenças e mudança de emprego, que modificam as intenções iniciais de matrícula.

O próximo capítulo traz um aprofundamento sobre as características e os princípios de funcionamento dos AG. Escolheu-se essa técnica a partir de suas qualidades e de não se ter encontrado um software ou algoritmo bastante aderente ao estudo de caso.

4 ALGORITMOS GENÉTICOS

4.1 Definições

Algoritmo genético é uma das técnicas de inteligência artificial (IA) que visam a resolver problemas computacionais para os quais é requerida a busca de uma solução satisfatória através de um campo numeroso ou infinito de soluções candidatas. O termo genético refere-se ao modelo de implementação do algoritmo, cuja lógica é baseada na teoria da evolução proposta por Charles Darwin aliada aos conceitos de genética descobertos mais tarde. (MITCHELL, 1996)

O conceito de algoritmos genéticos foi apresentado oficialmente na dissertação “*Adaptation in Natural and Artificial Systems*” (*Adaptação em Sistemas Naturais e Artificiais*), defendida por John Holland em 1975. Conforme Müller (2005), o autor procurou compreender como o fenômeno da evolução ocorre na natureza e desenvolver um *framework* teórico que pudesse ser aplicado aos problemas computacionais. A partir desse trabalho, surgiram as seguintes definições em publicações posteriores.

Goldberg (apud BRAZ JÚNIOR, 2000, p. 25) define algoritmo genético como:

Um algoritmo de procura baseado nos mecanismos de seleção natural e genética natural. Ele combina a sobrevivência feita por uma função de avaliação entre uma cadeia de caracteres com uma estrutura de informações mudadas aleatoriamente, para formar um algoritmo de procura com algum talento inovador, o mesmo de uma procura de um ser humano. Em toda geração, um novo conjunto de criaturas artificiais (cadeia de caracteres) é criado usando bits e pedaços do teste de avaliação da geração anterior; ocasionalmente uma parte nova é testada. Enquanto aleatório, algoritmos genéticos não são nenhum passeio simples sem destino. A procura mais eficiente das informações anteriores para especular os pontos da nova procura resultam e um aumento na sua performance.

Para Whitley (1994, p. 1), AGs são:

Algoritmos genéticos são uma família de modelos computacionais inspirados na evolução. Estes algoritmos modelam uma solução para um problema específico em uma estrutura de dados como a de um cromossomo e aplicam operadores que recombina estas estruturas preservando informações críticas.

E na visão de Chambers (1995, p.6), AG é:

Uma técnica de busca matemática baseada nos princípios da seleção natural e recombinação genética [Holland, 1975]. Uma possível solução para o problema é referida como um indivíduo. Um indivíduo é representado por uma estrutura de dados computacional chamada cromossomo, que é codificada usando um alfabeto de tamanho fixo. Espécies são indivíduos com características comuns e nichos são subdomínios do espaço de busca. Por encorajar os nichos e a especiação, os AGs facilitam simultaneamente a convergência para um ou mais espaços otimizados de busca multimodal. (tradução nossa)

4.2 Histórico

Desde muito tempo, o homem tem procurado na natureza inspiração para desenvolver pesquisas, visando a aprimorar a sua qualidade de vida, buscando mais comodidade ao seu dia a dia. Observando as adaptações naturais presentes nos seres vivos, o homem tem desenvolvido métodos e máquinas para diversos fins. Por exemplo, técnicas avançadas de cura e prevenção de doenças, estratégias para gerar crescimento econômico, estudos para o controle de aspectos e fenômenos naturais que anteriormente eram incontroláveis, etc. Sobrinho e Girardi (2003) trazem como exemplo as invenções do avião, cujo princípio de funcionamento é baseado nas características dos pássaros, e do submarino, que tem seu sistema de imersão parecido ao dos peixes. No ambiente da ciência da computação, um bom exemplo do uso de analogias é o das redes neurais, que tem seus princípios baseados no funcionamento do cérebro humano.

Conforme citado anteriormente, o termo algoritmos genéticos foi concebido oficialmente em 1975 por Holland. Entretanto, o desenvolvimento dessa técnica remonta a datas mais longínquas. Os primeiros estudos ocorreram durante as décadas de 50 e 60 do século XX. Dentro desse período, cientistas como Rechenberg, Fogel, Owens, Walsh, Box, Friedman, Bledsoe, Bremmerrmann, Reed, Toombs, Baricelli, entre outros, estudaram como sistemas evolucionários poderiam auxiliar na resolução de problemas específicos de difícil solução. Os pontos em comum entre tais estudos eram o envolvimento de um conjunto de soluções candidatas para determinado problema e a criação de uma função de aptidão que permitisse avaliar se uma solução era satisfatória ou não. A representação das estruturas de dados, a partir de abstrações de cromossomos biológicos, era outra similaridade entre alguns desses trabalhos. (MITCHELL, 1996; MÜLLER, 2005)

Nos anos 60 e 70, Holland e seus alunos e colegas da universidade de Michigan trabalharam em pesquisas que culminariam na referida dissertação “*Adaptation in Natural and Artificial Systems*” e, conseqüentemente, no surgimento da expressão algoritmos genéticos. Diferentemente dos outros estudos, Holland não estava preocupado em desenvolver soluções para problemas específicos. Seus objetivos eram estudar formalmente os fenômenos que ocorrem na natureza e desenvolver formas de incorporá-los aos sistemas de computador. Em sua dissertação, ele apresenta um *framework* teórico a partir de uma abstração da evolução biológica. Conforme Mitchell (1996, p. 3), o *framework* tratava de “um método para mover uma população de *cromossomos* (ex.: seqüências de zeros e uns ou bits) para uma nova população usando um tipo de seleção natural juntamente com operadores genéticos de *crossing-over*, mutação e inversão” (tradução nossa).

Com o passar dos anos, surgiram novos operadores e alteraram-se os métodos originais do *framework* de Holland. Essas variações e mais as transposições com outras linhas da computação evolutiva também são consideradas algoritmos genéticos pela comunidade científica atual. (MITCHELL, 1996)

4.3 Analogia Biológica

De acordo com as definições de AGs apresentadas anteriormente, a lógica de funcionamento do algoritmo é baseada em uma analogia à teoria da evolução e da genética. Essa analogia é uma simplificação do que realmente acontece na natureza.

Para a representação das estruturas de dados utilizadas no algoritmo, busca-se uma analogia com os conceitos de cromossomos, genes e alelos. Além disso, tanto o fenômeno de *crossing-over* quanto o da mutação introduzem a variabilidade de soluções necessárias para a resolução do problema. A seleção natural atua sobre essa variabilidade promovendo, assim, a sobrevivência das soluções mais aptas, como se observa na figura a seguir. (MACHADO, 2003)

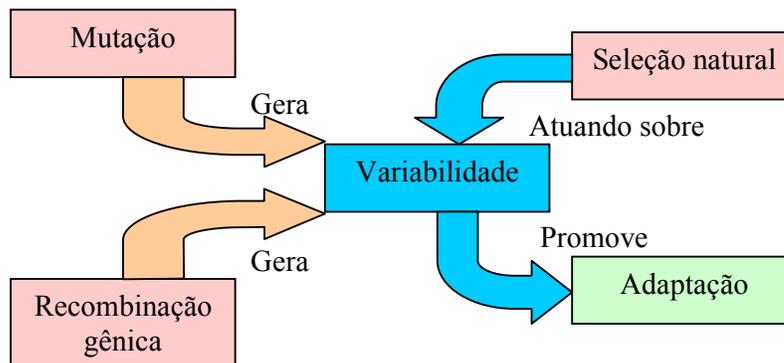


Figura 4.1 - Evolução e Genética
 Fonte: Machado, 2003, p.455.

Detalhar-se-á adiante, um pouco melhor, os princípios e a terminologia dos dois temas e o modo que eles são empregados nos algoritmos genéticos.

4.3.1 Teoria da Evolução por Seleção Natural

A teoria da evolução por seleção natural proposta por Charles Darwin foi publicada em 1859 no livro *“On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life”* (*Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural ou a preservação de raças favorecidas na luta pela vida*) ou simplesmente *“On The Origin of Species”* (*A Origem das Espécies*). A obra é fruto de 20 anos de estudos e observações do autor, incluindo a famosa expedição ao Arquipélago de Galápagos a bordo do navio *Beagle*.

Segundo Ridley (2006), o primeiro ponto relevante da teoria de Darwin é que os organismos evoluem, ou seja, mudam de forma e comportamento ao longo das gerações. Tal conceito representou uma quebra em relação ao pensamento predominante na época, pois se acreditava que os seres vivos tinham forma imutável e que as espécies tinham sido concebidas espontaneamente ou por um ser superior. Antes de Darwin, outros pensadores, como Anaximandro de Mileto e Lamarck, já intuía isso, entretanto, não conseguiram desenvolver argumentações suficientes para obter aceitação. Um aspecto importante a respeito desse ponto da teoria é que as alterações biológicas que um organismo recebe durante a sua vida não são consideradas parte da evolução. Por exemplo, as doenças e os exercícios físicos praticados por um homem ao longo de sua existência não são relevantes para a evolução.

O segundo item chave da teoria é a explicação do porquê as espécies mudam e como elas se adaptam ao meio. Por adaptação, entende-se o conjunto de propriedades dos seres vivos que os tornam capazes de sobreviver e reproduzir. Um exemplo claro de adaptação é a camuflagem. As espécies que contam com essa característica são menos suscetíveis aos predadores, pois são menos visíveis. A explicação que Darwin encontrou para essas duas questões foi o mecanismo da seleção natural: os indivíduos de uma mesma espécie são diferentes entre si, produzem muitos descendentes, mas a luta pela existência faz com que somente os mais aptos às condições ambientais sobrevivam. O pesquisador ainda afirma que, a cada geração, o grau de adaptação em relação aos ancestrais é aprimorado, como se observa em algumas de suas afirmações. (MACHADO, 2003; RIDLEY, 2006)

“Dei o nome de Seleção Natural ou de persistência do mais capaz à preservação das diferenças e das variações individuais favoráveis e a eliminação das variações nocivas” (DARWIN, 2003, p. 84)

“Vimos que as espécies que abrangem o maior número de indivíduos tem maior probabilidades de reprodução num período dado, de variações favoráveis”. (DARWIN, 2003, p. 107)

Desde meados do século XX, alguns pontos da teoria de Darwin vêm sendo criticados. Behe (1997) questiona a evolução gradual, ao observar que há ausência ou pouca incidência de fósseis intermediários entre as espécies. Spetner (1997) argumenta que, para ocorrer a evolução gradual, seria necessário que ocorressem várias mutações favoráveis, ou seja, mutações que representassem vantagens na luta pela sobrevivência, ao mesmo tempo. A partir das contestações, autores como Eldredge e Gould propuseram teorias da evolução alternativas, como o *punctuated equilibria* (equilíbrio pontuado).

Entretanto, computacionalmente, a teoria é bem vista. Mitchell (1996) afirma que a evolução tem forte apelo inspirador na resolução de problemas com certas características e requisitos. Por exemplo, um robô que controla as tarefas que outro robô está fazendo em um ambiente precisa de um programa adaptativo, ou seja, que atue bem em um ambiente em constante mudança. Um algoritmo para novas descobertas científicas necessita ser inovador. E, por fim, problemas de solução complexa, como a criação de inteligência artificial, são muito difíceis de serem programados na “mão”.

4.3.2 Genética

A genética é o segundo pilar da analogia biológica na qual os algoritmos genéticos se inspiram. O princípio da genética como disciplina aconteceu na virada do século XX através do redescobrimento das idéias de herança genética publicadas originalmente em 1865 por Gregor Mendel.

Os seres vivos de qualquer espécie são formados por uma ou mais células. Ridley (2006) os classifica da seguinte maneira: eucariontes, quando suas células possuem um núcleo organizado, ou procariontes, quando as células não têm núcleo estabelecido. Ambos os tipos celulares possuem a molécula de ácido desoxirribonucléico (DNA). Segundo a descrição de Machado (2003, p.103), essa é uma substância que “carrega as instruções bioquímicas para a produção de proteínas, responsáveis pela formação do organismo”. É importante lembrar que todas as células de uma mesma espécie possuem informação genética semelhantes.

Geralmente as moléculas de DNA, nos seres eucariontes, encontram-se dispersas no interior do núcleo da célula. Quando estão em processo de divisão celular, o DNA condensa-se em uma estrutura denominada *cromossomo*, cujo formato assemelha-se à letra x. Os cromossomos, por sua vez, são constituídos de unidades menores de informação genética. Essas unidades chamam-se genes e a posição que cada uma ocupa é conhecida como *locus*. (THOMPSON; MCINNES; WILLARD, 1993)

Sabe-se ainda que a totalidade de genes constitui o genoma e um conjunto em particular é um genótipo. O fenótipo é a expressão observável do genótipo como as características mentais e físicas, como por exemplo, a cor dos olhos, tamanho do cérebro e a inteligência, que o organismo possui. E cada um dos possíveis valores para essas características, como no caso da cor dos olhos dos humanos, eles podem ser castanhos, azuis e verdes são chamados *alelos*. (MACHADO, 2003; MITCHELL, 1996; TEIXEIRA, 2000; THOMPSON; MCINNES; WILLARD, 1993)

O arranjo dos cromossomos também recebe nomes próprios. Quando estão em pares, são conhecidos como diplóides e, quando estão sozinhos, chamam-se haplóides. O número de cromossomos varia de espécie para espécie. (THOMPSON; MCINNES; WILLARD, 1993)

Existem dois tipos de divisão celular: mitose e meiose. A mitose é a divisão habitual das células, pela qual o corpo cresce, se diferencia e realiza reprodução. O resultado desse

processo é a geração de cromossomos idênticos às células mães. A meiose é o tipo de divisão celular pelo qual as células diplóides dão origem a células haplóides (células reprodutivas). É nesse tipo de divisão que ocorre a recombinação genética ou *crossing-over*. É nesse fenômeno que os pares de cromossomos se entrelaçam e trocam segmentos de suas cromátides, proporcionando assim a troca de genes e a geração de células filhas diferentes das células originais. O resultado do processo é o aumento da variabilidade genética da espécie. (THOMPSON; MCINNES; WILLARD, 1993)



Figura 4.2 - Processo de *crossing-over* ou recombinação genética

A mutação é outro fator que produz variabilidade genética nas espécies. Considera-se mutação qualquer alteração ocorrida na sequência de nucleotídeos do DNA de um organismo. Entre as causas do fenômeno, estão os erros de cópia do DNA que ocorrem durante a reprodução das células e as ações de agentes mutagênicos. As mutações podem afetar tanto os nucleotídeos quanto os genes e os cromossomos. Para os fins da teoria da evolução, as mutações mais significativas são aquelas que ocorrem nas células reprodutivas, porque essas mutações são transmitidas para a prole. (RIDLEY, 2006)

4.3.3 Relação com os algoritmos genéticos

Tipicamente, conforme Mitchel (1996), empregam-se os seguintes termos nos AGs:

- cromossomo ou indivíduo: estrutura de dados de uma solução candidata a resolução do problema;
- genes: são os elementos que formam a solução (cromossomo);
- locus: posição que o gene ocupa no cromossomo;

- alelo: é o valor que o gene contém. Os valores possíveis estão restritos ao alfabeto delimitado pelo problema, alguns algoritmos usam o conjunto binário (0 e 1) e outros se valem de estruturas mais complexas;
- *crossing-over*: operador que consiste na troca de genes entre os cromossomos;
- mutação: alteração nos valores dos genes, os genes que sofrerão as alterações são escolhidos aleatoriamente;
- aptidão: índice de satisfação que a solução apresenta, indica quão boa é a solução;
- seleção natural: operador que eliminará as soluções menos aptas.

4.4 Funcionamento

O fluxo básico de funcionamento de um algoritmo genético tradicional, descrito por Sobrinho e Girardi (2003), obedece à seguinte ordem:

1. Inicialização: gera-se randomicamente uma população inicial de soluções candidatas. Cada uma das soluções também é conhecida como indivíduo;
2. Avaliação: calcula-se o índice de aptidão de cada indivíduo da população. A fórmula do cálculo é estabelecida a partir do domínio do problema;
3. Enquanto não for atendida uma condição de parada, como por exemplo, o encontro de uma solução satisfatória, o AG produz novas gerações da população. Cada geração é resultado dos seguintes passos:
 - a. Seleção: selecionam-se os indivíduos da população atual que participarão do processo de reprodução. Os indivíduos com melhor índice de aptidão têm maior probabilidade de escolha;
 - b. Reprodução: os indivíduos selecionados são organizados em pares e cada par produz duas novas soluções. A estrutura genética dos descendentes é formada através da combinação de genes dos ancestrais;

- c. Mutaç o: procedem-se altera es nos valores dos genes dos descendentes gerados durante a reprodu o;
- d. Avalia o: calcula-se o  ndice de aptid o dos novos indiv duos;
- e. Atualiza o: Atualiza-se a popula o, acrescentando os novos descendentes e eliminando as solu es menos aptas.

4.4.1 Inicializa o

O primeiro passo na execu o de um algoritmo gen tico   a cria o de uma popula o inicial de solu es candidatas. Segundo Serrada (2002), a popula o inicial deve ter como caracter sticas a maior variabilidade poss vel de genes e uniformidade no  ndice de aptid o das solu es produzidas. Tradicionalmente, a popula o inicial   gerada de forma aleat ria, entretanto, existem alternativas a esse m todo.

Correa Lucas (2000) cita as seguintes op es para a gera o da popula o inicial:

- Inicializa o rand mica uniforme: o valor de cada gene do cromossomo   escolhido de forma aleat ria;
- Inicializa o rand mica n o uniforme: o valor de cada gene tamb m   sorteado, por m, certos valores t m maior probabilidade de escolha;
- Inicializa o rand mica com *dope*: cromossomos com bom  ndice de adapta o s o colocados dentro de uma popula o gerada randomicamente;
- Inicializa o parcialmente enumerativa: inserem-se na popula o cromossomos que tenham segmentos de genes relevantes para o encontro da solu o satisfat ria.

4.4.2 Avalia o

Depois de inicializada a popula o, avalia-se o  ndice de aptid o de cada uma das solu es. Tamb m conhecido como fun o objetivo ou adequabilidade ou *fitness*, o c lculo varia de acordo com o problema. Em alguns trabalhos, utiliza-se o valor de retorno de uma f rmula matem tica. Em outros, cujo problema cont m muitas restri es, aplica-se

penalidades quando a solução não atende aos requisitos. Comumente, o valor gerado é positivo e as soluções com valores maiores terão mais chances de sobreviver e reproduzir. (BRAZ JÚNIOR, 2000; CORREA LUCAS, 2000)

4.4.3 Seleção

Nesse estágio, são escolhidos quais indivíduos da população serão usados na fase de reprodução. A partir dos indivíduos selecionados, o algoritmo irá gerar uma nova população. Antes da seleção propriamente dita, aplica-se um método de *scaling* a fim de evitar que super indivíduos dominem o processo de reprodução. Goldberg (1989) cita os seguintes métodos:

- *no scaling*: usa-se diretamente o valor resultante da função de aptidão;
- *linear scaling*: aplica-se o valor de aptidão da solução numa função linear baseada na média e na maior aptidão da população;
- *sigma truncation scaling*: calcula-se o desvio padrão médio da população e subtrai-se o valor resultante do índice de aptidão das soluções;
- *power law scaling*: nas palavras de Correa Lucas (2000, p. 17) é o método cujo “valor de adaptação do indivíduo é elevado a uma constante k ”.

Após a etapa de *scaling*, escolhem-se quais cromossomos irão participar do processo de geração da nova população. Para a seleção dos cromossomos, existem as seguintes estratégias:

- Ranking: ordenam-se os indivíduos da população de acordo com o índice de adaptação. A probabilidade de escolha do cromossomo varia conforme a posição que ele ocupa no ranking; (CORREA LUCAS, 2000)
- Giro de roleta: nessa estratégia, colocam-se os indivíduos da população lado a lado, como se fosse uma roleta de cassino. O tamanho da casa é proporcional à aptidão da solução; (MÜLLER, 2005)
- Torneio: geram-se diversos grupos de soluções e as mais adaptadas dentro de cada conjunto são selecionadas; (MITCHELL, 1996)

- Uniforme: todas as soluções têm a mesma chance de serem selecionadas. Conforme Correa Lucas (2000), essa opção tem pouca chance de provocar evolução na população em que está atuando;
- *Remainder Stochastic Selection*: calcula-se a partir de uma fórmula a quantidade de cópias que cada indivíduo terá. O restante dos indivíduos selecionados para a reprodução será selecionado a partir de outra técnica, como o giro da roleta, em que se utilizará como índice de aptidão a parte decimal do resultado da fórmula. (CORREA LUCAS, 2000)

4.4.4 Reprodução

Concluída a seleção dos indivíduos, parte-se para a constituição dos pares. Assim como os outros procedimentos do algoritmo genético, existem diversas formas de implementação. Correa Lucas (2000) cita as seguintes formas:

- escolha aleatória: formam-se os pares a partir de uma função randômica;
- *inbreeding*: parentes de gerações anteriores são combinados;
- *line breeding*: um indivíduo de alta aptidão é combinado com o restante dos indivíduos selecionados;
- *outbreeding*: Correa Lucas (2000, p.19) define como “indivíduos que codificam fenótipos diferentes são combinados”;
- *self-fertilization*: o cromossomo cruza-se com ele mesmo;
- *positive assortive mating*: cromossomos semelhantes são cruzados entre si;
- *negative assortive mating*: combinam-se indivíduos diferentes.

Logo após a escolha dos pares, ocorre o *crossing-over* ou a recombinação de genes. O resultado da operação é a geração de dois novos descendentes por par selecionado. A recombinação de genes ocorre por meio de uma máscara binária de cruzamento. A máscara tem o objetivo de indicar de qual ancestral o descendente herdará cada gene. (MÜLLER, 2005)

Por exemplo, suponha-se que foram selecionados os seguintes cromossomos para a reprodução:

PAI [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 0] **MÃE** [1; 3; 5; 7; 9; 2; 4; 6; 8; 0]

e que a máscara de cruzamento seja:

[0; 0; 0; 0; 0; 1; 1; 1; 1; 1]

os descendentes serão os seguintes:

FILHO [1; 2; 3; 4; 5; 2; 4; 6; 8; 0] **FILHA** [1; 3; 5; 7; 9; 6; 7; 8; 9; 0]

A máscara pode ser gerada a partir dos seguintes modelos (SOBRINHO E GIRARDI, 2003; CORREA LUCAS, 2000; MÜLLER, 2005):

- Cruzamento de um ponto: existe apenas um ponto de corte do cromossomo e esse é escolhido aleatoriamente;
- Cruzamento por dois pontos: escolhem-se aleatoriamente dois pontos de corte. O descendente 1 será formado pelos genes do ancestral 1 até o primeiro ponto de corte, os genes do ancestral 2 entre os pontos de corte e os genes do ancestral 1 depois do segundo ponto de corte;
- Cruzamento multiponto: nesse tipo de máscara sorteia-se o número de cortes e ele é o mesmo para todos os pares;
- Cruzamento segmentado: semelhante ao multiponto apenas se diferenciando no número de pontos de corte, que é sorteado para cada par;
- Cruzamento Uniforme: cada elemento da máscara é sorteado aleatoriamente;
- Cruzamento por combinação parcial: sorteiam-se dois pontos de corte. Os genes do ancestral 1, que estiverem entre os dois pontos sorteados, serão copiados para a mesma posição do descendente 1. O mesmo acontece com o ancestral 2 e com o descendente 2. Os demais genes são preenchidos com os valores mais adequados para cada filho.

4.4.5 Mutação

O segundo operador, que introduz variabilidade de soluções, é o da mutação. Goldberg (1989) observou que, ocasionalmente, durante o processo de recombinação, alguns bons segmentos de cromossomos se perdem e a mutação impede que as perdas se tornem irrecuperáveis. A partir de uma taxa de mutação, geralmente pequena, alguns genes são sorteados e seus valores são substituídos. Correa Lucas (2000) cita as seguintes opções de mutação:

- aleatória (*flip*): os genes sorteados recebem aleatoriamente um valor do alfabeto válido;
- mutação por troca (*swap*): nesse caso, pares de genes são sorteados e trocam de valores entre si;
- mutação *creep*: nesse tipo de mutação, o valor do gene é alterado a partir de uma soma ou uma subtração com um valor aleatório.

4.4.6 Atualização

No algoritmo genético simples, a população tem tamanho fixo e se produz, durante a reprodução, há o mesmo número de indivíduos que existiam anteriormente. Procede-se, então, à substituição da população atual pelos novos indivíduos. Entretanto, ao longo do tempo outras formas de atualização foram surgindo. Uma delas é conhecida como elitismo e nela os indivíduos com melhor aptidão são mantidos para a geração seguinte. Outra opção é produzir um número menor de descendentes em relação ao tamanho da população e somente inserir os indivíduos que tenham índices de aptidão melhor que os índices da população atual. Há ainda algoritmos em que a população não possui tamanho fixo. (BRAZ JÚNIOR, 2000; CORREA LUCAS, 2000)

4.4.7 Condição de término

Comumente, a execução do AG encerra-se quando uma solução satisfatória para o problema for encontrada. Porém, às vezes, quer-se buscar as soluções ótimas e se estabelecem outras condições de parada. Por exemplo, pode-se encerrar o algoritmo quando: (BRAZ JÚNIOR, 2000; CORREA LUCAS, 2000)

- for atingido um número x de gerações produzidas;
- excedeu-se o limite de tempo;
- o algoritmo estagnou, ou seja, em gerações consecutivas o melhor índice de aptidão manteve-se estável;
- o índice de aptidão entre as soluções da população estiver muito próximo.

4.5 Aspectos na criação do algoritmo

O comportamento do algoritmo genético é influenciado pela definição dos parâmetros de funcionamento, pela função de avaliação de aptidão e pela maneira como os cromossomos são codificados. Caso não se tenha um ajuste adequado desses parâmetros, poderão ocorrer problemas como a convergência prematura e a finalização lenta do algoritmo. (BEASLEY; BULL; MARTIN, 1993a)

A convergência prematura acontece quando um indivíduo com aptidão muito superior às demais soluções da população domina o processo de reprodução. Os cromossomos resultantes do *crossing-over* são idênticos ao restante dos indivíduos e o resultado é a evolução da população para uma solução não ótima. (SOBRINHO E GIRARDI, 2003)

A lentidão para a finalização do algoritmo é o problema contrário à convergência prematura. Conforme Beasley, Bull e Martin (1993a), após várias gerações, a população vai estar largamente convergida, mas distante do máximo global. A diferença do índice de aptidão entre as soluções será mínima e, conseqüentemente, não haverá gradiente suficiente para se alcançar áreas do espaço de busca com melhores soluções.

4.5.1 Codificação dos cromossomos

Cada possível solução para o problema é representada por uma cadeia de símbolos gerados a partir de um alfabeto finito. Conforme Mitchell (1996), não existe um modelo de representação que provoque melhor desempenho em todos os tipos de problemas. Segundo a autora, é preciso analisar o problema e verificar qual alfabeto tem melhor aderência.

No modelo tradicional de AG, o alfabeto binário é usado na representação dos cromossomos. A escolha provém da sua simplicidade e de os primeiros trabalhos na área de

algoritmos genéticos aplicarem essa codificação. Mas, em algumas situações, a representação binária não é natural e apresenta desempenho inferior aos outros tipos. As alternativas citadas por Beasley, Bull e Martin (1993b) e Costa, Della Bruna e Poza (2003) são:

- codificação por permutação: aplicada em problemas de ordenação, como o do caixeiro viajante;
- codificação por valor: usada em problemas que lidam diretamente com números inteiros ou de ponto flutuante;
- codificação em árvore: utilizada em problemas que envolvem expressões.

4.5.2 Parâmetros genéticos

Sobrinho e Girardi (2003) relacionam os seguintes parâmetros genéticos que influenciam o comportamento do algoritmo:

Tamanho da população: determina a quantidade de indivíduos que cada geração da população possuirá. Quanto maior for o número de indivíduos maior será a cobertura do espaço de busca. Entretanto, o tempo de processamento cresce em conjunto com o aumento de indivíduos. Por outro lado, populações pequenas tendem a cobrir uma pequena área do espaço de busca.

Taxa de reprodução: indica o número de cromossomos produzidos durante a fase de reprodução. Se a taxa é pequena, as novas estruturas surgem vagarosamente. Se a taxa de reprodução for elevada, grande parte da população é substituída e as novas estruturas aparecem mais rapidamente. Porém, pode haver a perda de boas soluções com este tipo de taxa.

Tipo de recombinação: a máscara aplicada no crossing-over também interfere no comportamento do algoritmo. Correa Lucas (2000) salienta que a máscara de cruzamento por um ponto é a que apresenta pior desempenho.

Taxa de mutação: define a probabilidade de uma mutação ocorrer na estrutura dos cromossomos resultantes da reprodução. Recomenda-se uma taxa pequena de mutação, pois dessa forma, insere-se a biodiversidade necessária para o bom funcionamento do algoritmo e não se destroem as boas soluções.

4.6 Vantagens dos AG

Os algoritmos genéticos não garantem o encontro da solução ótima, mas suas características propiciam algumas vantagens em relação a outras técnicas. Diversos autores enumeraram essas vantagens.

Beasley, Bull e Martin (1993a) afirmam que o principal ganho dos AGs acontece nos problemas de difícil solução em que não existem técnicas específicas. O motivo da afirmação é em razão do algoritmo encontrar uma solução satisfatória em um tempo aceitável. Outro aspecto positivo levantado pelos autores é que os AGs combinam a exploração de novas e desconhecidas áreas do espaço de busca com o aprendizado adquirido nos pontos já percorridos.

Luger (2004, p.443) salienta que uma importante vantagem está no paralelismo da busca. Segundo ele, “os algoritmos genéticos implementam uma forma poderosa de subida de encosta que mantém múltiplas soluções, elimina as soluções que não são promissoras e melhora as boas soluções”.

Goldberg (1989), Sobrinho e Girardi (2003), Braz Júnior (2000) e Müller (2005) complementam a lista informando que os AGs são robustos, flexíveis, versáteis e requerem pouco conhecimento da função a ser otimizada. Outra característica bastante citada é a relativa e surpreendente facilidade de implementação do algoritmo, pois não é necessário conhecimento aprofundado de matemática.

4.7 Aplicações dos AG

Devido às características dos AGs e a sua natural relação com a teoria da evolução, criaram-se inúmeras aplicações para os mais variados fins. Seguem abaixo algumas das áreas de aplicação, citadas por Beasley, Bull e Martin (1993a), Mitchell (1996), Luger (2004) e Correa Lucas (2000):

- Otimização de funções numéricas: área onde mais se pesquisa algoritmos genéticos. O algoritmo deve estar apto a trabalhar com funções difíceis, descontínuas, multimodais e ruidosas;

- Processamento de imagens: um exemplo é o algoritmo que busca um suspeito de um crime a partir de seus traços faciais;
- Otimização combinatória: envolvem problemas em que é preciso arranjar diversos fatores. Exemplos: Caixeiro viajante, problema da mochila e grade horária;
- Sistemas de classificação: tornar os computadores capazes de decidir como se adaptar as mudanças ocorridas no ambiente;
- Jogos: formular a estratégia de um jogador, prevendo as possíveis jogadas do adversário.

Como visto durante o capítulo, um algoritmo genético pode ser implementado de diversas maneiras e há vários fatores a serem considerados. A variedade de opções vai desde a codificação dos cromossomos até a cada uma das operações do algoritmo. O capítulo seguinte mostra o funcionamento da função de aptidão, a forma de representação dos cromossomos e quais operadores são utilizados no algoritmo proposto.

5 PROPOSTA DE MODELAGEM

A modelagem proposta é baseada no banco de dados do Sistema Integrado de Administração Escola (SIAE), sistema que atualmente registra as matrículas dos alunos do Centro Universitário Feevale. Para a modelagem das classes do algoritmo, utilizou-se a linguagem UML e, na representação dos cromossomos e genes do algoritmo genético, o trabalho de Correa Lucas (2000) serviu como modelo. Escolheu-se a representação desse autor, pois o modelo transmite a idéia de codificação dos cromossomos de maneira clara e objetiva.

5.1 Pré-condições

O funcionamento correto do algoritmo requer que algumas configurações e cadastros estejam previamente acertados. São eles:

- cadastros dos cursos, disciplinas e grades curriculares;
- disponibilidade de horários dos professores e quais as disciplinas eles estão aptos a lecionar;
- registro de quais disciplinas os alunos gostariam de cursar no período letivo seguinte e em quais os horários de realização do curso eles tem disponibilidade para estudar.

5.1.1 Simulador de matrícula

O simulador de matrícula, conforme explicado na seção 3.4, contemplaria o último tópico das pré-condições necessárias para execução do algoritmo proposto. Criou-se, no presente trabalho, um protótipo do simulador de matrícula a fim de se ter uma melhor

compreensão do seu funcionamento. A interface desenvolvida segue a idéia de um *wizard* ou uma tela passo a passo, bastante comum na instalação de softwares para o computador. Os passos seriam os seguintes:

Identificação do aluno: o usuário informa o seu código de matrícula e a senha. O sistema verifica se o usuário existe e se ele é um aluno que se encontra devidamente matriculado.

Escolha das disciplinas: o sistema exibe por padrão a lista de disciplinas que constam como liberadas, condicionadas a aprovação ou autorizadas pela coordenação do curso na grade curricular do aluno. Depois de visualizar a lista, o acadêmico seleciona em quais matérias têm intenção de se matricular. É possível visualizar ainda as disciplinas, cujos pré-requisitos não foram cumpridos, e as que o aluno já cursou, para lhe dar opção de marcá-la, caso ele tenha a intenção de cursá-la novamente.

Escolha dos horários: o sistema exibe a grade dos horários em que as aulas do curso do aluno ocorrem. É preciso marcar uma quantidade mínima de horários que permita ao aluno se matricular nas disciplinas selecionadas. Por exemplo, se o usuário preencheu três disciplinas anteriormente ele precisa selecionar no mínimo três horários de disponibilidade para estudar.

Questionário: conjunto de perguntas para o aluno, opcionalmente, responder. As respostas ajudariam as pessoas e os setores envolvidos na elaboração da grade horária a compreender melhor como os alunos decidem as disciplinas em que irão se matricular e o que por eles é considerado uma boa grade de horários.

Após completar os quatro passos, o sistema registra, em sua base dados, as informações fornecidas pelos alunos. As Figuras 5.1 e 5.2 ilustram o segundo e o terceiro passos.


:: Simulador de matrícula ::

Escolha das disciplinas
Passo 1 de 3

Nome: REGIS LEANDRO SEBASTIANI (0001996)

Orientação: Marque as disciplinas que você têm a intenção de se matricular

Semestre	Disciplina	Créditos	Situação
Curso: 4001 - BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO			
06	<input type="checkbox"/> AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E COMERCIAL	4	LIB.
	<input type="checkbox"/> COMPILADORES	4	LIB.
	<input type="checkbox"/> COMPUTAÇÃO GRÁFICA	4	COND.
08	<input type="checkbox"/> ENGENHARIA DE SOFTWARE II	4	COND.
	<input type="checkbox"/> INTERFACE HOMEM-MÁQUINA	4	COND.
09	<input type="checkbox"/> DISCIPLINA LIVRE	4	COND.
	<input type="checkbox"/> TOPICOS AVANÇADOS EM COMPUTAÇÃO I	4	COND.
Optativa	<input type="checkbox"/> INFORMÁTICA NAS ORGANIZAÇÕES	4	OPT.
	<input type="checkbox"/> LABORATÓRIO DE BANCO DE DADOS	4	OPT.
	<input type="checkbox"/> LABORATÓRIO DE REDES DE COMPUTADORES	4	OPT.

Legenda de Situações

Lib.	Disciplina que aluno está apto a cursar
Cond.	Disciplina que depende da aprovação de pré-requisito
***	Disciplina que ainda não pode ser cursada, pois faltam pré-requisitos
Aprov.	Disciplina aprovada
Disp.	Disciplina dispensada
Matr.	Disciplina em que o aluno está matriculado
Mat.Eq.	Disciplina matriculada equivalente
Mat.O.C.	Disciplina matriculada no currículo de outro curso

Figura 5.1 – Tela de escolha das disciplinas no Simulador de Matrícula


:: Simulador de matrícula ::

Horários
Passo 2 de 3

Nome: REGIS LEANDRO SEBASTIANI (0001996)

Orientação: Marque os horários que você têm disponibilidade para estudar

Turno	Horário	Créditos	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Manhã	08:30 - 11:15	4						<input type="checkbox"/>
Intermediário	11:45 - 13:00	2						<input type="checkbox"/>
Tarde	14:00 - 16:45	4						<input type="checkbox"/>
Vespertino	18:00 - 19:15	2	<input type="checkbox"/>					
Noite	19:30 - 22:15	4	<input type="checkbox"/>					

Disciplinas selecionadas: 1
 Total de créditos das disciplinas selecionadas: 4
 Créditos possíveis com os horários marcados: 0

Figura 5.2 – Tela de escolha dos horários no Simulador de Matrícula

5.2 Casos de uso

Mapearam-se dois casos de uso relacionados ao AG proposto. O primeiro, chamado de Gerar grade de horário, diz respeito a interação entre o coordenador de curso ou pessoa responsável pela formação dos horários e o algoritmo genético. O coordenador aciona o programa e valida a grade de horários gerada. O segundo caso de uso trata da exportação da grade de horários gerada pelo algoritmo genético e validada pelo coordenador de curso para o sistema SIAE.

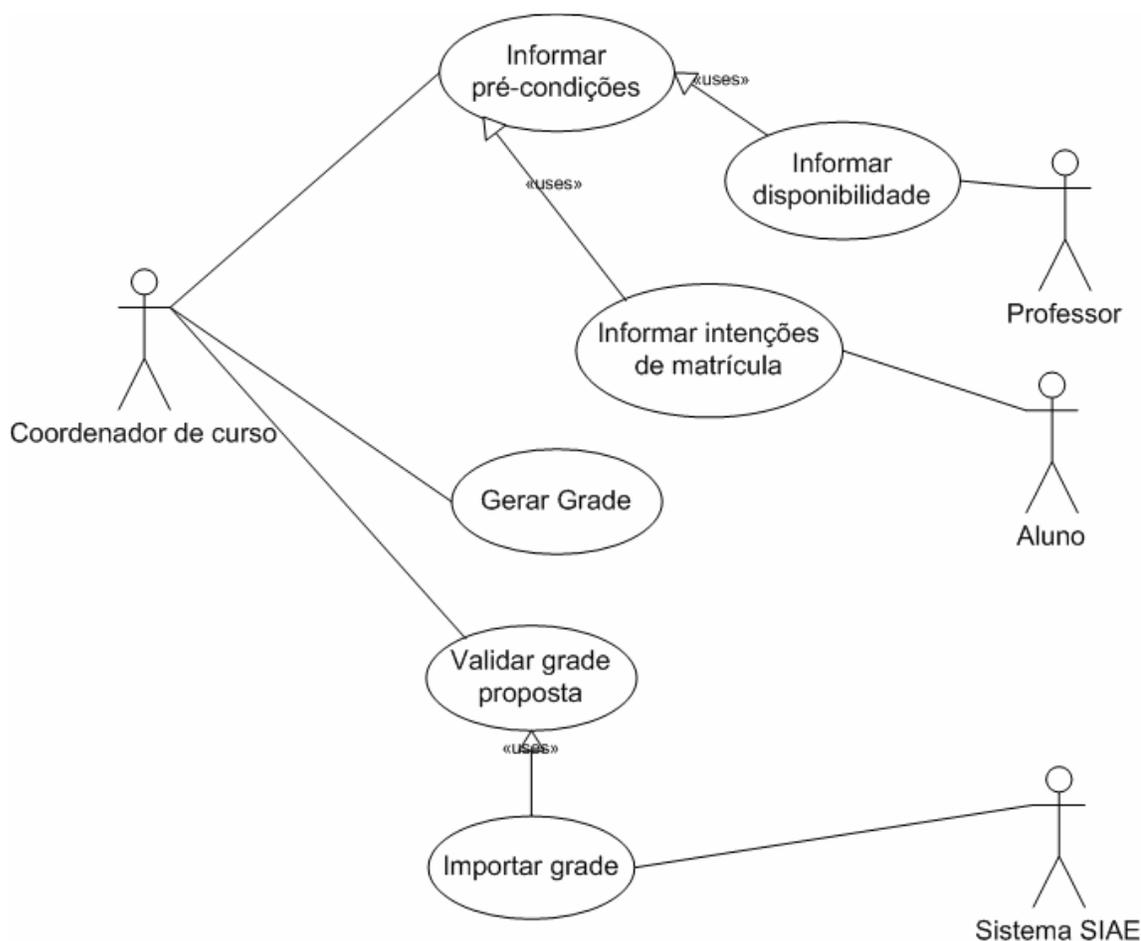


Figura 5.3 - Diagrama de casos de uso

5.3 Diagramas de pacotes e de classes

A Figura 5.4 mostra os dois pacotes envolvidos na solução. Na Figura 5.5, detalha-se o pacote que contém as classes que contemplam o domínio do problema em que o algoritmo atuará e a Figura 5.6 é formado pelas classes do AG.

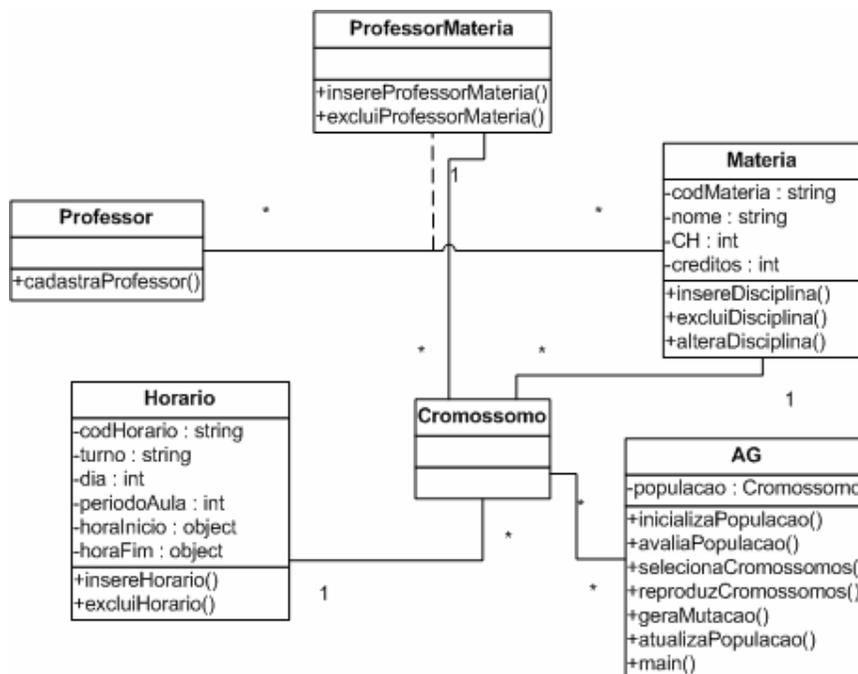


Figura 5.6 - Diagrama de classes do pacote do algoritmo genético

5.4 Modelagem do algoritmo genético

A lógica de funcionamento do algoritmo está baseada no modelo tradicional de algoritmo genético apresentado no capítulo anterior. Nas seções a seguir, são listadas as opções escolhidas para o funcionamento do programa.

5.4.1 Codificação dos cromossomos

Cada solução candidata à resolução do problema é composta pela lista de turmas oferecidas. A turma, por sua vez, contém a disciplina, o professor, o dia e o horário de realização. Nos termos empregados nos algoritmos genéticos, o cromossomo seria formado pela lista de turmas e cada turma equivale a um gene. O alfabeto de genes (*pool* genético) é o resultado de todas as possíveis combinações entre as disciplinas, professores aptos com os dias e horários. A figura a seguir representa a estrutura do cromossomo.

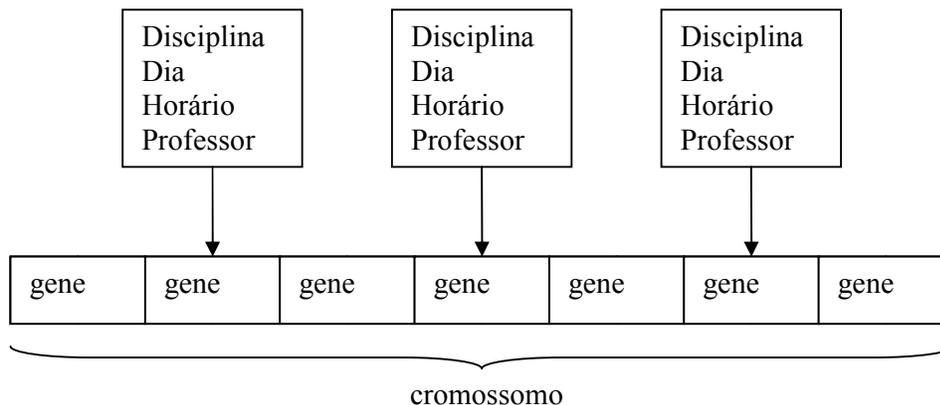


Figura 5.2 - Representação do cromossomo e dos genes

5.4.2 Função de aptidão

Para avaliar a aptidão de uma solução, será usado o seguinte cálculo:

1. Matricular os alunos nas turmas oferecidas conforme suas intenções de matrícula. Se houver duas turmas da mesma disciplina em um mesmo horário, o aluno será matriculado na turma que estiver com o número maior de alunos;
2. Somar a quantidade de disciplinas em que cada aluno conseguiu se matricular no passo 1. Quanto maior esse número, maior será o índice de aptidão da solução;
3. Diminuir do índice as restrições que a solução viola através de um sistema de penalidades.

O sistema de penalidades conterà dois tipos: fracas e fortes. As penalidades fortes são aquelas que inviabilizam a solução e, portanto, receberão alto índice de penalidade, enquanto as penalidades fracas, que são aquelas que diminuem a qualidade da solução, receberão um valor de penalidade inferior ao das penalidades fortes. O conjunto de penalidades é apresentado nas tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 5.1: Penalidades fortes aplicadas na função de avaliação de aptidão

Penalidade	Modo de verificação
O mesmo professor leciona em duas turmas no mesmo dia e horário	Varredura por entre os genes do cromossomo para detectar se o mesmo professor está lecionando em mais de uma turma no mesmo horário e dia da semana
O professor excede o limite máximo de sua carga horária semanal	Verificação se a quantidade de horas que o professor leciona na grade horária excede o limite máximo estabelecido em seu contrato
O professor excede o limite máximo de sua carga horária semanal	Verificação se a quantidade de horas que o professor leciona diariamente na grade horária excede o limite máximo estabelecido em seu contrato
O índice de ocupação das turmas é pequeno	Cálculo da média de alunos por turma

Tabela 5.2: Penalidades fracas aplicadas na função de avaliação de aptidão

Penalidade	Modo de verificação
O professor leciona em dia e horário que não é de sua preferência	Cruzamento entre os dias e horário em que o professor estará lecionando com a sua disponibilidade
Mais de uma disciplina de um mesmo semestre sendo oferecidas no mesmo horário	Verificar se em cada horário há mais de uma disciplina do mesmo semestre sendo ofertada

5.4.3 Operadores e parâmetros

As opções usadas nas demais operações do algoritmo genético foram escolhidas conforme a explicação sobre AGs contida no capítulo anterior. As opções são as seguintes:

Inicialização da população: a população inicial de soluções candidatas será gerada de forma semelhante ao que era feito antes da implantação do algoritmo. A grade do semestre anterior era copiada para a grade que está sendo ofertada e se fazem ajustes de acordo com os problemas levantados e com as necessidades que surgiram. Logo, a população inicial será igual à grade de horários do semestre anterior e o algoritmo tratará de melhorá-la.

Condição de término: o algoritmo terminará quando entrar em estado de estagnação, ou seja, depois de várias gerações o melhor índice de aptidão se manteve estável.

Seleção: a seleção dos indivíduos que participarão da fase de reprodução dar-se-á por meio da estratégia de giro da roleta. Os indivíduos com maior índice de aptidão terão maior probabilidade de escolha. Não se aplicará nenhum método anterior de *scaling*.

Reprodução: os pares serão formados através de escolha aleatória. Já a máscara de cruzamento utilizada será a de dois pontos sorteados aleatoriamente para cada par.

Mutação: aplicar-se-á o modelo de mutação *flip*, cujos genes recebem valores randomicamente do alfabeto válido. A taxa de mutação será pequena para que se mantenha a diversidade e se preserve as boas soluções.

Atualização da população: a população terá tamanho fixo e somente serão inseridos os indivíduos resultantes da reprodução que tiverem índice de aptidão superior aos indivíduos atuais da população. Esses indivíduos substituirão as piores soluções da geração corrente.

Taxa de reprodução: o número de cromossomos gerados durante a fase de reprodução equivalerá à metade da população. A opção é em razão de que uma taxa pequena de reprodução ocasiona lentidão no surgimento de novas estruturas e uma taxa elevada elimina boas soluções.

Procuraram-se na modelagem utilizar os diagramas da UML mais pertinentes ao problema. No diagrama de casos de uso buscou-se representar as interações entre os usuários e outros sistemas com o algoritmo proposto. No diagrama de classes representou-se a estrutura interna do programa modelado e do sistema ao qual ele será integrado. Em relação ao AG, definiu-se como parâmetros e operadores genéticos aqueles utilizados e citados nos outros trabalhos. É preciso criar o algoritmo e verificar sua performance. Caso, seja detectado mau desempenho alguns dos parâmetros e operadores precisarão ser alterados.

CONCLUSÃO

O grande interesse acadêmico pelo problema da grade horária é plenamente justificado. A grade horária afeta a vida e os interesses da instituição de ensino, dos professores e dos alunos e, muitas vezes, os objetivos dos envolvidos conflitam entre si. A instituição quer a maximização do uso de sua estrutura, os alunos desejam cursar primeiramente as disciplinas que parecem contribuir mais para a sua formação e os professores almejam um horário que lhes permita trabalhar em outros projetos. Conseqüentemente, encontrar uma solução que equilibre os interesses de todos e que contribua para a melhoria do ensino é um desafio.

A fim de compreender como o processo de formação da grade de horários acontece em um caso real, estudou-se o procedimento que ocorre nos cursos de Sistemas de Informação e de Ciência da Computação do Centro Universitário Feevale. Após levantar os requisitos que um sistema de informação necessitaria para colaborar com a geração de uma melhor grade horária, analisaram-se os softwares comercializados no mercado brasileiro e os trabalhos acadêmicos desenvolvidos sobre o tema. Observou-se que apenas um dos softwares examinados dispõe das funcionalidades desejadas, no entanto, ele é voltado à realidade dos ensinos fundamental e médio. Nos trabalhos acadêmicos, identificaram-se algumas similaridades, porém, diversas restrições presentes no estudo de caso não são contempladas.

A partir disso, modelou-se, através da UML e de técnicas aplicadas nos trabalhos correlatos, um algoritmo genético que gere a grade de horários tendo como principal fator a intenção de matrícula dos alunos. A preferência pelos AG decorreu de quatro características. Primeiramente, pela metáfora biológica que é usada como referência para o funcionamento do algoritmo. Em segundo, pela relativa facilidade de implementação, que não requer do pesquisador um grande e aprofundado conhecimento de matemática. Em terceiro, pelas inúmeras técnicas possíveis para a implementação dos operadores de seleção, recombinação e

mutação. E, por último, apesar de não garantir o encontro da melhor solução, os AG adaptam-se facilmente a diversos tipos de problema.

Embora o trabalho tenha contribuído com o estudo de um caso real, levantado oportunidades de otimização e analisado soluções existentes, ele pode ser complementado. Indica-se a implementação do algoritmo proposto e a verificação se os objetivos almejados foram alcançados. Sugerem-se, também, como trabalhos futuros, a elaboração de um programa voltado a melhorar a distribuição das salas, a construção de um algoritmo que indique aos alunos quais matérias cursar e a aplicação de uma ferramenta de BI que auxilie as decisões nas questões pertinentes à matrícula e à oferta das disciplinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA et. al. **Um Algoritmo Heurístico para Construção de Tabela de Horário Escolar**. In: Congresso Científico CEULP/ULBRA, 4., 2005, Palmas. Disponível em: <<http://www.ulbra-to.br/eventos/congresso2005/estArtigosAprovados.aspx>>. Acesso em: 5 de abril de 2007.

BEASLEY, David; BULL, David R.; MARTIN, Ralph R. **An Overview of Genetic Algorithms**: Part 1, Fundamentals. University Computing, 1993a. Disponível em: <http://www.lania.mx/~ccoello/ga_overview1.zip>. Acesso em: 19 de maio de 2007.

BEASLEY, David; BULL, David R.; MARTIN, Ralph R. **An Overview of Genetic Algorithms**: Part 2, Research Topics. University Computing, 1993b. Disponível em: <http://www.lania.mx/~ccoello/ga_overview2.zip>. Acesso em: 19 de maio de 2007.

BEHE, Michael J. **A caixa preta de Darwin**: O desafio da bioquímica à Teoria da Evolução. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997. 300p.

BITTENCOURT, Guilherme. **Inteligência Artificial**: ferramentas e teorias. 1. ed. Florianópolis: UFSC, 1998. 362p.

BRAZ JÚNIOR, Osmar de Oliveira. **Otimização de Horários em Instituições de Ensino Superior Através de Algoritmos Genéticos**. Florianópolis: 2000. 131p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – UFSC, 2000.

BURKE, Edmund; ELLIMAN, David; WEARE, Rupert. **A Genetic Algorithm for University Timetabling**. Nottingham: 1994.

BURKE, Edmund; ELLIMAN, David; WEARE, Rupert. **Specialised Recombinative Operators for Timetabling Problems**. Nottingham: 1995.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Apresentação do Curso de Ciência da Computação**. Disponível em <<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=127&intIdConteudo=542>>. Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Apresentação do Curso de Sistemas de Informação**. Disponível em <<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=130&intIdConteudo=559>>. Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Apresentação do Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas - ICET.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=113&intIdConteudo=392> >.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Apresentação do Instituto de Ciências Humanas, Letras e Artes - ICHLA.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=110&intIdConteudo=371> >.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Apresentação do Instituto de Ciências da Saúde - ICS.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=165&intIdConteudo=746> >.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Apresentação do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas - ICSA.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=184&intIdConteudo=947> >.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Estrutura Curricular do Curso de Ciência da Computação.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=127&intIdConteudo=547> >.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Estrutura Curricular do Curso de Sistemas de Informação.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=130&intIdConteudo=564> >.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Histórico Institucional.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=273&intIdConteudo=1393>>.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Perfil do Profissional do Curso de Ciência da Computação.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=127&intIdConteudo=543> >.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Quem Somos.** Disponível em <
<http://aplicweb.feevale.br/site/internas/default.asp?intIdSecao=273&intIdConteudo=19695>>.
 Acesso em 8 de novembro de 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE. **Guia Acadêmico 2007.** Novo Hamburgo: Feevale, 2007.

CISCON et. al. **O problema de geração de horários:** um foco na eliminação de janelas e aulas isoladas. In: BPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 27., 2005, Gramado.

CONCILIO, Ricardo. **Contribuições à Solução de Problemas de Escalonamento pela Aplicação Conjunta de Computação Evolutiva e Otimização com Restrições.** Campinas,

2000: Dissertação (Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação) - Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, Unicamp, 2000.

CORREA LUCAS, Diogo. **Algoritmos Genéticos**: Um estudo de seus conceitos fundamentais e aplicação no problema da grade horária. Pelotas: 2000. 66p. Monografia (Curso de Bacharelado em Informática) – Instituto de Física e Matemática, UFPEL, 2000.

COSTA, Eduardo Oliveira; DELLA BRUNA, Marlonn; POZO, Aurora Ramirez. **Resolução de “Timetabling” utilizando Evolução Cooperativa**. Revista Eletrônica de Iniciação Científica, a.3, v. 3, n. 1, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2003e1/cientificos/ResolucaoDeTimetablingUtilizandoEvolucaoCooperativa.pdf>>. Acesso em: 14 de junho de 2007.

CHAMBERS, Lance (editor). **Practical Handbook of Genetic Algorithms**: New Frontiers, Volume II. Boca Raton: CRC Press, Inc, 1995.

DARWIN, Charles. **A Origem das Espécies**. São Paulo: Hemus, 2003.

ELDREDGE, Niles. **Reinventing Darwin**: The great debate at the high table of evolutionary theory. John Wiley & Sons, 1995. 244p.

FERNANDES, Anita Maria da Rocha. **Inteligência artificial**: noções gerais. Florianópolis: Visual Books, 2003. 160p.

GEHA SISTEMAS ESPECIALISTAS. Disponível em <http://www.horario.com.br/horario_esc.php>. Acesso em 14 de julho de 2007.

GÓES, Anderson Roges Teixeira. **Otimização na Distribuição da Carga Horária de Professores**: Método Exato, Método Heurístico, Método Misto e Interface. Curitiba: 2005. 130p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, 2005

GOLDBERG, David Edward. **Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning**. Addison-Wesley, 1989. 401p.

GOULD, Stephen Jay. **Darwin e os Grandes Enigmas da Vida**. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1987. 274p.

HAMAWAKI, Cristiane Divina Lemes. **Geração Automática de Grade Horária Usando Algoritmos Genéticos**: O Caso da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU. Uberlândia: 2005. 90p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, 2005

HOLLAND, John Henry. **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. 2. ed. Massachusetts: MIT Press, 1992. 205p.

LUGER, George. **Inteligência Artificial**: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 774p.

MACHADO, Sídio. **Biologia para o ensino médio**: volume único. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2003. 534p.

MITCHELL, Melanie. **An Introduction to Genetic Algorithms**. Massachusetts: MIT Press, 1996. 201p.

MÜLLER, Anderson Amadeu. **Quiroexpert**: Um Sistema de Apoio à Decisão para a Quiropraxia. Novo Hamburgo: 2005. 54p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário Feevale, 2005.

PERSEUS. **Demonstração Perseus Athens - Módulo Secretaria**. Disponível em <<http://www.perseus.com.br>>. Acesso em 17 de abril de 2007.

PHIDELIS. **Apresentação de Produto Phidelis Software Acadêmico** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida em 29 mar. 2007.

RIBEIRO FILHO, Geraldo. **Melhoramentos no Algoritmo Genético Construtivo e Novas Aplicações em Problemas de Agrupamento**. São José dos Campos, 2001. 129p. Tese de Doutorado (Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001.

RIDLEY, Mark. **Evolução**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 716p.

RUSE, Michael. **Darwinism Defended**. London: Addison-Wesley, 1982. 356p.

RUSSEL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**: tradução da segunda edição. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004. 1021p.

SERRADA, Anselmo Pérez. **Una introducción a la Computación Evolutiva**. Disponível em <<http://www.geocities.com/igoryepes/spanish.zip>>. Acesso em 13 de maio de 2007.

SOBRINHO, Antônio Carlos C. da S.; GIRARDI, Maria del Rosário. **Uma Análise das Aplicações dos Algoritmos Genéticos em Sistemas de Acesso à Informação Personalizada**. Revista Eletrônica de Iniciação Científica, a.3, v. 3, n. 4, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2003e4/tutoriais/AlgoritmosGeneticosEmSistemasDeAcessoAInformacaoPersonalizada.pdf>>. Acesso em: 19 de maio de 2007.

SPETNER, Lee M. **Not By Chance**: Shattering the modern theory of evolution. New York: The Judaica Press, 1997. 272p.

SORROCHE, Rogério; LOPES, Maurício. Capobianco. **Análise comparativa de algoritmos de grafos para um Sistema de Auxílio à Matrícula de Alunos**. In: Seminário de Computação, 12., 2003, Blumenau. Disponível em: <<http://www.inf.furb.br/seminco/2003/>>. Acesso em: 5 de abril de 2007.

TECHNE. **Lyceum**: Sistema de Gestão Acadêmica e Financeira. Disponível em: <<http://www.techne.com.br/produtos/FolderLyceum2006letter.pdf>>. Acesso em: 17 de julho de 2007.

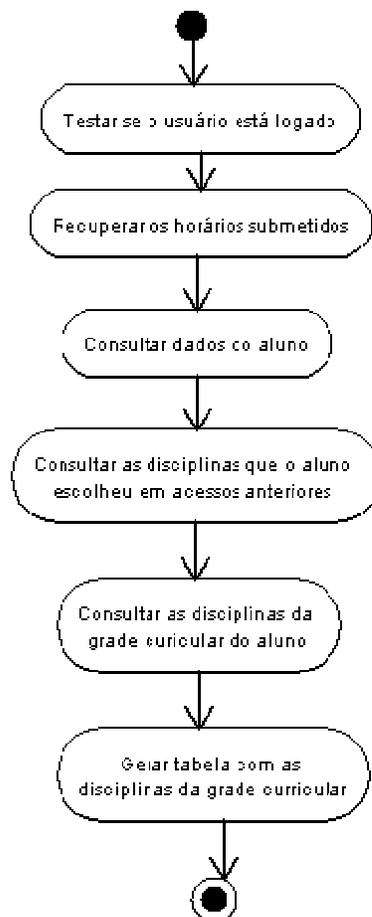
TEIXEIRA, Mônica. **O projeto genoma humano**. São Paulo: Publifolha, 2000. 92p.

THOMPSON, Margaret W.; MCINNES, Roderick R.; WILLARD, Huntington F. Thompson & Thompson: **genética médica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

WHITLEY, Darrell. **A Genetic Algorithm Tutorial**. Fort Collins: Colorado State University, 1994.

ANEXOS

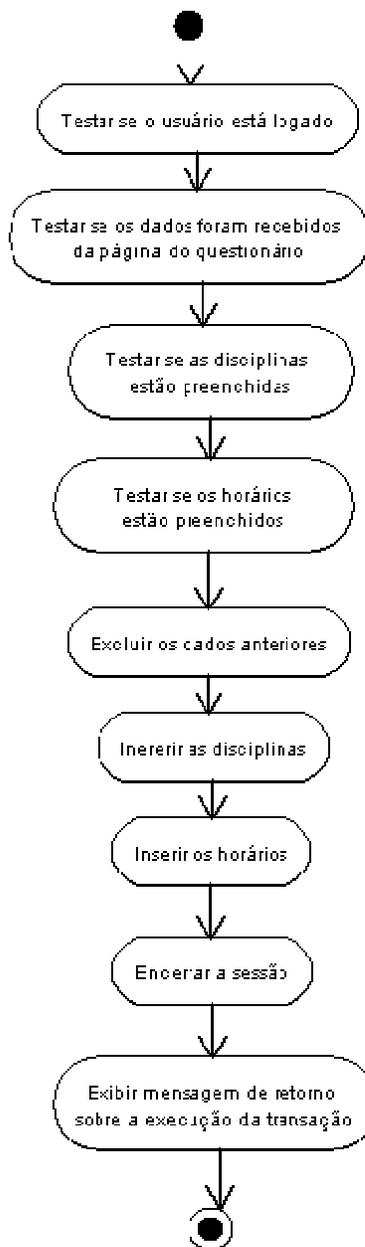
ANEXO A – DIAGRAMA DE ATIVIDADES DA PÁGINA DE EXIBIÇÃO
DAS DISCIPLINAS NO SIMULADOR DE MATRÍCULA



ANEXO B – DIAGRAMA DE ATIVIDADES DA PÁGINA DE EXIBIÇÃO DOS HORÁRIOS NO SIMULADOR DE MATRÍCULA



ANEXO C – DIAGRAMA DE ATIVIDADES DA PÁGINA DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO SIMULADOR DE MATRÍCULA



ANEXO D – QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS RESPONDIDO PELA PROGRAD

1 – Quais as principais atribuições do setor?

À Assessoria Pedagógica da Pró-Reitoria de Ensino de Graduação compete:

I - assessorar ao Pró-Reitor de Ensino de Graduação na elaboração e implementação do Projeto Pedagógico e Regimento do Centro Universitário Feevale;

II - assessorar ao Pró-Reitor de Ensino de Graduação em relação a assuntos pedagógicos do Ensino;

III - assessorar aos Diretores dos Institutos Acadêmicos e Coordenadores de Curso em relação à construção dos projetos pedagógicos dos Cursos de Graduação e demais questões pedagógicas;

IV - coordenar o Projeto Institucional para os Cursos de Formação de Professores;

V - integrar o Conselho dos Cursos de Formação de Professores, juntamente com os Coordenadores dos respectivos Cursos, coordenando-o;

VI - promover a articulação das Pró-Reitorias, Institutos Acadêmicos e Escola de Aplicação no que concerne às questões pedagógicas;

VII - representar a Pró-Reitoria de Ensino de Graduação em eventos e atividades referentes às questões pedagógicas.

2 – Qual o envolvimento do setor no processo de alocação de disciplinas?

Definir os períodos destinados à alocação de horários, acompanhar o processo de alocação, revisar os horários alocados pelas coordenações de curso, propondo adequações, se necessário, a fim ajustar o número de turmas e vagas à demanda.

3 – Quais dados, indicadores e relatórios o setor utiliza no seu envolvimento com a alocação de disciplinas?

Relatório de alocação de turmas por professor, de turmas alocadas, número de vagas oferecidas e alunos matriculados (geral e por curso).

4 – O que o setor considera ser uma boa grade de horários?

Quando a oferta está adequada à demanda, observando-se horários das aulas, número de alunos, disponibilidade de horário dos alunos, média de créditos matriculados, disponibilidade e carga horária dos docentes. É preciso compatibilizar todas essas variáveis, fazendo um estudo prévio da demanda, antes da abertura de turmas. Nesse processo é muito importante o acompanhamento da lotação das turmas durante o processo de matrículas.

5 – Quais dificuldades e/ou problemas ocorrem no processo?

Abertura de muitas turmas da mesma disciplina, sem que haja demanda suficiente, abertura de turmas em mesmos horários.

6 – Que oportunidades de melhoria o setor vislumbra?

Maiores e melhores condições de planejamento prévio dos horários e posterior acompanhamento das matrículas.

7 – Um sistema de informação poderia auxiliar na construção de melhores grades de horários? De que forma?

Sim, na medida em que fornece as ferramentas necessárias que correspondem à consulta das variáveis citadas na questão 4, de forma correta/segura, fácil e ágil, o que permitirá um melhor planejamento.

Uma ferramenta que facilitasse a comunicação entre cursos e Institutos, visto que cada vez mais algumas disciplinas transitam por diferentes áreas do conhecimento e a flexibilização curricular visa ultrapassar essas barreiras, possibilitaria um planejamento conjunto, a consulta e a troca de informações entre diferentes coordenadores de cursos, processo que se faz cada vez mais necessário.

ANEXO E – QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS RESPONDIDO PELA CONTROLADORIA

1 – Quais as principais atribuições do setor?

Levantamento de demonstrações contábeis, gerenciamento do processo orçamentário institucional, elaboração de prestações de contas de recursos públicos e controle patrimonial.

2 – Qual o envolvimento do setor no processo de alocação de disciplinas?

Trata-se de um envolvimento indireto, pois o orçamento institucional está atrelado ao nº de turmas oferecidas em determinado período. Assim, um bom planejamento das turmas é fundamental para um orçamento que demonstre a sustentabilidade da instituição.

3 – Quais dados, indicadores e relatórios o setor utiliza no seu envolvimento com a alocação de disciplinas?

O setor utiliza o indicador nº de alunos por turma, comparando com o ponto de equilíbrio (relação alunos/turma em que as receitas igualam-se às despesas). Este indicador é reflexo da procura pelas disciplinas, bem como do planejamento das mesmas, pelas coordenações dos cursos.

4 – O que o setor considera ser uma boa grade de horários?

Aquela em que há a otimização de recursos humanos (professores) ao mesmo tempo em que se preserva a qualidade do ensino. A unificação de turmas, formando uma única, traz redução nos custos, já que melhora o indicador nº de alunos por turma. As situações em que esta unificação é possível, considerando as particularidades da disciplina, do curso e das instalações físicas, significam economias que serão utilizadas para novos investimentos, proporcionando aos alunos mais recursos duráveis.

5 – Quais dificuldades e/ou problemas ocorrem no processo?

Atualmente, necessidades de novos relatórios, para melhor acompanhamento levam muito tempo para serem atendidas, podendo ficar prontas somente após a necessidade se extinguir.

6 – Que oportunidades de melhoria o setor vislumbra?

– Disponibilização de mais informações a todos os gestores que podem e devem provocar mudanças no que diz respeito às matrículas, especialmente que facilite o acompanhamento;

- Que o sistema já indicasse (com base no cadastro de cada disciplina), se existe possibilidade de unificação, tanto em situações em que a disciplina é oferecida mais de uma vez quanto em situações onde os conteúdos das disciplinas coincidem. Com esta indicação, as coordenações e direções aprovariam ou não a unificação;

- Registrar pesquisas feitas com os alunos, para, no momento da alocação das disciplinas, os coordenadores conheceram também as preferências de determinada turma. Exemplo: Aplica-se uma pesquisa aos alunos do terceiro semestre para verificar qual dia semana eles não estudariam (por impossibilidade). Ao oferecer o quarto semestre daquele curso, levar-se-iam estas informações em conta, no planejamento das disciplinas oferecidas.

7 – Um sistema de informação poderia auxiliar na construção de melhores grades de horários? De que forma?

Com certeza um sistema de informação auxiliaria. As formas já foram abordadas no item 6.

ANEXO F – QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS RESPONDIDO PELA ADMINISTRAÇÃO ACADÊMICA

1 – Quais as principais atribuições do setor?

A Administração acadêmica é responsável pelos registros acadêmicos desde o Ingresso (processo seletivo e ingressos extravestibular) até a colação de grau (registro de diplomas) dos alunos e mantém organizado e atualizado toda a documentação discente.

2 – Qual o envolvimento do setor no processo de alocação de disciplinas?

O setor juntamente com a Prograd presta assessoria aos IAS que são os responsáveis pela alocação das disciplinas nos sistema informatizado. Realiza também capacitações aos coordenadores para utilização do sistema de alocação.

3 – Quais dados, indicadores e relatórios o setor utiliza no seu envolvimento com a alocação de disciplinas?

O setor disponibiliza os relatórios aos Coordenadores, conforme a necessidade e peculiaridade de cada curso, como por exemplo: relatório pré-matrícula, currículos em extinção, disciplinas sem professor alocado.

4 – O que o setor considera ser uma boa grade de horários?

Uma grade de horários que atenda a demanda do curso e dos alunos.

5 – Quais dificuldades e/ou problemas ocorrem no processo?

A cada semestre o processo de alocação é avaliado juntamente com os Coordenadores e são realizados os ajustes necessários. Em relação ao sistema há algumas dificuldades em atender as especificidades de cada curso/currículo.

6 – Que oportunidades de melhoria o setor vislumbra?

Equivalência automática, disciplinas compartilhadas, remanejamento de vagas de disciplinas compartilhadas.

7 – Um sistema de informação poderia auxiliar na construção de melhores grades de horários? De que forma?

Acredito que sim, verificando as necessidades de cada curso, atendendo suas especificidades.