

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Gabriel Nascimento Marcos da Rocha

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE
PROVAS ESCRITAS OBJETIVAS

Campos dos Goytacazes, RJ.
Outubro de 2015.

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Gabriel Nascimento Marcos da Rocha

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE
PROVAS ESCRITAS OBJETIVAS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional da Universidade Candido Mendes - Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Oliveira Matias.
Coorientador: Prof. Dr. Diego da Silva Sales.

Campos dos Goytacazes, RJ.

Outubro de 2015.

Gabriel Nascimento Marcos da Rocha

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE
PROVAS ESCRITAS OBJETIVAS

Dissertação apresentada ao
Programa de Mestrado em Pesquisa
Operacional e Inteligência
Computacional da Universidade
Candido Mendes - Campos/RJ, para
obtenção do grau de MESTRE EM
PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Aprovada em: / /2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ítalo de Oliveira Matias - Orientador
Universidade Candido Mendes (UCAM)

Prof. Dr. Diego da Silva Sales – Coorientador
Instituto Federal Fluminense (IFF)

Prof. Dr. Dalessandro Soares Vianna
Universidade Candido Mendes (UCAM)
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof^a. Dr^a. Marcilene de Fátima Dianin Vianna
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Campos dos Goytacazes, RJ.

Outubro de 2015.

Dedico este trabalho a Deus e a todos aqueles que estão empenhados a fazer o bem ao próximo mesmo que em pequenos gestos e formas.

Aos meus pais José Francisco e Roseli, meus irmãos Rafael e Madison e minha noiva Lorena pelo carinho e por estarem sempre ao meu lado me ajudando e incentivando.

AGRADECIMENTO

Ao IFF, pelo apoio através de seu programa de capacitação de servidores que me proporcionou a realização do curso.

A UCAM – Campos/RJ e ao corpo docente que realiza um trabalho brilhante nesse curso de mestrado, pela contribuição na minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE PROVAS ESCRITAS OBJETIVAS

O foco desse trabalho é o desenvolvimento de um sistema de gestão *online* com funções de cadastro de questões em um banco de dados para utiliza-las na elaboração de provas de múltiplas escolhas utilizando como base, a área de conhecimento e o seu respectivo nível de dificuldade, e também gerar cartões-respostas e corrigi-los automaticamente. Para a proposição, foi desenvolvido o sistema SIG-Prova utilizando a linguagem de programação Python e o *framework* Django. Para a elaboração das provas de forma automática, que visa escolher as melhores questões segundo os requisitos das provas, como o número de questões e nível de dificuldade, foram desenvolvidos duas heurísticas, ambas com o mesmo propósito, com a finalidade de comparação de desempenho entre elas. A primeira foi o algoritmo genético utilizando o método de seleção torneio e a segunda foi a heurística seleção de grupos, que utiliza alguns elementos presente no algoritmo genético como função objetivo. A correção da prova é realizada através da utilização de técnicas de *optical mark recognition* para reconhecer as marcações nos cartões-respostas e analisar junto ao gabarito as questões que estão certas e as que estão erradas para gerar a nota de cada aluno. Através dos resultados obtidos foi possível perceber que o sistema SIG-Prova fornece aos professores uma automatização dos processos de gerenciamento, criação e correção das provas de forma fácil e dinâmica.

PALAVRAS-CHAVE: *Software* web, Elaboração e correção de provas, Seleção de questões de múltipla escolha.

ABSTRACT

The focus of this academic dissertation is the development of a management system with functions of registration in a database to use them to prepare multiple choice tests using as a base the area of knowledge and its respective level of difficulty. And also generate cards answers and correct them automatically. For this purpose it was developed follow-test system using the python programming language through the Django framework. In order to elaborate these tests automatically, which aims to choose the best questions to the requirements of the tests, as the number of issues and level of difficulty, two heuristics have been developed , both for the same purpose , with the purpose of performance comparison between them. The first was the genetic algorithm using the tournament selection method and the second was the heuristic group selection , which uses some elements present in the genetic algorithm as the objective function . The correction of the test is carried out through the use of optical mark recognition techniques to recognize the markings on the cards with the answers and analyze feedback matters that are right and which are wrong to give the note of each student. Through the results it was revealed that the SIG-Prova system provides teachers a automation of management processes , creation and correction of the tests easily and dynamically.

KEYWORDS: Web software, Development and correction of tests, selection of multiple choice questions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fluxograma do Algoritmo Genético.....	22
Figura 2.2 - Estrutura do cromossomo e seus genes.....	23
Figura 2.3 - Crossover.....	24
Figura 2.4 - Imagem digital.....	25
Figura 2.5 - Plano cartesiano	26
Figura 2.6 - Escala de Cinza	26
Figura 2.7 - Processo de limiarização.	27
Figura 2.8 – Cartão com alternativas	28
Figura 3.1: Publicações por ano na <i>Scopus</i>	31
Figura 3.2: Publicações por ano na <i>Web of Science</i>	31
Figura 3.3: Publicações por autor na <i>Scopus</i>	32
Figura 3.4: Publicações por autor na <i>Web of Science</i>	32
Figura 3.5: Países das publicações da <i>Scopus</i>	33
Figura 3.6: Países das publicações na <i>Web of Science</i>	33
Figura 3.7: Publicações por ano na <i>Scopus</i>	39
Figura 3.8: Publicações por ano na <i>Web of Science</i>	39
Figura 3.9: Publicações por autor na <i>Scopus</i>	40
Figura 3.10: Publicações por autor na <i>Web of Science</i>	40
Figura 3.11: Países das publicações da <i>Scopus</i>	41
Figura 3.12: Países das publicações na <i>Web of Science</i>	41
Figura 3.13: Subáreas das publicações da <i>Scopus</i>	42
Figura 3.14: Subáreas das publicações da <i>Web of Science</i>	42
Figura 4.1 – Modelo de cartão-resposta.....	48
Figura 4.2 - Cabeçalho do cartão-resposta proposto.	49
Figura 4.3 - Orientações de preenchimento.	49
Figura 4.4 - Questões com cinco alternativas.	50
Figura 4.5 - Questões com cinco alternativas e verdadeiro e falso.	50
Figura 4.6 - Estrutura da questão no banco de dados.	51
Figura 4.7 - Agrupamento de questões.	56
Figura 4.8 - Marcador de posição.....	59
Figura 4.9 - Marcadores <i>caixa_preta</i>	59
Figura 4.10 - Dimensões das alternativas.	60
Figura 4.11 - Representação dos espaçamentos <i>caixa_preta_caixa_letra_h</i> . .	60

Figura 4.12 - Marcador <i>caixa_letra_caixa_letra</i>	61
Figura 4.13 - Marcações em várias cores.	62
Figura 4.14 - Conversão em escala de cinza.	63
Figura 4.15 - Imagem binarizada.....	63
Figura 5.1: Tela de “Autenticação”.	66
Figura 5.2: Tela Principal do Ambiente “Professor”.....	67
Figura 5.3: Tela de “Criação de Questão (Cinco Alternativas)”.....	68
Figura 5.4: Tela de “Criação de Questão (Verdadeiro/Falso)”.....	69
Figura 5.5: Tela de “Criação de Prova” (Parte 1).	70
Figura 5.6: Tela de “Criação de Prova” (Parte 2).	71
Figura 5.7: Tela de “Criação de Prova” (Parte 3).	72
Figura 5.8: Tela de “Detalhamento da Questão”.	73
Figura 5.9: Tela Principal do Ambiente “Professor” com Lista de Prova.	73
Figura 5.10: Tela de “Recursos da Prova”.	74
Figura 5.11: Tela de “Gabarito do Cartão-Resposta”.	74
Figura 5.12 – Tela de “Cartão-Resposta”.	75
Figura 5.13: Fluxo de Leitura dos Cartões-Respostas.	76
Figura 5.14: Tela de “Leitura de Cartão-Resposta”.	77
Figura 5.15: Tela de “Cartões-Respostas Corrigidos”.	77
Figura 5.16: Tela de “Detalhamento de Cartão-Resposta”.....	78
Figura 5.17: Tela de Revisão de Cartão-Resposta Corrigido.....	78
Figura 5.18: Tela de “Edição do Cartão-Resposta”.	79
Figura 5.19: Tela de “Visualização do Cartão-Resposta”.	79
Figura 5.20: Tela de “Visualização da Prova Formatada”.	80
Figura 5.21: Tela Principal do Ambiente “Aluno”.	81
Figura 5.22: Tela de “Detalhamento do Cartão-Resposta”.....	82
Figura 5.23: Relação das Provas Segundo o Cálculo da Função Objetivo do AG.....	84
Figura 5.24: Relação das Provas Segundo o Cálculo da Função Objetivo do BR.	85
Figura 5.25: Comparação das Provas que Atingiram o Alvo da Função Objetivo do BR e AG.	86
Figura 5.26: Comparação do tempo de correção das provas.	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Passos do estudo bibliométrico.....	29
Quadro 3.2: Parâmetros de busca.	30
Quadro 3.3: <i>Queries</i> geradas nas bases.....	30
Quadro 3.4: Citações das publicações na <i>Scopus</i>	34
Quadro 3.5: Citações das publicações na <i>Web of Science</i>	34
Quadro 3.6: Produções científicas mais relevantes.	35
Quadro 3.7: Parâmetros de busca.	38
Quadro 3.8: <i>Queries</i> geradas nas bases.....	38
Quadro 3.9: Citações das publicações na <i>Scopus</i>	43
Quadro 3.10: Citações das publicações na <i>Web of Science</i>	43
Quadro 3.11: Produções científicas mais relevantes.	44
Quadro 3.12 - Parâmetros para sistemas de elaboração e correção.	47
Quadro 4.1 - Estrutura dos cromossomos e genes.	52
Quadro 4.2 - Variáveis da função objetivo do algoritmo genético.	53
Quadro 4.3 - Cálculo conteúdo.....	54
Quadro 4.4 - Cálculo de MC.....	57
Quadro 4.5 - Valores do <i>template</i>	61
Quadro 4.6 - Marcações das questões	65
Quadro 5.1: Campos da tela de “Criação de Questão (Cinco Alternativas)”	69
Quadro 5.2: Campos da Tela de “Criação de Prova”	70
Quadro 5.3: Configuração do Computador Utilizado.....	83
Quadro 5.4: Tempo de Processamento do <i>Script</i> do AG.	84
Quadro 5.5: Tempo de Processamento do <i>Script</i> do BR.	85
Quadro 6.1: Artigos publicados no ano de 2014 e 2015.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1: Requisições de Provas.....	83
--	----

LISTA DE SIGLAS

ACO	<i>Ant Colony Optimization</i>
AG	Algoritmo Genético
CI	Conteúdos por Indivíduos
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DER	Diagrama Entidade-Relacionamento
DNA	<i>Deoxyribonucleic Acid</i>
DPI	<i>Dots Per Inch</i> (Pontos por polegadas)
ENADE	Exame Nacional de Desempenho de Estudantes
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EUA	Estados Unidos da América
FK	<i>Foreign Key</i>
IFF	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Fluminense	
JPG	<i>Joint Photographic Group</i>
MC	Média do conteúdos das questões existentes
ND	Somatório dos Níveis de Dificuldade
NM	Nível Médio das questões
NP	Nível Prova
OMR	<i>Optical mark recognition</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PEO	Provas Escritas Objetivas
PDI	Processamento Digital de Imagem
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
PP	Ponto por Prova
PROEB	Programa de Avaliação da Rede Pública de
Educação Básica	
PSO	<i>Particle Swarm Optimization</i> (Enxame de Partículas)
QC	Questões por Conteúdo
QQ	Quantidade de Questões
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
SIG-Prova	Sistema Integrado de Gestão de Provas
SVM	<i>Support Vector Machine</i>

TCT	Teoria Clássica dos Testes
TRI	Teoria de Respostas ao Item
VU	Somatório de Vezes Utilizadas das Questões

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	CONTEXTO.....	17
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.2.1	Objetivo Geral.....	18
1.2.2	Objetivos Específicos.....	18
1.3	JUSTIFICATIVA.....	19
1.4	ESTRUTURA.....	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	ALGORITMO GENÉTICO.....	21
2.1.1	Estrutura Cromossômica.....	22
2.1.2	Seleção.....	23
2.1.3	Cruzamento/Recombinação.....	23
2.1.4	Mutação.....	24
2.1.5	Critério de Parada.....	24
2.2	PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM.....	25
2.2.1	Imagem Digital.....	25
2.2.2	Imagem colorida.....	25
2.2.3	Imagem monocromática.....	26
2.2.4	Imagem binária.....	27
2.2.5	<i>Optical mark recognition</i>	27
3	ESTUDO BIBLIOMÉTRICO.....	29
3.1	SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE PROVAS.....	29
3.1.1	Metodologia.....	29
3.1.2	Resultados obtidos.....	30
3.1.3	Revisão bibliográfica.....	35
3.1.4	Conclusão.....	37
3.2	SISTEMAS DE CORREÇÃO DE PROVAS.....	37
3.2.1	Metodologia.....	37
3.2.2	Resultados obtidos.....	38
3.2.3	Revisão bibliográfica.....	44
3.2.4	Conclusão.....	46

3.3 SISTEMAS PARA ELABORAÇÃO E CORREÇÃO DE PROVAS OBJETIVAS.....	46
3.3.1 Metodologia	46
3.3.2 Resultados obtidos	47
4 METODOLOGIA	48
4.1 CARTÃO-RESPOSTA	48
4.2 MÓDULO DE ELABORAÇÃO DE PROVAS ESCRITAS OBJETIVAS AUTOMATIZADAS.....	50
4.2.1 Estrutura das Questões	51
4.2.2 Representação cromossômica	52
4.2.3 Algoritmo genético	52
4.2.3.1 Inicialização da população.....	52
4.2.3.2 Função objetivo	52
4.2.3.3 Métodos utilizados no AG	54
4.2.4 Heurística seleção de grupos	55
4.3 MÓDULO DE CORREÇÃO DE PROVAS AUTOMATIZADAS	57
4.3.1 PASSOS INICIALIZAÇÃO DO CARTÃO-RESPOSTA	57
4.3.2 <i>Template</i>	58
4.3.3 Inicialização do cartão-resposta	61
4.3.4 Tratamento Imagem.....	62
4.3.5 Passos Captura das respostas:.....	64
5 RESULTADOS	66
5.1 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA	66
5.1.1 Ambiente “Professor”	67
5.1.1.1 Criação de Questão	67
5.1.1.2 Criação de Prova	69
5.1.2 Ambiente “Aluno”	80
5.1.2.1 Correção de Cartão-Resposta	81
5.2 VALIDAÇÃO DO SISTEMA	82
5.2.1 Criação da Prova	82
5.2.1.1 Algoritmo Genético	84
5.2.1.2 Heurística BR.....	85
5.2.1.3 Algoritmo Genético <i>Versus</i> BR	86
5.2.2 Correção da Prova.....	87

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
6.1	CONCLUSÃO.....	88
6.2	CONTRIBUIÇÕES.....	89
6.3	TRABALHOS FUTUROS.....	89
6.4	PUBLICAÇÕES.....	90
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A - MODELO DE CARTÃO-RESPOSTA.....	95
	APÊNDICE B - MARCADOR EM ORDEM NÃO NATURAL.....	96
	APÊNDICE C - CARTÃO-RESPOSTA COM MÚLTIPLAS COLUNAS DE RESPOSTAS	97
	APÊNDICE D - GABARITO GERADO NA EXTENSÃO “PDF”.....	98
	APÊNDICE E - <i>SCRIPT</i> DE CRIAÇÃO DE QUESTÕES E REQUISIÇÃO DE PROVAS	99
	APÊNDICE F - QUESTÕES GERADAS PELO <i>SCRIPT</i>	100
	APÊNDICE G - PROVAS GERADAS PELO ALGORITMO GENÉTICO	101
	APÊNDICE H - PROVAS GERADAS PELO ALGORITMO BR	103
	APÊNDICE I – TEMPO DA CORREÇÃO MANUAL DAS PROVAS OBJETIVAS	105

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

A prática de avaliar é um processo antigo, que se originou no ano 2205 antes de Cristo, na China, onde os imperadores a utilizavam para examinar seus oficiais com intuito de promovê-los ou demití-los (DA SILVA; EURICO, 2013).

O vocábulo avaliação da aprendizagem iniciou-se, mais especificamente, nos Estados Unidos da América por volta do século XIX, quando surgiu o sistema de teste de Horace Mann, onde ocorreu a institucionalização de avaliações de forma escrita e um grande debate sobre a alternativa de testar os programas educacionais em grandes proporções, visando a melhoria no padrão educacional da época (DEPRESBITERIS, 1997; PINTO, 1996; URBAN, 1989).

No contexto escolar, as avaliações podem ser empregadas de diversas formas, dependendo do que se intenciona verificar. Dentre estas formas destacam-se: a prova escrita, o trabalho em grupo e a auto avaliação. Uma das principais formas utilizadas no ambiente escolar são as Provas Escritas Objetivas (PEO) (KRUGER; PINHEIRO, 2013; RAMOS, 2006).

As PEO's são ferramentas versáteis e eficazes no processo de mensuração de conhecimentos, tanto na esfera cognitiva quanto na efetiva. A elaboração de questões para estas provas consideram fatores como asserção/razão, complementação múltipla, resposta única, interpretação e afirmação incompleta (BASTOS, 2007; CANFLONE *et al.*, 1994; LAGE *et al.*, 2011; RAMOS, 2006).

Por prescindir a elaboração de textos-resposta, as PEO's possuem vantagens em relação às discursivas, uma vez que podem englobar um número maior de questões, produzindo uma extensa amostra de habilidades e conhecimentos dos alunos. Outras vantagens são a análise rápida e objetiva da

prova e a viabilidade de amplo tratamento estatístico, por exemplo, pela Teoria de Resposta ao Item (TRI) ou pela Teoria Clássica dos Testes (TCT) (SEVERINO *et al.*, 2004).

Tais provas são empregadas em vários tipos e modelos avaliativos, como o Programa de Avaliação da Rede Pública de Educação Básica (PROEB), Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE), vestibulares, exames de certificações e concursos públicos (LAGE *et al.*, 2011).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma ferramenta computacional *online* para gestão de provas escritas objetivas com ambientes distintos para professores e alunos. Tal ferramenta foi denominada de Sistema Integrado de Gestão de Provas (SIG-Prova) e inclui funções que vão desde criar questões até corrigir as provas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Criar questões (cinco alternativas e verdadeiro/falso);
- Criar provas (automática e manual);
- Detalhar questões;
- Listar provas;
- Detalhar recursos das provas;
- Visualizar gabarito dos cartões-respostas;
- Comparar cartões-respostas com gabaritos;
- Ler cartões-respostas;
- Visualizar cartões-respostas corrigidos;
- Detalhar cartões-respostas;
- Revisar cartões-respostas;
- Editar cartões-respostas;
- Visualizar cartões-respostas;
- Visualizar prova formatada.

1.3 JUSTIFICATIVA

Desde longa data, as ferramentas computacionais dão suporte às instituições de ensino. A criação, assim como a correção de provas objetivas, são tarefas árduas que demandam muito tempo e estão sujeitas a erros humanos. Portanto, este trabalho justifica-se, visto que, uma ferramenta computacional *online* que realize a criação e correção de PEO's, aprimora tais tarefas, de modo a contribuir expressivamente tanto para professores, quanto para alunos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF), principalmente no que concerne à padronização dos conteúdos abordados nas provas, tempo de criação e correção das provas e eliminação de erros humanos.

No dia a dia dos professores, o SIG-Prova agilizará o processo de criação e a correção de PEO's. Neste primeiro processo, além de criar as provas, o sistema garante que as questões nelas utilizadas tenham seu uso balanceado, uma vez que, possui algoritmos exclusivos para esta função. No segundo, a correção das provas acontece em lote com a necessidade da entrada de um único arquivo com todas as provas, não dependendo de *hardwares* e papéis específicos na digitalização dos cartões-respostas. Outro aspecto relevante é o intercâmbio de conhecimento entre professores das mesmas áreas, já que, as questões objetivas poderão ser cadastradas no sistema proposto por professores de todos os *campi* do IFF e utilizadas em quaisquer provas criadas pelo sistema.

No que se refere aos alunos, o sistema gera um relatório com todos os erros e acertos em cada prova, além do gabarito com a opção de revisar as questões corretas e incorretas. Outro ponto favorável às PEO's, é que grande parte dos alunos de ensino médio do IFF fazem o ENEM e os de ensino superior o ENADE, sendo uma forma de familiarizá-los com este tipo de prova.

Este trabalho também realizou uma análise bibliométrica das produções científicas sobre sistemas de criação e correção de PEO's nas bases *Scopus* e *Web of Science* com intuito de identificar sistemas com funções similares. Pode-se averiguar que, na literatura, não há sistemas com todas as funções implementadas na proposição. Contudo, esta análise foi fundamental como base norteadora das tecnologias utilizadas no desenvolvimento do SIG-Prova.

1.4 ESTRUTURA

O presente capítulo apresenta a introdução deste trabalho, esboçando os objetivos, a justificativa e esta organização.

O Capítulo 2 expõe a fundamentação teórica deste trabalho, sendo dividido em duas seções. Na primeira são abordados os conceitos de algoritmo genético e seus componentes. Na segunda os conceitos de processamento digital de imagem (PDI) gráfica e as técnicas utilizadas no desenvolvimento da proposição.

No Capítulo 3 é realizado um estudo bibliométrico sobre sistemas de criação de provas objetivas e também sobre sistemas de correção destes tipos de provas.

O Capítulo 4 descreve todo o processo de desenvolvimentos do sistema, indo desde os métodos heurísticos utilizados para selecionar as questões na elaboração das provas até o reconhecimento de marcações para a correção das mesmas.

No Capítulo 5 constam os resultados obtidos nos testes dos algoritmos e do sistema desenvolvido. Neste também são apresentados as principais funções do SIG-Prova, além da validação de algumas destas funções.

Por fim, no Capítulo 6, são descritas as conclusões, as contribuições, os novos rumos para esta pesquisa em trabalhos futuros e por fim as publicações pertinentes a este trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos fundamentais para base deste trabalho, sendo algoritmos genéticos e processamento digital de imagem.

2.1 ALGORITMO GENÉTICO

Os Algoritmos Genéticos (AG) se baseiam nos princípios mais básicos encontrados na natureza, como na teoria de Darwin, onde os indivíduos com maior aptidão permanecem e têm seu código genético difundido nas próximas gerações, diferentemente dos elementos com menor aptidão que são eliminados e não avançam nas gerações (LINDEN, 2008).

O fluxo de funcionamento de um AG baseia-se na criação de uma população inicial, que também é a primeira geração dos indivíduos, para que a mesma seja analisada por um critério de seleção de quais indivíduos irão se reproduzir e gerar uma nova população e conseqüentemente uma nova geração. O produto de cada cruzamento pode sofrer uma mutação dos seus genes. Em cada nova geração é feita uma análise para saber se algum individuo satisfaz o critério de parada (TANOMARU, 1995). Na Figura 2.1 pode ser observado o fluxograma de funcionamento do AG.

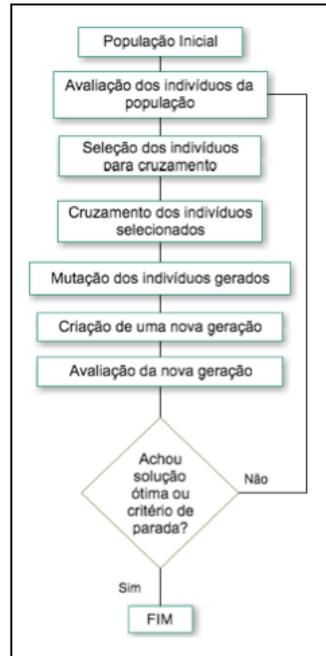


Figura 2.1 - Fluxograma do Algoritmo Genético.
Fonte: Autoria própria.

As características da estrutura do AG são descritas nos seguintes tópicos (TANOMARU, 1995):

- A base dos cálculos do AG é uma população, e essa é composta por indivíduos, nunca em um indivíduo isolado;
- Os indivíduos são compostos por genes, elementos que os caracterizam e são passados nas gerações;
- Somente o valor da função objetivo de cada membro da população se faz necessária;
- Utilizam transições em probabilidade, sem a utilização de regras determinísticas.

2.1.1 Estrutura Cromossômica

A representação da estrutura das possíveis soluções é *a priori* para a aplicação de qualquer AG, já que a partir dela é possível saber se o indivíduo selecionado soluciona o problema proposto. Essa representação é amplamente nomeada como cromossomo na literatura e em trabalhos científicos na área de algoritmo genético. Costuma-se também definir que apenas um cromossomo compõe o indivíduo e cada cromossomo é composto por um conjunto de elementos, em que os mesmos são denominados como genes (LACERDA; CARVALHO, 1999).

A Figura 2.2 apresenta um cromossomo de um indivíduo com genes binário (zero e um)

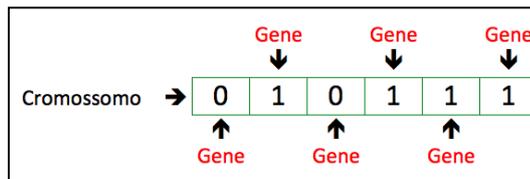


Figura 2.2 - Estrutura do cromossomo e seus genes.
Fonte: Autoria própria.

2.1.2 Seleção

O processo de seleção é estruturado na escolha de métodos probabilísticos, dos melhores indivíduos em uma população já existente para a realização de sua reprodução, e na criação de novas gerações. A nota de aptidão de cada indivíduo serve como base para essa seleção, quanto mais apto o indivíduo maior a chance dele ser selecionado e quanto menor maior a chance desse indivíduo ser extinto das próximas gerações (LINDEN, 2008).

No trabalho sobre a ferramenta ToGAI são listados algumas políticas de seleção, onde cada uma trabalhar de uma forma para selecionar quais indivíduos serão utilizados para os cruzamentos. São elas (VIANNA *et al.*, 2010):

- Roleta;
- Torneio;
- Torneio Proporcional;
- Seleção Aleatória;
- Seleção Determinística;
- Seleção Estocástica por Resto sem Reposição;
- Seleção Estocástica sem Reposição;
- Seleção Estocástica por Resto com Reposição;
- Seleção por Ranking.

2.1.3 Cruzamento/Recombinação

Após a seleção dos melhores indivíduos da população, os mesmos são recombinados, geralmente de dois em dois, com o propósito de se gerar novos indivíduos, que também podem ser chamados de filhos. Esse processo, também chamado de crossover, se dá pela escolha aleatória de um ponto de corte dos

genes entre dois pais e a troca deles em novos indivíduos (LACERDA; CARVALHO, 1999). A Figura 2.3 exemplifica o processo de cruzamento.

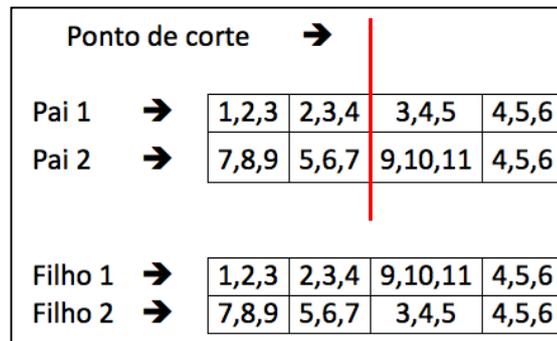


Figura 2.3 - Crossover.
Fonte: Autoria própria.

2.1.4 Mutação

Como na evolução das espécies, os genes dos indivíduos sofrem mutação. O conceito de mutação genética é o processo de alteração na sequência de DNA, sendo ela de qualquer tipo, como: substituição dos pares, deleção de algum gene e a substituição de um gene por outro. Os algoritmos do tipo genético também podem conter implementações desse tipo de alteração dos genes dos cromossomos dos indivíduos (PALLADINO, 2010).

O seu funcionamento se baseia na definição de uma taxa de mutação, que é comparada com uma variável, com valor randômico, chamada “acaso”. O fluxo parte na comparação da variável “acaso” com a taxa de mutação. Caso o valor do “acaso” for menor ou igual a taxa, um gene é selecionado para sair do cromossomo e outro, aleatório da base de genes, é inserido no seu lugar. Esse procedimento é realizado em todos os filhos gerados após a execução dos cruzamentos (TANOMARU, 1995).

2.1.5 Critério de Parada

Devido o AG trabalhar em ciclos de criações de populações, também chamada de gerações, e cálculos matemáticos, criou-se a necessidade de inserir elementos que definam qual o melhor momento para finalizar o algoritmo, pois sem eles o mesmo entraria em um *loop* infinito. Alguns desses elementos de parada são (LINDEN, 2008):

- Número de gerações;
- Total de indivíduos;
- Chegada ao valor ótimo da função objetivo.

2.2 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

2.2.1 Imagem Digital

Por definição uma imagem digital é composta por uma função de dois eixos, x e y , formando uma matriz. O elementos x e y de $f(x,y)$ são correspondentes das linhas (largura) e colunas (altura) existente na imagem e o ponto de encontro entre esses dois eixos são denominados *pixel*, tendo como seus valores a intensidade de luz, brilho e cor. O produto, de cada ponto, da luminância(i) pela refletância(r) se faz a função $f(x,y)$. Essa equação é demonstrada na Equação (1) (GONZALEZ; WOODS, 2008).

$$f(x, y) = i(x, y) * r(x, y) \quad \text{eq. (1)}$$

A Figura 2.4 exemplifica como é composto o plano cartesiano de uma imagem digital e a representação de um *pixel* na imagem.

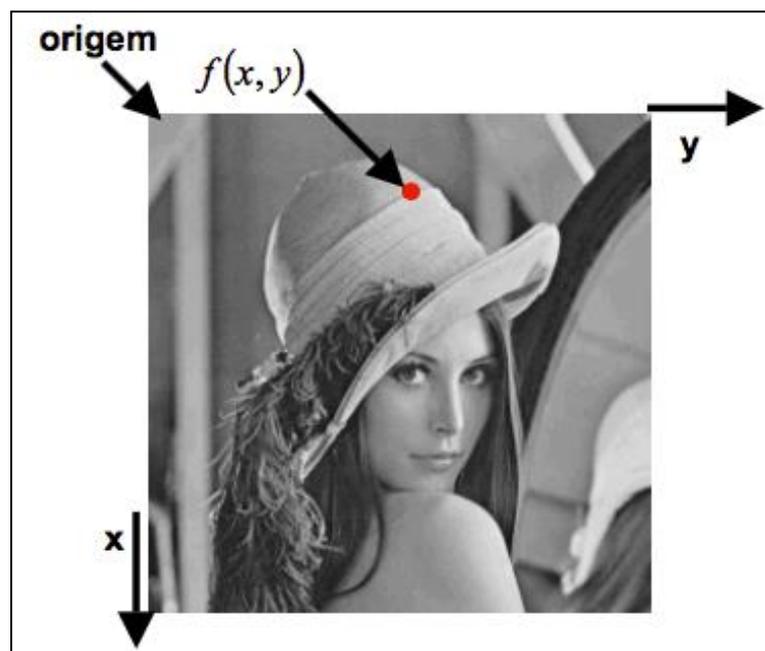


Figura 2.4 - Imagem digital
Fonte: MATIAS (2007).

2.2.2 Imagem colorida

A imagem colorida é definida pelo modelo RGB (*Red, Green, Blue*), que é demonstrado em um sistema de coordenadas cartesianas em três dimensões que pode ser representado por um cubo, onde três vértices são representados pelas cores primárias (Vermelho, Verde e Azul), outros três vértices são as cores secundárias (Magenta, Ciano e Amarelo), o vértice da origem é a cor preta e o

vértice oposto é a cor branca, assim formando uma reta entre eles que é denominada de escala de cinzas, conforme ilustrado na Figura 2.5 (GONZALEZ; WOODS, 2008).

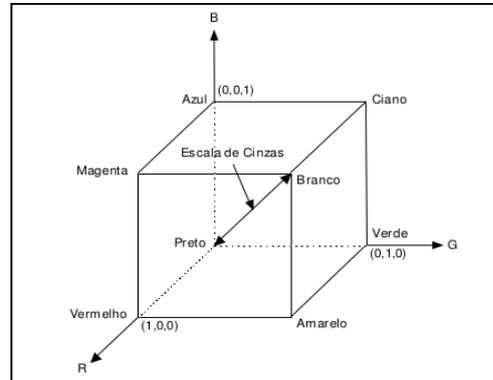


Figura 2.5 - Plano cartesiano
Fonte: GONZALEZ e WOODS (2008).

2.2.3 Imagem monocromática

As imagens que apresentam somente oscilações do branco para o preto, também conhecidas como graduações de cinza, são definidas como imagens monocromáticas ou imagem em escala de cinza, como pode ser visto na Figura 2.6 (MATIAS, 2007).



Figura 2.6 - Escala de Cinza
Fonte: MATIAS (2007).

Os valores dos pixel variam em um intervalo de número inteiros (0, W) onde os elementos que tendem ao valor de $L = 0$ são pretos, enquanto os que tendem ou são iguais a $L = W - 1$ são brancos, o valor de W é comumente utilizado como uma potência inteira de dois. Esses valores estarão no intervalo definido pela Equação (2) (MARQUES FILHO; NETO, 1999).

$$L_{min} \leq L \leq L_{max} \quad \text{eq. (2)}$$

Em imagens coloridas que são compostas por três canais distintos, RGB, a sua conversão para escala de cinza é feita com a utilização de uma função $f(x,y)$ para cada canal (MATIAS, 2007).

2.2.4 Imagem binária

O processo de limiarização é responsável pela separação entre o fundo e o objeto. Essa conversão transforma uma imagem em escala de cinza em uma imagem binária, essa é uma imagem com intervalo de somente dois valores (0 e 1), com duas cores possíveis de *pixel*, branco (1) e o preto (0). Essa conversão utiliza como base um valor (limiar), onde os *pixels* maiores ou iguais a ele serão transformado em branco e os demais em preto (GONZALEZ; WOODS, 2008).

A Figura 2.7 mostra o processo limiarização de uma imagem com três limiares distintos e evidencia o aparecimento de novos elementos pretos ou brancos, dependendo do limiar.

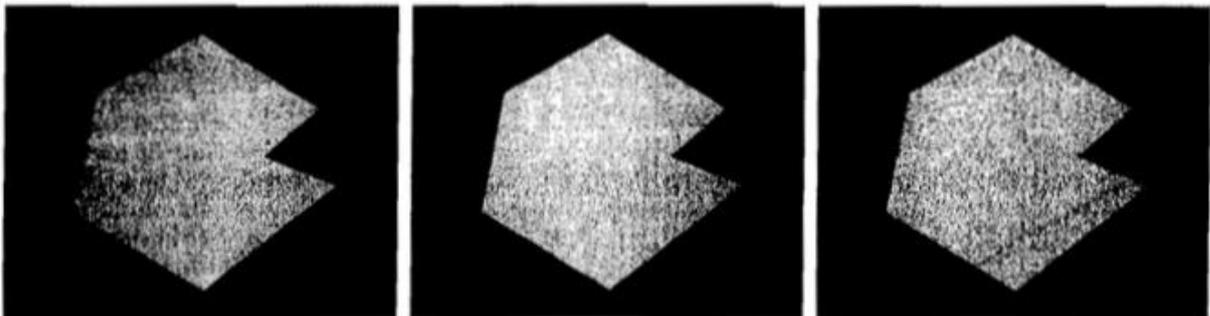


Figura 2.7 - Processo de limiarização.
Fonte: GONZALEZ e WOODS (2008).

2.2.5 Optical mark recognition

O reconhecimento de marcas em uma imagem é um processo realizado através de equipamentos ópticos, onde marcações em espaços pré-determinados ou locais de resposta, como em cartões-respostas de concursos, são localizados e convertidos em caracteres, número ou valores que se adequam a necessidade do sistema conforme as marcações. O *optical mark recognition* (OMR) é projetado para analisar uma “matriz” com as marcas com números de respostas em regiões por polegadas. A forma de preenchimento pode ser realizada de forma manual por parte do usuário do cartão-resposta ou através de uma impressora ou dispositivo programado para o preenchimento. Essas marcações são reconhecidas com base na presença ou ausência de iluminação na região específica, se houver luz suficiente refletida no papel o campo não foi marcado e caso a quantidade de luz refletida seja reduzida os campos foram preenchidos. A Figura 2.8 é um exemplo do cartão utilizado em máquinas ópticas de leitura com a definição das regiões que podem ser analisadas. (POOR, 1995).

3 ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

O presente estudo realizou um levantamento das produções científicas, sobre sistemas de criação de provas e de correção de provas. Este estudo teve como objetivo detectar as principais técnicas computacionais utilizadas nestes sistemas, assim como, identificar a existência de sistemas com ambas às funções.

O levantamento foi executado nas bases *Scopus* e *Web of Science* em Julho de 2015, seguindo os passos do trabalho de COSTA(2010), como pode ser verificado no Quadro 3.1. Estas bases foram selecionadas devido a sua amplitude e reconhecimento no meio científico (COSTA, 2010; ELSEVIER, 2015; THOMSON, 2015).

Passos	Descrição
1	Definição da amostra em uma base de periódicos
2	Pesquisa na base com o uso de palavras-chave e filtros
3	Identificar os periódicos com maior número de trabalhos
4	Levantamento a ordem cronológica das publicações
5	Identificar os autores com mais publicações e citações
6	Selecionar os trabalhos que serão utilizados para a análise

Quadro 3.1: Passos do estudo bibliométrico.

Fonte: Adaptado de Costa (2010).

3.1 SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE PROVAS

3.1.1 Metodologia

Para realizar a análise das produções científicas sobre sistemas de criação de provas, foram utilizados os parâmetros de busca apresentados no Quadro 3.2, em ambas as bases, *Scopus* e *Web of Science*.

Parâmetros	Scopus / Web of Science
Busca principal	Generations test with questions bank
Tipos de documentos	Article
Palavras Chaves	generating test and question bank
Subárea	Computer Science e Engineering

Quadro 3.2: Parâmetros de busca.
Fonte: Autoria própria.

As *queries* geradas na *Scopus* e *Web of Science* podem ser examinadas no Quadro 3.3. Evidencia-se que não houve restrição do ano de publicação das produções científicas nas duas bases.

Scopus	Web of Science
TITLE-ABS-KEY(generating test AND question bank) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "COMP") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI"))	(generating test AND question bank) Refinado por: Tipos de documento: (ARTICLE) AND Áreas de pesquisa: (COMPUTER SCIENCE OR ENGINEERING)

Quadro 3.3: *Queries* geradas nas bases.
Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Resultados obtidos

A pesquisa realizada retornou um quantitativo reduzido de produções científicas em ambas as bases, o que sugere que o assunto pesquisado ainda é pouco debatido no âmbito acadêmico. O parâmetro de subárea de pesquisa foi utilizado para selecionar somente as pesquisas na área de interesse do estudo, assim eliminado itens como pesquisas voltadas a economia. Na *Scopus* foram encontradas apenas três produções e na *Web of Science*, seis. Cabe ressaltar que todas as publicações estão escritas no idioma Inglês.

As produções científicas publicadas na *Scopus* direcionam um amplo intervalo de tempo em relação aos seus anos de publicação, sem linearidade, contendo produções somente nos anos de 2004, 2009 e 2010, conforme exibido na Figura 3.1.

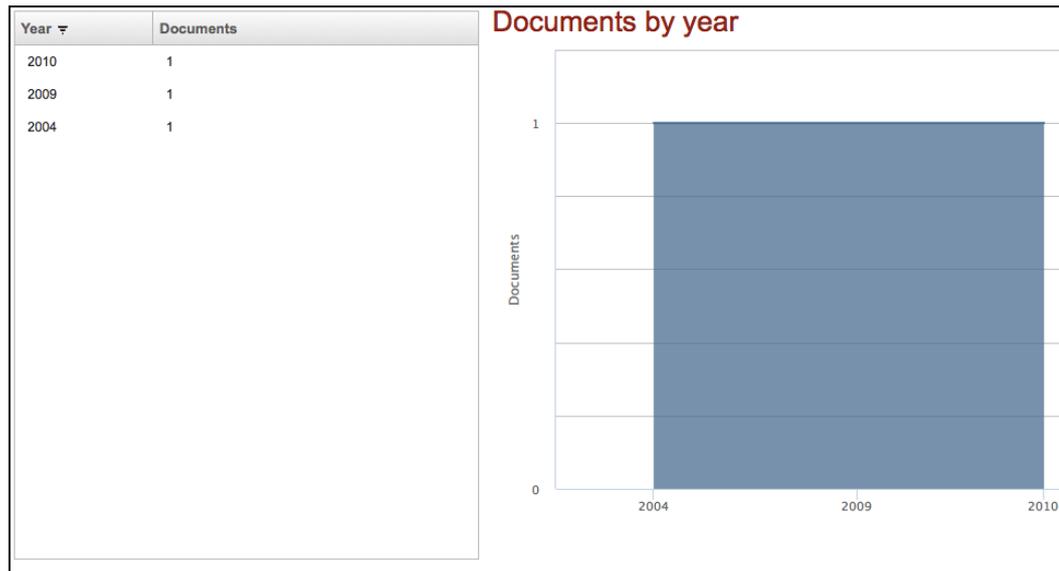


Figura 3.1: Publicações por ano na *Scopus*.
Fonte: Elsevier (2015).

Na *Web of Science* foram encontradas produções científicas mais antigas no ano de 2003, e mais novas, no ano de 2013, diferentemente do ocorrido na *Scopus*, como pode ser examinado na Figura 3.2. Mesmo com uma diversificação maior dos anos, a quantidade de produções por ano não se difere da *Scopus*, sendo 2009 o ano atípico com duas publicações.

Campo: Anos de publicação	Contagem do registro	% de 6	Gráfico de barras
2009	2	33.333 %	
2003	1	16.667 %	
2008	1	16.667 %	
2010	1	16.667 %	
2013	1	16.667 %	

Figura 3.2: Publicações por ano na *Web of Science*.
Fonte: Web of Science (2015).

Na análise das produções científicas por autor da *Scopus*, demonstrado na Figura 3.3, pode-se perceber uma ampla quantidade de autores, dez no total. Contudo, todos estes autores possuem apenas uma publicação cada, no período analisado.



Figura 3.3: Publicações por autor na *Scopus*.
Fonte: Elsevier (2015).

Assim como na *Scopus*, a *Web of Science* possui uma diversidade grande de autores em relação às produções científicas analisadas, como pode ser observado na Figura 3.4. Constatou-se também que cada um destes possui somente uma publicação. Evidencia-se que, alguns autores são encontrados em ambas as bases, com a quantidade de produções idênticas e tendendo a conter a mesma produção científica nas duas bases.

Campo: Autores	Contagem do registro	% de 6	Gráfico de barras
HU XM	1	16.667 %	■
HUANG YM	1	16.667 %	■
HUI SC	1	16.667 %	■
LIN YT	1	16.667 %	■
LIU O	1	16.667 %	■
MACKINNON LM	1	16.667 %	■
NGUYEN ML	1	16.667 %	■
XIAO J	1	16.667 %	■
YILDIRIM M	1	16.667 %	■
ZHANG J	1	16.667 %	■

Figura 3.4: Publicações por autor na *Web of Science*.
Fonte: Web of Science (2015).

As produções científicas da *Scopus* concentram-se, na maioria, no continente asiático, sendo a China com maior quantidade, dois, e o restante, Hong

Kong e Turquia, com a publicação de apenas uma produção cada, conforme demonstrado na Figura 3.5.

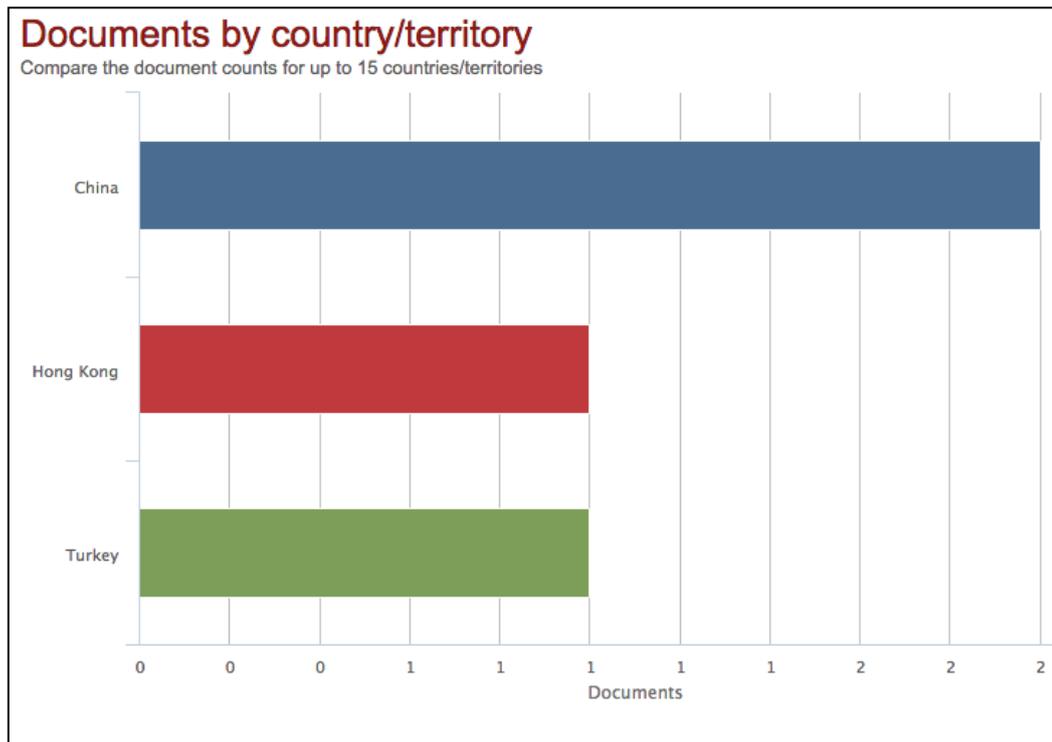


Figura 3.5: Países das publicações da *Scopus*.
Fonte: Elsevier (2015).

Na *Web of Science* existe uma distribuição homogênea nas produções científicas em relação aos países de origem, com uma quantidade maior que a encontrada na *Scopus*, bem como uma maior variedade de continentes dos países de publicação, conforme exposto na Figura 3.6.

Campo: Países/Territórios	Contagem do registro	% de 6	Gráfico de barras
AUSTRALIA	1	16.667 %	■
NEW ZEALAND	1	16.667 %	■
NORWAY	1	16.667 %	■
PEOPLES R CHINA	1	16.667 %	■
SINGAPORE	1	16.667 %	■
TAIWAN	1	16.667 %	■
TURKEY	1	16.667 %	■

Figura 3.6: Países das publicações na *Web of Science*.
Fonte: Web of Science (2015).

O Quadro 3.4 apresenta a quantidade de citações de cada produção científica na *Scopus*. Por meio deste quadro é possível perceber que, mesmo

havendo um quantitativo reduzido de produções, a publicação de Hu e colaboradores em 2009, obteve uma quantidade considerável de citações, dezoito.

Item	Autores	Título	Ano	Citações
1	Yildirim, M.	A Genetic algorithm for generating test from a question bank	2010	2
2	Hu, X.-M.; Zhang, J.; Chung, H.S.-H.; Liu, O.; Xiao, J.	An intelligent testing system embedded with an ant-colony-optimization- based test composition method	2009	18
3	Tian, X.; Xiao, R.-Y.; Xiong, Y.-H.; Deng, F.-Q.	Improved general test paper-generating model and its intelligent algorithm	2004	0

Quadro 3.4: Citações das publicações na *Scopus*.
Fonte: Elsevier (2015).

Em relação à *Scopus*, a publicação de Hu e colaboradores em 2009, possui uma quantidade de citações inferior na *Web of Science*. Entretanto, esta quantidade comparada as demais produções, continua alta, totalizando quinze. A publicação de Yildirim em 2010, consta nas duas bases e possui a mesma quantidade de citações em ambas as bases. As citações da *Web of Science* podem ser observadas no Quadro 3.5.

Item	Autores	Título	Ano	Citações
1	Cheng, Shu-Chen; Lin, Yen-Ting; Huang, Yueh-Min	Dynamic question generation system for web-based testing using particle swarm optimization	2009	18
2	Hu, Xiao-Min; Zhang, Jun; Chung, Henry Shu-Hung; Liu, Ou; Xiao, Jing	An Intelligent Testing System Embedded With an Ant-Colony-Optimization-Based Test Composition Method	2009	15
3	Fernandez, G	Cognitive scaffolding for a web-based adaptive learning environment	2003	4
4	Graven, Olaf Hallan; MacKinnon, Lachlan Mhor	A consideration of the use of plagiarism tools for automated student assessment	2008	2
5	Minh Luan Nguyen; Hui, Siu Cheung; Fong, Alvis C. M.	Large-Scale Multiobjective Static Test Generation for Web-Based Testing with Integer Programming	2013	1
6	Yildirim, Mehmet	A Genetic Algorithm for Generating Test From a Question Bank	2010	1

Quadro 3.5: Citações das publicações na *Web of Science*.
Fonte: Web of Science (2015).

3.1.3 Revisão bibliográfica

Com auxílio dos Quadro 3.4 e 3.5, foram selecionadas as produções científicas consideradas mais importantes. Os critérios desta seleção foram: i) Maior quantidade de citações; ii) Produções científicas presentes nas duas bases e; iii) Produções com foco principal na criação de provas automáticas. O Quadro 3.6 apresenta as produções selecionadas.

Item	Autores	Título	Ano
1	Yildirim, M.	A Genetic algorithm for generating test from a question bank	2010
2	Hu, X.-M.; Zhang, J.; Chung, H.S.-H.; Liu, O.; Xiao, J.	An intelligent testing system embedded with an ant-colony-optimization- based test composition method	2009
3	Cheng, Shu-Chen; Lin, Yen-Ting; Huang, Yueh-Min	Dynamic question generation system for web-based testing using particle swarm optimization	2009
4	Tian, X.; Xiao, R.-Y.; Xiong, Y.-H.; Deng, F.-Q.	Improved general test paper-generating model and its intelligent algorithm	2004

Quadro 3.6: Produções científicas mais relevantes.
Fonte: Autoria própria.

A seguir, são apresentadas as perspectivas das quatro produções selecionadas, apontadas no Quadro 3.6.

Yildirim (2010) propõe um meio mais eficiente de criar provas objetivas, e de acordo com sua publicação, um dos melhores modos é utilizando heurísticas. Dentre as existentes, foi selecionada a Algoritmo Genético (AG), por conta da sua versatilidade e poder de otimização dos resultados. Um aspecto analisado foi que os genes dos indivíduos não podem ser iguais, pois as provas não permitem questões idênticas. A solução deste problema foi utilizar a operação de mutação e *fitness* igual à zero para que o indivíduo não continuasse perpetuando durante as gerações. O teste do AG baseou-se na criação de 25 provas, com níveis e quantidades de questões distintas. A base de dados, que “alimentou” o AG, foi composta por 240 questões. Estas eram definidas pelos atributos: nível, histórico de aparições, área e subárea. O resultado dos testes constatou que o AG chegou em 100% dos casos satisfatório. Em relação às questões, foram selecionadas as que tinham o nível correspondente ao solicitado na prova, e caso a quantidade de questões requerida na mesma ultrapassasse a quantidade disponível na base, o AG selecionava as questões com os níveis mais próximos.

HU e colaboradores (2009) relataram em sua publicação o desenvolvimento de um sistema, na plataforma web, para criação de provas que abrangem alunos e professores. Este sistema fornece diversos relatórios, assim como, a opção de criar provas objetivas com questões de múltiplas alternativas e verdadeiro/falso. O sistema proposto possui um banco de questões com características de auto adaptação, confiabilidade e flexibilidade. A proposição é baseada na técnica heurística de Otimização com Colônia de Formigas (ACO, do inglês *Ant Colony Optimization*) utilizada para selecionar no banco de questões as mais adequadas para a criação das provas. Feromônio e informações heurísticas são projetadas para facilitar a seleção das formigas. O sistema foi avaliado em diferentes cenários. As provas criadas pela proposição corresponderam ao esperado quanto ao nível de dificuldade e o alto grau de diferença de questões. Os resultados experimentais mostraram que o sistema sempre criou provas de qualidade a partir de banco de questões de diversos tamanhos.

Cheng e colaboradores (2009) apresentam em sua publicação um sistema, na plataforma web, para auxiliar e aperfeiçoar o rendimento dos alunos através de provas criadas automaticamente. Este sistema foi fundamentado na técnica heurística Enxame de Partículas (PSO, do inglês *Particle Swarm Optimization*), utilizada para criar a melhor prova através dos parâmetros selecionados pelo professor. A proposição possui dois módulos que se completam, quais sejam: professor e aluno. Em relação ao módulo do professor, são selecionadas as características da prova tais como: número de questões, dificuldade da prova e o tempo que a mesma deve ser respondida. Quanto ao módulo dos alunos, os mesmos são responsáveis por responder as provas, e conforme acertam as questões, a proposição automaticamente seleciona questões mais difíceis, para assim, analisar o nível do aluno. Os resultados desta publicação foram satisfatórios e o algoritmo teve melhores resultados quando testado em base com mais questões cadastradas.

Tian e colaboradores (2004) expõem em sua publicação a necessidade de superar problemas comuns em diversos sistemas de criação de prova com banco de questões. Para solucionar tais problemas, a usabilidade das provas criadas por estes sistemas foram analisadas e um algoritmo aprimorado foi proposto. Este incluiu novas características, são elas: conter sobreposição de pontos de conhecimentos, distribuir uniformemente os tipos de questões, conteúdos e nível de

dificuldade, e evitar a repetição de questões na prova. O algoritmo proposto foi baseado na técnica heurística Grau de Satisfação (SD, do inglês *Satisfiability Degree*). A proposição foi testada, em um banco de questões, na plataforma web, da instituição *Higher Education Press* para a criação de provas e mostrou-se amplamente aplicável as áreas de ciências, engenharia e medicina. Os resultados foram satisfatórios, o algoritmo evitou completamente a sobreposição de pontos de conhecimento, ampliou a distribuição das questões e reduziu possíveis erros na criação das provas manuais.

3.1.4 Conclusão

Em todas as produções científicas analisadas foram utilizadas técnicas heurísticas com ideologias similares para solucionar o problema de criação de provas, contudo, cada uma com sua própria peculiaridade.

As técnicas heurísticas utilizadas nestas produções foram: Algoritmo Genético, Otimização com Colônia de Formigas, Enxame de Partículas e Grau de Satisfação. Destas heurísticas, Algoritmo Genético utilizado na publicação de Yildirim (2010), pode ser considerada a mais difundida no âmbito acadêmico. Entretanto, não há como constatar qual a melhor heurística, visto que, cada uma possui sua particularidade.

Ressalta-se a semelhança na descrição que corresponde às questões nas bases de dados. Todas as questões são classificadas quanto ao número de identificação, nível de dificuldade e quantidade de aparições em provas já criadas.

Destaca-se também que 75% das produções analisadas, HU e colaboradores (2009), Cheng e colaboradores (2009) e Tian e colaboradores (2004), dispõem de sistemas em plataforma web, que oferecem um uso mais abrangente das provas criadas, uma vez que envolvem uma ampla quantidade de alunos em uma base unificada com opções de diversos relatórios.

3.2 SISTEMAS DE CORREÇÃO DE PROVAS

3.2.1 Metodologia

O Quadro 3.7 apresenta os parâmetros de busca utilizados para realizar o estudo bibliométrico de produções científicas sobre sistemas de correção de provas nas bases *Scopus* e *Web of Science*.

Parâmetros	Scopus	Web of Science
Busca principal	optical mark recognition; multiple-choice test	optical mark recognition; multiple-choice test
Tipos de documentos	Conference paper e Article	Proceedings paper, Article e Editorial Material
Palavras chave	(optical mark recognition OR omr) AND multiple-choice test	(optical mark recognition OR omr) AND multiple-choice test
Subárea	Computer Science, Engineering e Mathematics	Computer Science, Education educational research, Optics e Imaging Science photographic technology

Quadro 3.7: Parâmetros de busca.
Fonte: Autoria própria.

No Quadro 3.8 podem-se examinar as *queries* geradas nas buscas em ambas as bases. Ressalta-se que não houve restrição do ano de publicação nestas buscas e como na pesquisa sobre sistema de criação de provas também foram utilizados parâmetros de delimitação de pesquisa com o mesmo propósito.

Scopus	Web of Science
TITLE-ABS-KEY((optical mark recognition or omr) and multiple-choice test) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"cp")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA,"COMP") OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"ENGI") OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"MATH"))	TOPIC: ((optical mark recognition or omr) and multiple-choice test) Analysis: DOCUMENT TYPES: (PROCEEDINGS PAPER OR ARTICLE OR EDITORIAL MATERIAL) AND RESEARCH AREAS: (COMPUTER SCIENCE OR EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH OR OPTICS OR IMAGING SCIENCE PHOTOGRAPHIC TECHNOLOGY)

Quadro 3.8: *Queries* geradas nas bases.
Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Resultados obtidos

Foram encontradas cinco produções científicas na *Scopus* e sete na *Web of Science*, sendo que duas constavam em ambas as bases, totalizando dez distintas. A partir deste quantitativo pode-se perceber que este assunto é pouco pesquisado no meio acadêmico. No ano de 1997 ocorreu a primeira publicação e em 2003 a segunda, permanecendo um amplo intervalo entre as duas primeiras publicações, as demais publicações contaram com intervalos anuais ou bianuais. O ano de 2011 obteve a maior quantidade de publicações, duas, ademais, os outros anos com publicações, obtiveram apenas uma cada. Na Figura 3.7 podem ser observadas as publicações por ano na *Scopus*.

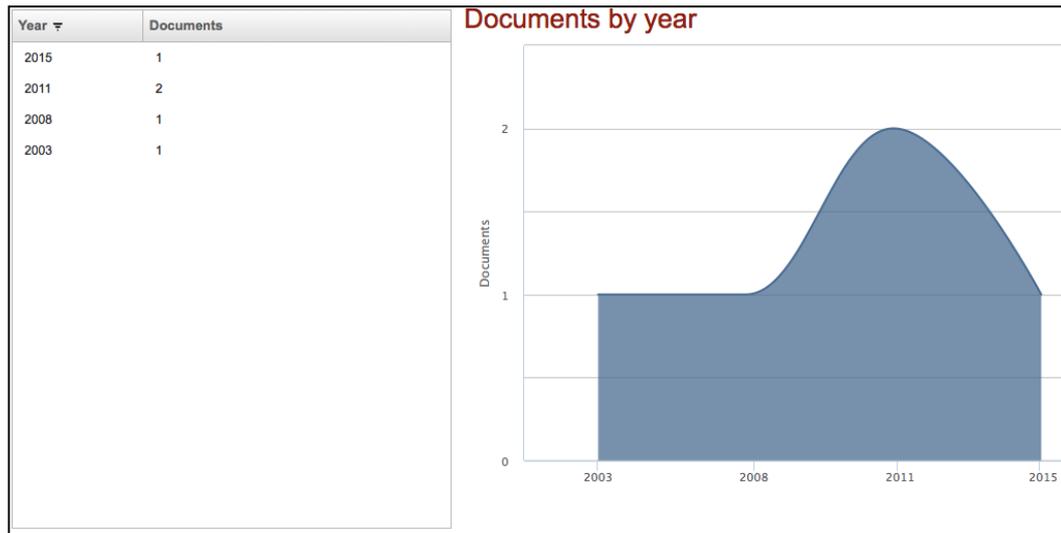


Figura 3.7: Publicações por ano na *Scopus*.
Fonte: Elsevier (2015).

Na *Web of Science* as publicações seguiram o mesmo fluxo de apenas uma por ano e sem linearidade em relação aos anos. Além do primeiro intervalo longo entre as duas primeiras publicações, semelhante à *Scopus*, outros também ocorreram, tais quais: 2005 a 2009 e 2012 a 2015. Destaca-se que todas as publicações encontradas foram escritas no idioma Inglês. A Figura 3.6 ilustra a quantidade de publicações referente a cada ano na *Web of Science*.

Campo: Anos de publicação	Contagem do registro	% de 7	Gráfico de barras
1997	1	14.286 %	■
2003	1	14.286 %	■
2004	1	14.286 %	■
2005	1	14.286 %	■
2009	1	14.286 %	■
2011	1	14.286 %	■
2012	1	14.286 %	■

Figura 3.8: Publicações por ano na *Web of Science*.
Fonte: Web of Science (2015).

O gráfico apresentado na Figura 3.9 demonstra que não houve predominância nas publicações entre os autores na *Scopus*, ou seja, todos os autores possuem o mesmo número de publicação, uma cada.

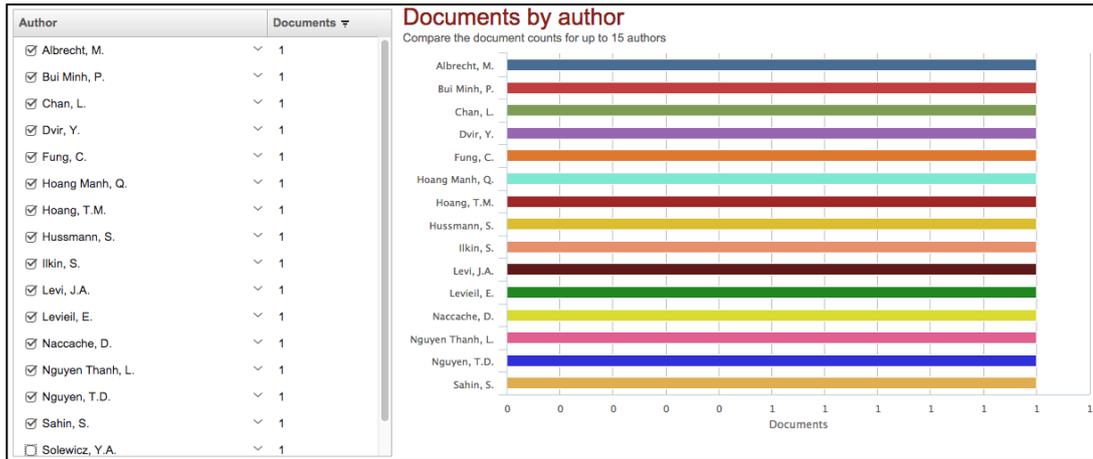


Figura 3.9: Publicações por autor na *Scopus*.
 Fonte: Elsevier (2015).

A Figura 3.10 apresenta as publicações por autor na *Web of Science*. Através desta figura foi possível constatar que a maioria dos autores possui apenas uma publicação cada. Contudo, destaca-se que o autor Hussmann, obteve uma quantidade maior de publicações, duas, mas, apesar de ser o dobro da quantidade de publicações dos demais autores, não pode ser considerado um valor discrepante. Nota-se também que alguns autores são encontrados em ambas as bases.

Campo: Autores	Contagem do registro	% de 7	Gráfico de barras
HUSSMANN S	2	28.571 %	■
ALBRECHT M	1	14.286 %	■
BAGNOLI F	1	14.286 %	■
CHALKLEY B	1	14.286 %	■
CHAN L	1	14.286 %	■
DENG PWP	1	14.286 %	■
DVIR Y	1	14.286 %	■
FRANCI F	1	14.286 %	■
FUNG C	1	14.286 %	■
IJIWADE OO	1	14.286 %	■
KACKI E	1	14.286 %	■
KLENCKI M	1	14.286 %	■
LEVI JA	1	14.286 %	■
MUGELLI F	1	14.286 %	■
SOLEWICZ YA	1	14.286 %	■
STEINBERG Y	1	14.286 %	■
STERBINI A	1	14.286 %	■

Figura 3.10: Publicações por autor na *Web of Science*.
 Fonte: Web of Science (2015).

Assim como no caso dos autores, o gráfico exposto na Figura 3.11 demonstra que também não há predominância de um país ou continente quanto à quantidade de publicações na *Scopus*.

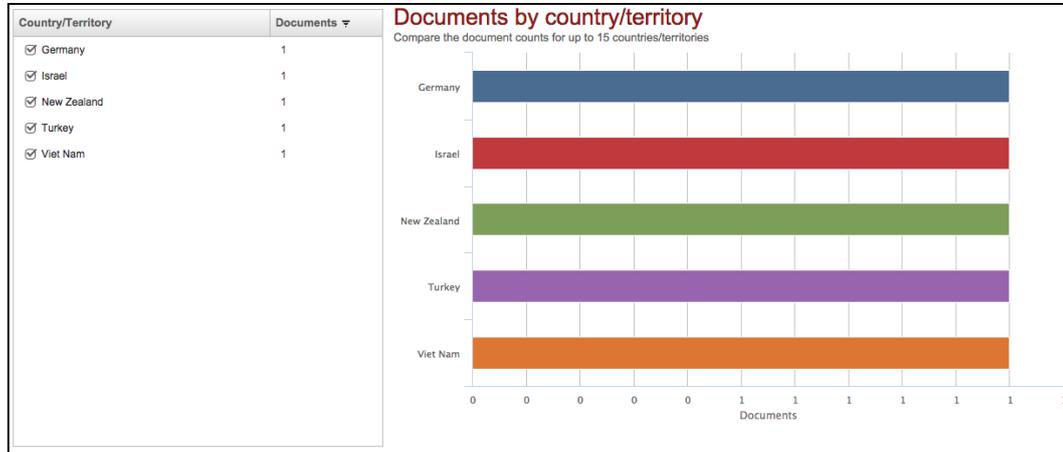


Figura 3.11: Países das publicações da *Scopus*.
Fonte: Elsevier (2015).

Na Figura 3.12 podem-se examinar os países de origem das publicações na *Web of Science*. Do mesmo modo que ocorreu com a quantidade de publicações por autor nesta base, apenas um país obteve mais de uma publicação, a Nova Zelândia. Pode-se constatar que não houve predominância de um país no tocante a quantidade de publicações, havendo ampla diversificação de países, porém com alta concentração no continente Europeu. Evidencia-se ainda que nenhuma produção científica foi publicada no Brasil.

Campo: Países/Territórios	Contagem do registro	% de 7	Gráfico de barras
NEW ZEALAND	2	28.571 %	
ENGLAND	1	14.286 %	
GERMANY	1	14.286 %	
ISRAEL	1	14.286 %	
ITALY	1	14.286 %	
POLAND	1	14.286 %	

Figura 3.12: Países das publicações na *Web of Science*.
Fonte: Web of Science (2015).

A subárea com maior quantidade de publicações foi a Ciência da Computação em ambas as bases. Estes resultados eram esperados, uma vez que, tanto OMR quanto correções de questões com múltiplas escolhas envolvem diversas técnicas computacionais como: PDI e Algoritmos.

Na *Scopus* a subárea com a segunda maior quantidade de publicações foi a Engenharia. Este fato pode ser justificado devido a sua afinidade com a área de Ciência da Computação. Na Figura 3.13 podem ser analisadas todas as subáreas das publicações da *Scopus*.

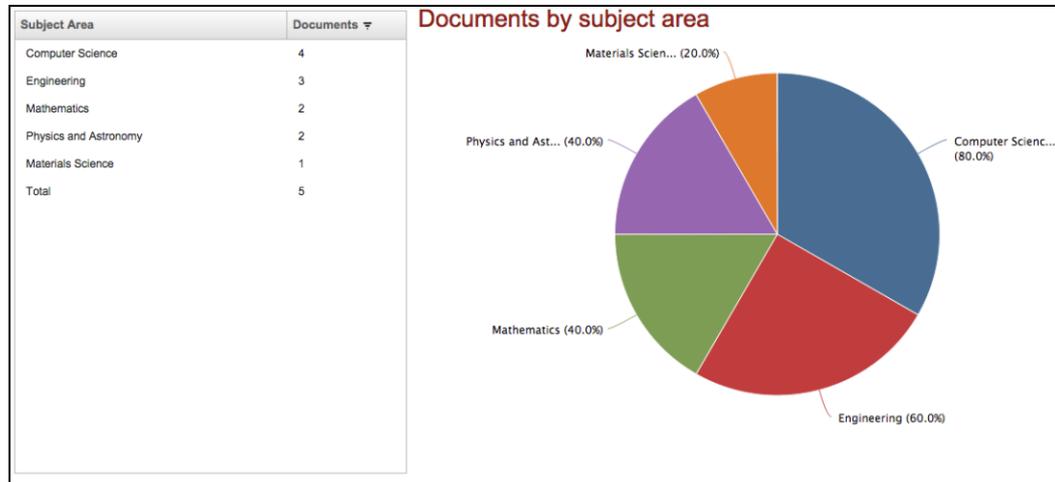


Figura 3.13: Subáreas das publicações da *Scopus*.
 Fonte: Elsevier (2015).

Na *Web of Science* a subárea com a segunda maior quantidade de publicações foi Educação. Este fato sugere que grande parte das produções científicas existentes é para fins educacionais. A Figura 3.14 apresenta todas as subáreas das publicações na *Web of Science*.

Campo: Áreas de pesquisa	Contagem do registro	% de 7	Gráfico de barras
COMPUTER SCIENCE	5	71.429 %	
EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH	3	42.857 %	
GEOGRAPHY	1	14.286 %	
IMAGING SCIENCE PHOTOGRAPHIC TECHNOLOGY	1	14.286 %	
MEDICAL INFORMATICS	1	14.286 %	
OPTICS	1	14.286 %	

Figura 3.14: Subáreas das publicações da *Web of Science*.
 Fonte: Web of Science (2015).

No Quadro 3.9 podem ser examinadas as cinco produções científicas, assim como suas respectivas quantidades de citações na *Scopus*. Através deste quadro pode-se constatar que as publicações não obtiveram citações, com exceção da produção de Hussmann com apenas uma.

Item	Autores	Título	Ano	Citação
1	Ilkin, S.; Şahin, S.	<i>Edge detection and reduction of brightness of students' bubble form images</i>	2015	0

2	Nguyen, T.D.; Hoang Manh, Q.; Bui Minh, P.; Nguyen Thanh, L.; Hoang, T.M.	<i>Efficient and reliable camera based multiple-choice test grading system</i>	2011	0
3	Levi, J.A.; Solewicz, Y.A.; Dvir, Y.; Steinberg, Y.	<i>Method of verifying declared identity in optical answer sheets</i>	2011	0
4	Levieil, E.; Naccache, D.	<i>Cryptographic test correction</i>	2008	0
5	Hussmann, S.; Chan, L.; Fung, C.; Albrecht, M.	<i>Low-cost and high-speed optical mark reader based on an intelligent line camera</i>	2003	1

Quadro 3.9: Citações das publicações na Scopus.
Fonte: Elsevier (2015).

Já no Quadro 3.10 podem ser observadas as sete produções científicas encontradas na *Web of Science* com suas correspondentes quantidades de citações. Por meio deste quadro pode-se apurar que apenas três produções receberam citações. A publicação com maior quantidade de citações foi de Chalkley com um total de três. As duas publicações de Hussmann, em 2003 e 2005, obtiveram apenas uma citação cada.

Item	Autores	Título	Ano	Citações
1	Ijiwade, OO	<i>Teachers' knowledge and their attitudes towards computer-aided scoring methods</i>	2012	0
2	Levi, JA; Solewicz, YA; Dvir, Y; Steinberg, Y	<i>Method of verifying declared identity in optical answer sheets</i>	2011	0
3	Klencki, M	<i>Computer System for Robust Evaluation of Medical Tests</i>	2009	0
4	Hussmann, S; Deng, PWP	<i>A high-speed optical mark reader hardware implementation at low cost using programmable logic</i>	2005	1
5	Bagnoli, F; Franci, F; Sterbini, A; Mugelli, F	<i>WebTeach in practice: The entrance test to the Engineering Faculty in Florence</i>	2004	0
6	Hussmann, S; Chan, L; Fung, C; Albrecht, M	<i>Low-cost and high-speed optical mark reader based on an intelligent line camera</i>	2003	1
7	Chalkley, B	<i>Using optical mark readers for student assessment and course evaluation</i>	1997	3

Quadro 3.10: Citações das publicações na Web of Science.
Fonte: Web of Science (2015).

3.2.3 Revisão bibliográfica

Baseando-se nos Quadro 3.9 e Quadro 3.10 foram escolhidas as produções científicas mais relevantes. Os critérios desta escolha foram: i) Produções científicas presentes nas duas bases e; ii) Produções com foco principal na correção de provas. No Quadro 3.11 podem ser examinadas as produções científicas mais importantes.

Item	Autor	Título	Ano
1	Ilkin, S., Şahin, S.	<i>Edge detection and reduction of brightness of students' bubble form images</i>	2015
2	Levi, JA; Solewicz, YA; Dvir, Y; Steinberg, Y	<i>Method of verifying declared identity in optical answer sheets</i>	2011
3	Hussmann, S; Chan, L; Fung, C; Albrecht, M	<i>Low-cost and high-speed optical mark reader based on an intelligent line camera</i>	2003
4	Hussmann,S; Deng, PWP	<i>A high-speed optical mark reader hardware implementation at low cost using programmable logic</i>	2005

Quadro 3.11: Produções científicas mais relevantes.

Fonte: Autoria própria.

As quatro produções científicas mais relevantes, apresentadas no Quadro 3.11, são descritas a seguir.

İLKIN e ŞAHIN (2015) propõem em sua publicação desenvolver uma forma mais prática de ler marcações em cartões-respostas. Nos sistemas tradicionais é utilizado um equipamento específico para a leitura e análise dos cartões, o que acaba aumentando o custo para realizar tal tarefa. O sistema proposto é composto pela utilização das câmeras dos *smartphone* junto com algoritmo que realiza a leitura das marcações das imagens oriundas da câmera. O algoritmo é composto por duas técnicas de PDI, a primeira é a utilização de uma função de detecção de bordas nas imagens, a escolhida foi a de Sobel e posteriormente outra para reduzir brilho. A técnica de redução de brilho consiste em isolar em vetores distintos os *pixels* preto e vermelho com o seus valores de brilho respectivamente. Os valores do brilho dos *pixels* pretos são alterados com os dos

pixels vermelhos, assim evidenciando as marcações do cartão-resposta. Os testes apresentaram uma taxa de acerto de 97% com imagens em diversos ângulos, com resoluções baixa e media e reduzir o brilho em imagens em alta definição.

LEVI e colaboradores (2011) relataram em sua publicação o desenvolvimento de um algoritmo capaz de reconhecer marcações em cartões-respostas utilizando o *Support Vector Machine* (SVM) como técnica principal, utilizando parâmetros como área, dimensões, perímetros e densidade ótica das alternativas. Essa técnica se baseia no desenvolvimento de um algoritmo com aprendizado supervisionado, lhe dando a capacidade de reconhecer padrões e conjunto de dados a partir de um modelo. O sistema funciona com um fluxo onde primeiramente as alternativas dos cartões são preenchidas com lápis pelos usuários e digitalizadas com a utilização um *scanner* HP 2400C com qualidade de 400 DPI. Após a digitalização, é utilizado um *software* proprietário para realizar a análise de segmentação de todas as marcações nas imagens, o *Image Pro Plus 2002*. O algoritmo obteve um bom resultado, com percentual de erro de 15 a 17% no reconhecimento das marcações. O mesmo teve um desempenho satisfatório em uma amostragem pequena, porém não é recomendado para uso em larga escala e a fim de reparar este problema os autores propõe a continuidade futura dessa pesquisa.

HUSSMANN e colaboradores (2003) descreveram em sua publicação o desenvolvimento de um protótipo, de baixo custo, para a realização da leitura de um cartão-resposta com seu *layout* já definido, utilizando um microcontrolador, um algoritmo de localização e uma interface para facilitar a utilização do usuário. O cartão-resposta conta com marcadores de cabeçalho e rodapé, que é responsável por definir o início e o limite onde se encontram as questões. Com o mesmo propósito de delimitar uma região, são adicionados dois marcadores, um para definir o início e outro para o fim das alternativas que devem ser lidas. Esses marcadores informam ao sistema posições para seu funcionamento que também necessita do tamanho do espaçamento entre as alternativas. A interface criada para o sistema fornece ao usuário opção para realizar as leituras, testes dos cartões e fornece relatórios como a quantidade de questões marcadas e acertos em cada cartão. O protótipo mostrou-se eficiente, porém, necessita de testes de maior envergadura com papéis de melhores qualidades.

HUSSMANN e DENG (2005) com propósito de aprimorar as técnicas utilizadas na publicação de HUSSMANN e colaboradores (2003), eliminaram os marcadores que delimitam o final da área de questões, deixando apenas os marcadores de cabeçalho em posições mais espaçadas, e também removeram os marcadores de início das questões, deixando somente um marcador no final das alternativas. Para abranger uma margem maior na leitura das marcações foram testadas as cores: vermelho, amarelo, roxo, azul, azul escuro, cinza e preto. Dentre estas cores, apenas vermelho e amarelo inviabilizaram o reconhecimento dos marcadores. O mecanismo criado foi testado com outros já existentes no mercado e o resultado foi satisfatório, pois se equiparou aos testados e forneceu uma gama maior de opções de marcações como círculos, retângulos e ovais com caneta ou lápis.

3.2.4 Conclusão

Os trabalhos acima descritos mostram soluções para facilitar a leitura e conseguir um melhor reconhecimento das marcações. Nos trabalhos de Hussmann é possível notar a importância dos marcadores no cartão-resposta, pois sem eles a tarefa de localizar o que deve ser analisado seria muito complexo, já que o mesmo também contém outros elementos. Uma característica também importante é a tentativa de se criar um equipamento mais barato, com o poder maior de leitura, com uma abrangência maior de tipo de marcações e suas cores e diminuir a necessidade de compra de soluções pagas.

3.3 SISTEMAS PARA ELABORAÇÃO E CORREÇÃO DE PROVAS OBJETIVAS

3.3.1 Metodologia

O sistema proposto nesse trabalho envolve a junção e integração dos dois temas anteriormente descritos e analisados em um sistema único, por isso foi realizada uma análise sobre os trabalhos que também os integram. Seguindo as análises anteriores, as bases de conhecimento foram a SCOPUS e Web of Science. Os parâmetros utilizados foram a junção dos utilizados nas outras análises e são listados no Quadro 3.12.

Parâmetros	<i>Scopus / Web of Science</i>
Busca principal	<i>OMR multiple-choice test e Generations test with questions bank</i>

Tipos de documentos	<i>Conference paper e Article</i>
Palavras chave	<i>((optical mark recognition OR omr) AND multiple-choice test) AND (generating test AND question bank)</i>

Quadro 3.12 - Parâmetros para sistemas de elaboração e correção.
Fonte: Autoria própria.

3.3.2 Resultados obtidos

Com as poucas publicações encontradas nas pesquisas com os temas isolados, a tendência era obter pouca ou nenhuma publicação com a junção delas. Indo ao encontro do esperado, nenhum trabalho foi encontrado em ambas as bases. O resultado dessa análise reforça a observação anteriormente realizada de que esses temas ainda são poucos explorados na área de pesquisa e uma pesquisa envolvendo um sistema que agregue essas funções ainda é pouco difundido ou pesquisado.

4 METODOLOGIA

4.1 CARTÃO-RESPOSTA

Atualmente é possível encontrar uma vasta gama de cartões-resposta com diversos tipos de formatos. Esses cartões normalmente são utilizados em concursos e exames que são compostos por questões objetivas. O modelo adotado como base foi o modelo ilustrado na Figura 4.1, que fornece informações importantes para o candidato e para o sistema.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
VESTIBULAR UFOP 2008/1
FOLHA DE RESPOSTAS

Inscr.: 00440-1
Nome : AMANDA ARAUJO MENDES
Curso : MEDICINA
Cidade: JUIZ DE FORA Predio: 1 Sala: 1
Data : 09/12/2007

ASSINATURA

INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO

- Utilize apenas caneta azul ou preta.
- Marque apenas uma resposta por questão. Em caso contrário, a questão será anulada.
- Confira os dados impressos nesta folha e assine no local indicado.

Marque assim:

Inscrição: 0 0 4 4 0

Tipo: B

QUÍMICA

MATEMÁTICA

FÍSICA

BIOLOGIA

GEOGRAFIA

HISTÓRIA

LPLB

LÍNGUA ESTRANGEIRA (64 A 70)

INGLÊS

Figura 4.1 – Modelo de cartão-resposta.

Fonte: http://www.ufop.br/downloads/Licitacoes/Pregao%20Eletronico/modelo_folha_resposta.jpg
Acesso em: 10 junho de 2015.

A Figura 4.2 demonstra como é composto o cabeçalho do cartão-resposta desenvolvido nesse trabalho, contendo informações sobre a prova e o aluno, como:

curso, turma, valor, professor, disciplina, data, matrícula e assinatura do aluno ou candidato. Diferente do cabeçalho da Figura 4.1, o novo modelo não contém algumas informações por não serem importantes para o desenvolvimento e não agregam qualquer tipo de valor ao sistema.

		Sistema Integrado de Gestão de Provas			
Curso: Técnico de Informática		Turma: 1º Informática		Valor: 7	
Docente: Gabriel Rocha		Disciplina: Programação Web		Data: 24 de Outubro de 2014	
Matrícula:		Assinatura:			

Figura 4.2 - Cabeçalho do cartão-resposta proposto.
Fonte: Autoria própria.

Seguindo o modelo base do cartão-resposta, além do cabeçalho foi criada uma área contendo as instruções básicas para o seu preenchimento e manuseio correto. Esse componente tem como função principal instruir o candidato sobre qual deve ser o procedimento para preencher as respostas e para que o candidato posteriormente não questione, caso o sistema não reconheça as suas respostas devido a marcações realizadas de forma incorreta. A Figura 4.3 representa o campo de aviso.

<p>Utilize somente caneta esferográfica azul ou preta; Faça marcas bem definidas observando o exemplo abaixo. Forma correta de preenchimento <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E NÃO AMASSE, DOBRE, RASURE OU SUJE ESTA FOLHA</p>

Figura 4.3 - Orientações de preenchimento.
Fonte: Autoria própria.

Os cartões-repostas gerados são dinâmicos, conforme a necessidade da criação da prova, como número de questões, onde são permitidas questões com cinco alternativas e questões de verdadeiro e falso, tanto de forma isolada, onde cada prova contem somente um tipo de questão ou quando são utilizados ambos os tipos de questões. Diferente do modelo base utilizado, onde o número de questões é fixo, independe do número de questões da prova e aceita somente um tipo de questão, no caso quatro alternativas.

As questões de cinco alternativas tem em sua representação uma letra do alfabeto para cada alternativa, seguindo a ordem na qual as letras aparecem no alfabeto, que são: A, B, C, D, E. As questões de verdadeiro e falso são representadas pelas letras V e F. A Figura 4.4 demonstra como seriam os campos

de resposta no caso de uma prova contendo somente questões de cinco alternativas.

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E

Figura 4.4 - Questões com cinco alternativas.
Fonte: Autoria própria.

A Figura 4.5 exemplifica a possibilidade de mesclar as duas opções de questões, cinco alternativas com verdadeiro e falso, em uma prova.

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	V	F			
4	V	F			

Figura 4.5 - Questões com cinco alternativas e verdadeiro e falso.
Fonte: Autoria própria.

Para facilitar a impressão dos cartões com qualquer impressora doméstica, desde que não se utilize a opção rascunho da impressora, foram definidos os parâmetros de tamanho A4 e folha da cor branca. Assim não vinculando o sistema a uma única marca ou modelo de impressora e facilitando o uso do algoritmo em ambientes domésticos ou empresariais. A representação do cartão-resposta desenvolvido e gerado pelo sistema pode ser analisado no APÊNDICE A.

4.2 MÓDULO DE ELABORAÇÃO DE PROVAS ESCRITAS OBJETIVAS AUTOMATIZADAS

Uma das funções oferecida pelo sistema é a geração da prova automática, que tem como propósito auxiliar a seleção das questões que podem compor a prova. Essa mesma tarefa era realizada manualmente e que dependendo da quantidade de questões cadastradas no banco de dados, poderia se tornar uma tarefa muito árdua e tediosa.

O processo de seleção contém vários elementos para se considerar, referente as questões e da prova, tais como: nível da prova, quantidade de

questões, nível de dificuldade, número de vezes que a questão já foi alocada em uma prova e conteúdo da questão. Para facilitar essa seleção foram desenvolvidos dois algoritmos com métodos heurísticos, ambos com o mesmo propósito, mas utilizando técnicas diferentes. O primeiro algoritmo utilizou como base uma heurística difundida na área acadêmica conhecida como o algoritmo genético e o outro algoritmo foi o seleção de grupos, que se baseia nos princípios do AG.

4.2.1 Estrutura das Questões

Devido a peculiaridade e da necessidade do sistema, as questões do banco de dados foram criadas seguindo a estrutura da Figura 4.6. Esses atributos foram criados para sanar os problemas levantados.

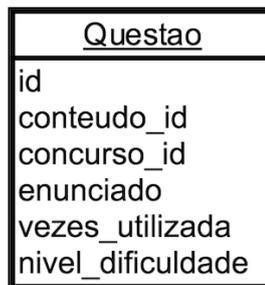


Figura 4.6 - Estrutura da questão no banco de dados.

Fonte: Autoria própria.

O campo *nível_dificuldade* serve para distinguir a questão em relação as outras de níveis de dificuldades diferentes e base para a seleção/definição das mesmas em relação ao nível da prova escolhido.

Os atributos *enunciado*, *id* e *concurso_id* são meramente descritivos, onde o enunciado, define o texto que caracteriza a pergunta da questão, o id é número de identificação único da questão no banco de dados e o *concurso_id* é o link entre elementos criados na tabela questão com a tabela concurso.

Com a intenção de evitar o aparecimento demasiado das mesmas questões ao se gerar várias provas com o mesmo nível de dificuldade, o campo *vezes_utilizada* foi acrescentado. Esse campo representa a quantidade de vezes que a questão fez parte de uma prova e serve como base de penalidade nos algoritmos.

O campo *conteudo_id* foi adicionado para uma melhor categorização e servir como parâmetro para o processo de seleção automática, quando o mesmo mescla a quantidade de questões com o mesmo conteúdo para a prova, afim de se evitar que as prova só contenham questões do mesmo conteúdo.

4.2.2 Representação cromossômica

Seguindo a estrutura cromossômica dos AG, os cromossomos gerados pelo sistema foram estruturados utilizando as questões previamente selecionadas e a quantidade de questões que a prova deve conter, esse elemento por sua vez, controla a quantidade de genes/tamanho que o cromossomo deve ter.

Os genes do cromossomo são compostos por elementos chaves extraídos de cada questão, que são: id, nivel_dificuldade, vezes_utilizada e conteúdo_id. Um exemplo dessa estrutura pode ser visualizada no Quadro 4.1.

ESTRUTURA CROMOSSÔMICA	
Número de questões prova	5
Estrutura Gene	[id, nivel_dificuldade, vezes_utilizada, conteúdo_id]
Cromossomo	[[6, 1, 6], [7, 6, 7], [8, 8, 7], [4, 2, 9], [2, 7, 3]]

Quadro 4.1 - Estrutura dos cromossomos e genes.
Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Algoritmo genético

4.2.3.1 Inicialização da população

Por conter um número dinâmico de registros no banco de dados e para oferecer uma boa margem de elementos para a realização dos cálculos, foi adotado o tamanho em 100 indivíduos por população em cada geração. Cada indivíduo tem como tamanho total o número de questões que irão compor a prova e como código genético as questões selecionadas aleatoriamente.

4.2.3.2 Função objetivo

O valor ótimo a ser obtido pelo população é criada com base em duas variáveis que são inseridas pelo usuário, que são, Nível da Prova (NP) e Quantidade de Questões(QQ). O NP tem como valor inicial 50 e final 100 com intervalo 10 em 10 entre cada valor válido, e a variável Quantidade de Questões(QQ) é quantidade desejada de questões que a prova irá conter.

As variáveis inseridas pelo usuário dão origem a outras duas, o Ponto por Prova (PP) e o alvo sendo esse o número de pontos que a população tem que atingir. Pontos por Prova é o produto da multiplicação do QQ com o nível máximo que uma questão pode chegar, que no escopo do projeto foi definido como cinco. O

Alvo, por fim, é a parte inteira do arredondamento do produto entre a divisão do NP por 100 e depois multiplicado pelo PP.

O Quadro 4.2 demonstra melhor a variação de valor e as expressões matemáticas anteriormente relatadas.

VARIÁVEIS DA FUNÇÃO OBJETIVO	
Nível da Prova (NP)	[50, 60, 70, 80, 90, 100]
Pontos por Prova (PP)	QQ * 5
Alvo	NP/100 * PP

Quadro 4.2 - Variáveis da função objetivo do algoritmo genético.
Fonte: Autoria própria.

O cálculo para saber se a prova gerada (indivíduo) tem como nota o valor ótimo, que é considerada como zero, é composto pelo somatório de três equações. Com o somatório dos níveis de dificuldade (ND), somatório das vezes utilizadas (VU) das questões e a diferença da presença de questões de conteúdos (QC) distintos em relação a média. A equação de ND foi representada na Equação (3).

$$ND = \sum(\text{nivel dificuldade}) \quad \text{eq. (3)}$$

O equação de VU segue a mesma ideia do ND, onde é realizado um somatório simples do valor referente a quantidade de vezes que a questão foi utilizada. A equação (4) é a representação desse cálculo.

$$VU = \sum(\text{vezes utilizada}) \quad \text{eq. (4)}$$

O cálculo para achar o total de pontos dos conteúdos de cada indivíduo é feito da seguinte forma e representado pela Equação (5):

1. Informa as questões que serviram como base para a criação da prova.
2. Extrai a quantidade de conteúdos distintos existente na base informada
3. Com a quantidade de conteúdos distintos é realizada a média de conteúdos, em relação à quantidade de questões existentes (MC). Somente a parte inteira do resultado é considerada.
4. É realizado o somatório da diferença da quantidade de questões com o mesmo conteúdo do indivíduo (CI) com a média de conteúdos que deveriam conter a prova, multiplicado por 5000. O 5000 foi selecionado aleatoriamente para que force o sistema a penalizar indivíduos que não respeitam a média das questões por prova.

$$QC = \sum(CI - MC) * 5000 \quad \text{eq. (5)}$$

O Quadro 4.3 serve para exemplificar os processos acima informado, utilizando como exemplo um ambiente onde se contém cinco questões geradas aleatoriamente e que como descrito no passo 3, anteriormente descrito, contém somente três conteúdos distintos e por fim mostra o valor final do calculo dos conteúdos das questões selecionadas.

CÁLCULO CONTEÚDO	
Questões	[1, 3, 1, 2] [2, 4, 1, 1] [3, 2, 1, 2] [4, 4, 0, 2] [5, 3, 0, 3]
Quantidade de Questões	5
Conteúdos	3
Média de Conteúdo Questão	$5/3 = 1,6 = 1$
Indivíduo	[1, 3, 1, 2] [2, 4, 1, 1] [3, 2, 1, 2] [4, 4, 0, 2], [5, 3, 0, 3]
Conteúdos Indivíduo (Conteúdo, Quantidade)	(1, 1), (2, 3), (3,1)
Resultado do cálculo	$((1-1)*5000) + ((3-1)*5000) + ((1-1)*5000) = 10000$

Quadro 4.3 - Cálculo conteúdo.

Fonte: Autoria própria.

Por fim, para calcular a nota do indivíduo utiliza-se a Equação (6).

$$\text{NOTA} = \sum((\text{ND} - \text{alvo}) + \text{QC} + \text{VU}) \quad \text{eq. (6)}$$

4.2.3.3 Métodos utilizados no AG

Respeitando o fluxo de funcionamento de um AG foram definidos e implementados os métodos responsáveis pelo perfeito funcionamento do algoritmo. A política de seleção utilizada foi a do torneio. Essa política funciona com a comparação de mais de um indivíduo, escolhidos aleatoriamente, onde o melhor é selecionado. Os torneios foram feitos com a seleção de 20% da população em cada grupo, onde somente o melhor passava para o grupo que iria para o cruzamento. Esse procedimento evita a passagem de indivíduos com menor aptidão para o cruzamento, pois ele sempre é comparado com outro melhor.

O tipo de crossover/cruzamento adotado foi o de um ponto de corte, sendo esse ponto gerado de forma aleatória em cada cruzamento, para a troca dos genes através dos pais, mas respeitando a inviabilidade de se ter indivíduos com genes idênticos. Após os cruzamentos foram realizados os métodos de mutação nos filhos gerados, que conta com um valor pré-definido para ser comparado com o acaso. Nesse trabalho foi adotado o valor 2%, pois o mesmo mostrou com resultados muito satisfatórios quando comparados com outros valores, como 0,5%, 1% e 1,5%.

Por se tratar de uma prova e a opção de ter duas questões iguais é inviável, então sempre que um gene é selecionado ou modificado uma validação em relação a sua já existência no cromossomo é realizada, caso o mesmo já exista a sua adição é vetada.

Afim de se evitar o fluxo contínuo do algoritmo foram adotados os critérios de número máximo de gerações e chegada ao valor ótimo da função objetivo, zero. Eles foram escolhidos pois já é de conhecimento o valor ótimo a ser obtido através do cálculo da nota de cada indivíduo.

4.2.4 Heurística seleção de grupos

Após o desenvolvimento do algoritmo genético foi possível analisar com maior clareza como funciona o processo de seleção das questões e como o processo de pontuação de prova funciona. Com os processos mapeados, foi desenvolvido uma nova heurística com o mesmo propósito do algoritmo genético mas com uma nova forma de selecionar as questões, chamada de seleção de grupos. Essa nova heurística utiliza conceitos existentes no AG, como função objetivo e pontuação por indivíduos gerados.

Para se ter um reaproveitamento dos métodos criados no AG para cálculo de pontos, somatório da quantidade que as questões foram usadas e entre outros, se adotou a mesma estrutura cromossômica dos genes utilizada no AG de vetores contendo somente id, nível, vezes utilizadas e conteúdo de cada questão.

A escolha das questões que devem constar na prova é feita com base no cálculo da média do nível das questões (NM). Para uma melhor solução de um dos requisitos que a quantidade de vezes utilizadas de cada questão, é utilizado o valor NM como ponteiro para se selecionar um nível acima ou abaixo, dependendo da existência do nível no banco, existente na base. Sendo assim são formados dois grupos e é selecionada a questão que tiver o menor número de utilização entre eles.

Essa média é calculada entre o alvo e a quantidade de questões informada na requisição da prova. A fórmula do cálculo é representada na Equação (7). O alvo é calculado utilizando a mesma equação, desenvolvida para o AG.

$$NM = \frac{\text{alvo}}{QQ} \quad \text{eq. (7)}$$

O valor de NM pode conter casas decimais, o que dificulta o funcionamento do sistema pois o nível da questão é composto por um número

inteiro. Para solucionar esse eventual problema foi utilizado um método já existente na linguagem *Python*, que é o *round*. Ele é responsável pelo arredondamento de números *float* utilizando a primeira casa decimal do número para definir o seu novo valor utilizando como parâmetro o número 5, onde os abaixo dele viram zero e acima dele soma mais um no número inteiro e suas casas decimais se tornam zero.

Como exemplificação e melhor entendimento da utilização dessa equação, foi solicitada uma prova onde seu alvo a ser atingido é 12 e deve conter 3 questões em sua composição. O resultado do cálculo foi 4, e esse número representa que a solução ótima seria se a prova fosse composta por três questões com nível de dificuldade quatro.

As questões passadas como base são agrupadas conforme o seu nível de dificuldade e ordenadas pelo número de vezes que cada uma foi utilizada, para uma melhor organização e facilitar na programação da heurística. Esse grupo é feito com o uso de um dicionário(*dict*) em *Python*, utilizando como chave o nível e como valores as questões correspondentes ao nível. Na Figura 4.7 é ilustrado o processo de agrupamento utilizando tabelas, na primeira tabela é listado todas as questões e na segunda a organização das questões pelo id do conteúdo.

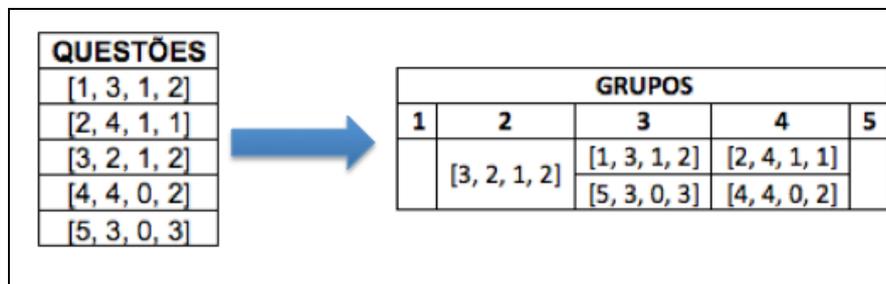


Figura 4.7 - Agrupamento de questões.
Fonte: Autoria própria.

Um controle é realizado para evitar que as questões sejam todas do mesmo conteúdo, tentando manter o mais equilibrado possível. O cálculo é baseado no levantamento de quantos conteúdos diferentes existem nos grupos de questões e dividir pelo número de questões desejado para a prova, gerando a média de questões por conteúdo, MC. Esse valor interfere diretamente na seleção das questões, pois só será selecionada a questão que não supere o valor de MC em relação às questões já selecionadas. O processo do cálculo MC pode ser visto no Quadro 4.4, utilizando como base as questões apresentadas na Figura 4.7.

CÁLCULO DE MC		
Conteúdos	QQ	MC
(1,2,3)	3	$3/3 = 1$

Quadro 4.4 - Cálculo de MC.

Fonte: Autoria própria.

A cada seleção da melhor questão é verificado se o somatório dos níveis das outras já selecionadas, se existirem e número de questões selecionadas chegaram aos número pretendidos na requisição. O NM não é constante pois conforme as questões são selecionadas, o seu valor é recalculado mas com novos parâmetros, onde o alvo é subtraído pelo nível da questão e o QQ é subtraído por um. Esse procedimento é executado até que o número de questões da prova chegue ao número desejado.

O algoritmo funciona seguindo um fluxo que tem como primeiro passo a seleção dos conteúdos que as questões devem pertencer para a prova. Com o nível da prova definido pelo usuário e o alvo já calculados, é gerado o valor de NM. O NM tem como função ser parâmetro para a seleção das questões com nível correspondente e um nível acima do mesmo, mas sempre escolhendo as com o menor número de vezes utilizada. Para continuidade do algoritmo é subtraído a quantidade de questões já selecionadas com o número desejado da prova e é analisado se as questões escolhidas são do mesmo conteúdo, com base na média de questões do mesmo conteúdo. As novas devem respeitar o limite de questões de cada conteúdo e só ultrapassar esse limite caso não existem questões com outro conteúdo do nível selecionado. Esse ciclo de cálculos e seleções devem ser executados até que o número de questões desejado para a prova seja igual ao número de questões já selecionadas.

4.3 MÓDULO DE CORREÇÃO DE PROVAS AUTOMATIZADAS

Utilizando técnicas de OMR e PDI, foi desenvolvido um algoritmo para leitura e reconhecimento das marcações nos cartões-respostas. A linguagem escolhida para o desenvolvimento foi a Python por ter uma vasta variedade de bibliotecas, entre elas a OpenCV.

4.3.1 PASSOS INICIALIZAÇÃO DO CARTÃO-RESPOSTA

1. Criar um objeto da classe CartaoResposta, com os parâmetros imagem, *template*, área da alternativa marcada;

2. Selecionar a imagem/cartão-respostas que será analisada;
3. Transformar a imagem em escala de cinza;
4. Binarizar a imagem;
5. Localização do marcador de posição de orientação;
6. Verificar o orientação da imagem e realizar a rotação, se necessária;
7. Calcular a angulação da imagem, caso a mesma se encontre com angulação, é realizado o a rotação da mesma.

4.3.2 Template

A *priori*, para o melhor funcionamento do algoritmo é a definição dos valores das dimensões de elementos chaves, em pontos pré-definidos, contidos no cartão-resposta que será lido. Cada elemento chave tem como função auxiliar o processo de leitura e identificação das marcações que sejam possíveis. Mesmo com a definição de 300dpi para cada imagem, alguns contornos não ficam bem definidos. Algumas causas para isso é a qualidade da impressão do cartão-resposta ou pequenas angulações da imagem. Com essas pequenas oscilações alguns marcadores de posição tiveram seus tamanhos definidos em um *range* de máximo e mínimo. As letras h e w no final de cada variável representam as palavras *width* e *height*, que no inglês significam altura e largura. Essas referências foram adotadas devido as funções do OpenCV serem escritas no idioma inglês e isso torna mais fácil o entendimento do código.

O marcador de *marcador_posicao_h* e *marcador_posicao_w* do papel foi adicionado no canto superior esquerdo do cartão-resposta, por questões estéticas, para que as suas coordenadas de x e y indiquem a orientação da imagem digitalizada. Pois o mesmo pode ser inserido de cabeça para baixo no equipamento de digitalização e o posicionamento da imagem é muito importante, pois se a mesma se encontrar em sentido inverso ao sentido natural, acarreta na inviabilidade da sua leitura por meio do algoritmo. A Figura 4.8 mostra a localização deste marcador e para melhor identificação ela esta indicada por intermédio de uma seta.

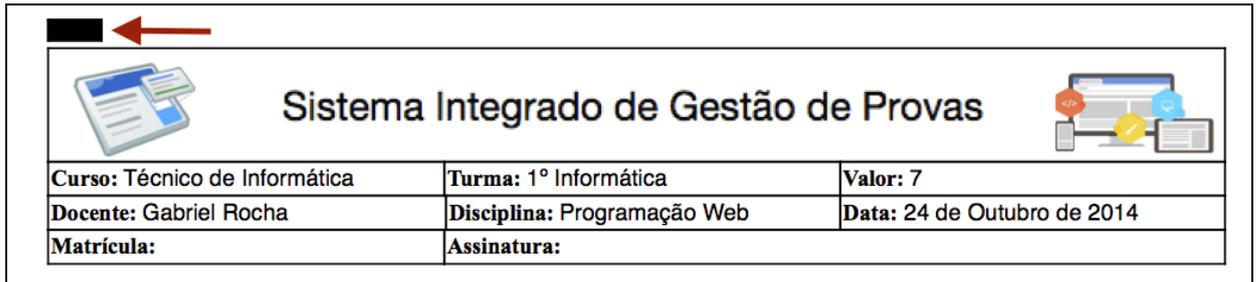


Figura 4.8 - Marcador de posição.
Fonte: Autoria própria.

O cálculo para saber a orientação da imagem têm como base as duas possíveis posições que o marcador pode estar, acima e abaixo da metade da imagem. Sendo assim, se o marcador tiver uma coordenada de x e y abaixo do valor definido como o meio da imagem, a mesma se encontra no sentido normal e caso as coordenadas estejam acima da metade, a mesma se encontra de cabeça para baixo. Esse exemplo de imagem com marcador acima da metade pode ser visto no APÊNDICE B.

Os marcadores *caixa_preta_h* e *caixa_preta_w* são os delineadores do quadrante onde as alternativas estão localizadas. Esses marcadores sempre definidos em grupos de 4 elementos cada, pois são dois na parte superior das alternativas e inferior, assim definindo onde o algoritmo deve começar a realizar as alternativas e quando deve parar. A Figura 4.9 mostra a localização dos marcadores e para melhor identificação ela está indicada por intermédio de uma seta.

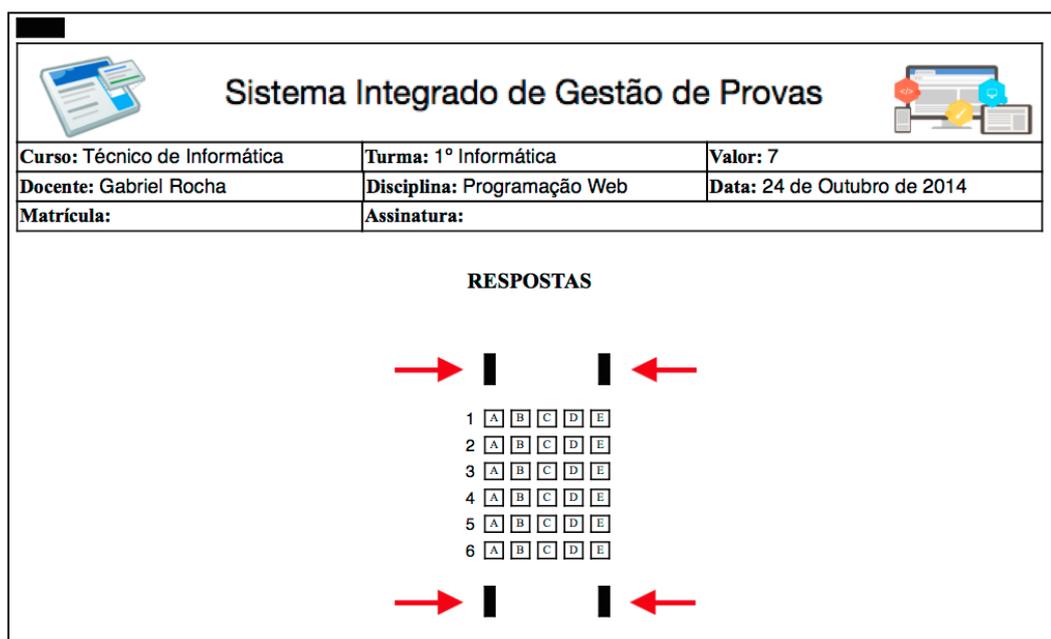


Figura 4.9 - Marcadores *caixa_preta*,
Fonte: Autoria própria.

O APÊNDICE C demonstra como são posicionadas os marcadores no caso de haver mais de uma coluna com respostas.

As variáveis *caixa_letra_h* e *caixa_letra_w* são as dimensões de altura e largura das alternativas existentes em cada questão. Esse é o perímetro que o algoritmo irar percorrer para analisar se o mesmo se encontra marcado ou não. Com a Figura 4.10 pode-se observar a base para chegar no tamanho da alternativa.

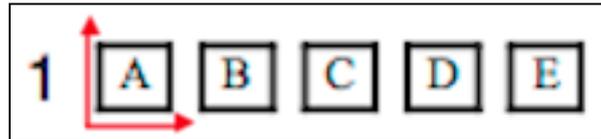


Figura 4.10 - Dimensões das alternativas.
Fonte: Autoria própria.

O elemento *caixa_preta_caixa_letra_h* representa o espaçamento entre o marcador *caixa_preta* e o início das questões e suas alternativas. Por ter o mesmo espaçamento entre a última questão e suas alternativas e os marcadores *caixa_preta* inferiores, esse espaçamento também é representado pela variável *caixa_preta_caixa_letra_h*. A Figura 4.11 mostra a localização desse espaçamento nas colunas de respostas.

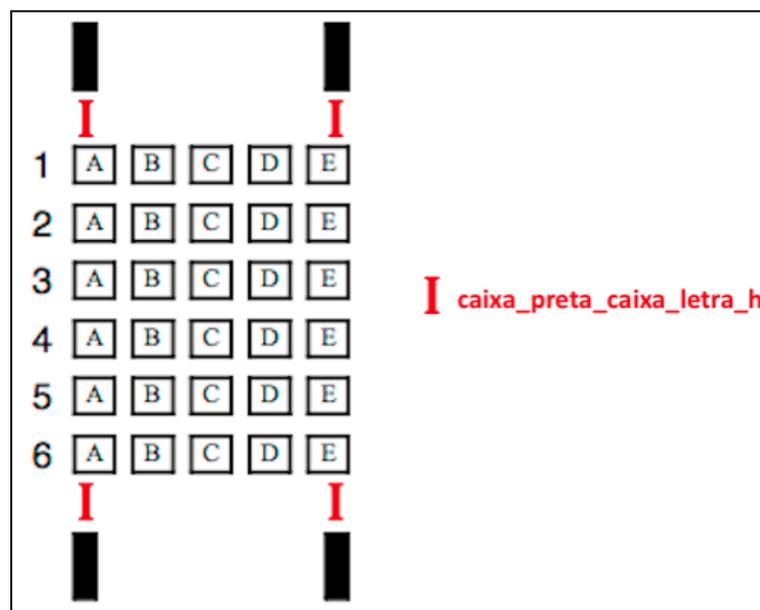


Figura 4.11 - Representação dos espaçamentos *caixa_preta_caixa_letra_h*.
Fonte: Autoria própria.

Com o mesmo princípio da variável *caixa_preta_caixa_letra_h*, onde representa somente um espaçamento, as variáveis *caixa_letra_caixa_letra_h* e *caixa_letra_caixa_letra_w* representam a quantidade de *pixel* que separa as alternativas de cada questão e as próprias questões. A *caixa_letra_caixa_letra_w* é

o espaço, fixo, que existe entre cada alternativa de uma questão analisada e `caixa_letra_caixa_letra_h` é o espaço que separa as questões, assim distinguindo cada questão em forma de linha. A Figura 4.12 indica a localização desses espaçamentos que são a origem das variáveis `caixa_letra_caixa_letra`.

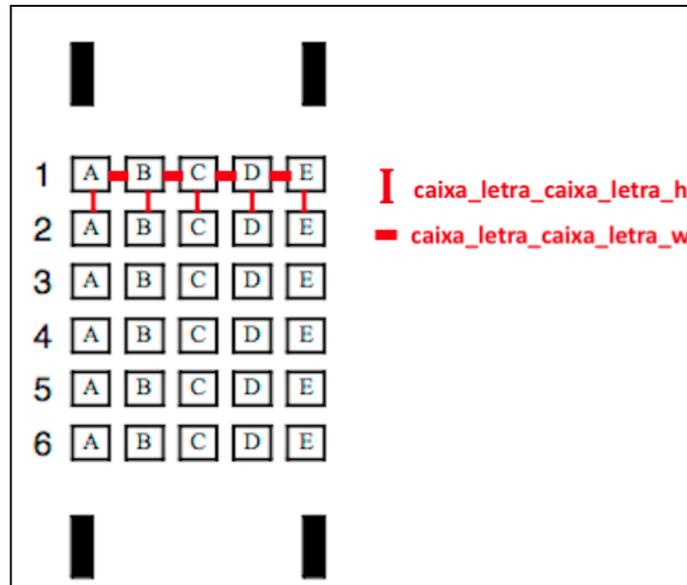


Figura 4.12 - Marcador `caixa_letra_caixa_letra`.
Fonte: Autoria própria.

Com todos os marcadores definidos e calculados, o Quadro 4.5 foi criado para representar os valores adquiridos. Os valores que são um *range* estão entre colchetes, informando o valor mínimo e máximo.

VARIÁVEL	VALOR
<code>marcador_posicao_h</code>	[41, 50]
<code>marcador_posicao_w</code>	[92, 98]
<code>caixa_preta_h</code>	[61, 63]
<code>caixa_preta_w</code>	[23, 26]
<code>caixa_letra_h</code>	39
<code>caixa_letra_w</code>	39
<code>caixa_preta_caixa_letra_h</code>	46
<code>caixa_letra_caixa_letra_h</code>	12
<code>caixa_letra_caixa_letra_w</code>	10

Quadro 4.5 - Valores do *template*.
Fonte: Autoria própria.

4.3.3 Inicialização do cartão-resposta

A *posteriori* do sistema é realizar a leitura dos componentes da imagem com auxílio do *template*, devidamente definido. Esse processo é composto por

outros de menor porte, que manipulam e corrigem pequenas inconsistências na imagem.

Alguns parâmetros de inicialização para o algoritmo:

- O caminho absoluto da imagem no sistema como por exemplo: `/home/Gabriel/imagens/cartao.jpg`;
- *Template* criado com as suas devidas variáveis e valores;
- O valor da área que corresponde a um elemento marcado.

A área de marcação pode ser calculada por intermédio do cálculo da área total de uma alternativa. Nesse trabalho foram utilizados os valores definidos para *caixa_preta_h* e *caixa_preta_w* no *template*, e considerando somente 60% desse valor. Sendo assim, se uma alternativa tiver 60% do sua área com o *pixel* preto, será considerada como marcada.

4.3.4 Tratamento Imagem

Com a imagem definida, o sistema realiza processos menores para correções de possíveis inconsistências da imagem, que consiste em analisar a orientação da imagem, angulação e definição dos elementos.

Com auxílio de métodos já existentes do OpenCV é realizada a conversão da imagem para escala de cinza, assim delimitando o range de cores do cartão-resposta. Essa conversão possibilita que o sistema considere as marcações realizadas com caneta preta, azul, vermelha ou até realizadas com lápis, como é feito na Figura 4.13.

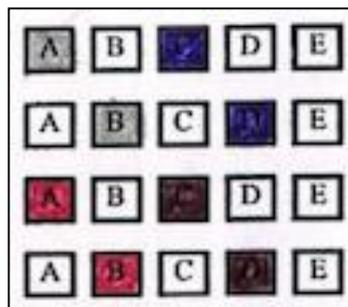


Figura 4.13 - Marcações em várias cores.
Fonte: Autoria própria.

A Figura 4.14 é o produto da conversão em escala de cinza das marcações nas cores acima mencionada, e é possível notar que a única diferença entre elas é a intensidade da marcação.

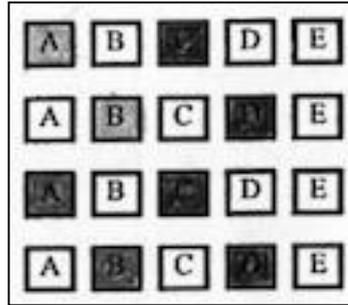


Figura 4.14 - Conversão em escala de cinza.
Fonte: Autoria própria.

Alguns métodos necessitam de mais uma conversão da imagem, que seria a binarização da mesma. Para uma melhor abrangência na intensidade das marcações, um limiar de 200 foi definido na função. A Figura 4.15 é o resultado da binarização da imagem convertida em escala de cinza.

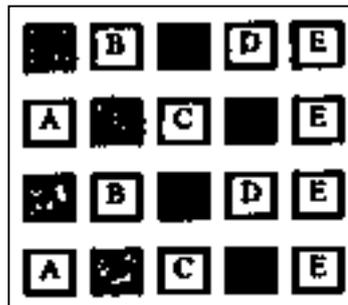


Figura 4.15 - Imagem binarizada.
Fonte: Autoria própria.

A correção da orientação da imagem é realizada com a localização do elemento que se encaixa nas dimensões passadas através das variáveis *marcador_posicao_h* e *marcador_posicao_w*, utilizando o método *findContours* do OpenCV. O retorno desse método são as coordenadas, x e y, e o tamanho do elemento. Essas coordenadas de retorno são o parâmetro para saber se a imagem se encontra no sentido natural do cartão-resposta. Caso a imagem não se encontre, o sistema gira a mesma para o sentido correto e substitui a original.

Mesmo com a imagem no sentido natural, a mesma pode ter uma pequena angulação para o lado esquerdo ou direito, dependendo da forma que o cartão-resposta foi inserido no equipamento de digitalização.

Python contém uma biblioteca chamada *math*, que é formada por vários métodos com finalidades matemáticas e uma delas é a *acos(x)*. Essa função retorna o radiano do arco do cosseno passado como parâmetro. Com a utilização dessa função, é calculado o angulação existente é feita a correção da imagem com base no ângulo e no sentido do erro de sentido, esquerda ou direita, caso seja necessário.

4.3.5 Passos Captura das respostas:

1. Localização dos marcadores de respostas, utilizando como base os valores definidos no *template*;
2. Organização e agrupamento dos elementos encontrados, com base nos seus valores;
3. Definição de cada conjunto simboliza uma coluna de respostas;
4. Definição de cada linha que compõe as respostas;
5. Divisão da linhas em pequenas colunas que representam as alternativas;
6. Leitura das marcações de cada alternativa.
 - a. O cálculo é feito com base nos valores de cada pixel encontrado na alternativa.
 - b. Por ser um elemento binarizado, os pixel são 0 ou 1, sendo assim é feito um somatório dos elementos com valor 0.
 - c. Caso o valor do somatório seja maior que o valor definido como área de alternativa marcada, o mesmo é representado com o valor 1 e se não for, é representado pelo 0.
7. Esse processo de leitura das respostas é realizado em todas as alternativas da colunas.
8. Ao término da leitura da colunas é verificado se existe outra a ser analisada. Caso exista o mesmo processo é realizado até que não exista mais colunas.

Após a realização de todos os tratamentos na imagem que poderiam ocasionar no não funcionamento esperado do algoritmo, são realizados os processos para localizar e extrair as respostas dos cartão-resposta desejado.

Como no processo de localização do *marcador_posicao* são localizados os elementos que correspondem aos marcadores que se enquadram com as dimensões da *caixa_preta_h* e *caixa_preta_w*, e divididos em grupos com quatro elementos cada. Com os grupos definidos e com o conhecimento das coordenadas de cada um dos marcadores, é definido o ponto de partida e ponto de parada para a análise da matriz da imagem.

O valor de x inicial, da matriz, para a leitura da primeira questão corresponde ao valor natural de x do marcador, com menor valor de x e menor y . O ponto de parada de x da questão é o resultado do somatório de x do marcador, com maior x e menor de y , com o valor de *marcador_posicao_w*.

O ponto de partida e ponto de parada da questão são a base para a leitura continuada das questões e alternativas. A leitura da alternativa se faz do ponto de partida até o somatório da mesma com a variável *caixa_letra_w*. Esse procedimento é para ler somente uma alternativa, O procedimento para ler as seguintes até o final da linhas, é transformação do ponto de partida para o ponto de destino da alternativa anterior, mais a variável *caixa_letra_caixa_letra_w*, até que o ponto de partida seja maior ou igual que o ponto de parada.

Para as alternativas iniciais com as coordenadas de *x*, inicio e fim, são passadas também como parâmetro para a função *ler_alternativa*, os valores de *y* inicial e o ponto de parada de *y*, assim formando o objeto a ser analisado. O ponto de partida de *y* é o menor valor de *y* dos marcadores de posição com o acréscimo da variável *caixa_preta_caixa_letra_h* e *marcador_posicao_h*, por fim, o ponto de parada de *y* é o somatório do seu ponto de partida com a variável *caixa_letra_y*.

A análise se faz em percorrer toda a matriz, da imagem binária, selecionada e comparando se o valor do *pixel* encontrado é igual a 0 ou não. Caso seja igual, um contador é incrementado e o mesmo é comparado com o valor de área de marcação, que é informado na inicialização do algoritmo. O resultado dessa comparação definirá se a alternativa foi marcada. Será atribuído o valor 1 para as marcadas e 0 para as não marcadas.

A mudança de questão ou linha é feita após a finalização da leitura da linha atual e alteração do ponto inicial *y*. O ponto inicial passa a ser o somatório do valor atual do ponto de parada do *y* com o da *caixa_preta_h* e com *caixa_letra_caixa_letra_h*. Esse valor sempre mudará conforme for mudando de linha até a chegada do valor de *y* inicial for maior que o ponto de parada *y* menos *caixa_preta_caixa_letra_h*.

No final da leitura o algoritmo irá retorna uma matriz com as marcações de cada alternativa agrupada por questão. O resultado da leitura Figura 4.13 é demonstrado no Quadro 4.6.

QUESTÃO	MARCAÇÕES
1	[1,0,1,0,0]
2	[0,1,0,1,0]
3	[1,0,1,0,0]
4	[0,1,0,1,0]

Quadro 4.6 - Marcações das questões
Fonte: Autoria própria.

5 RESULTADOS

Este capítulo tem por finalidade apresentar as principais funções do sistema SIG-Prova. Além desta apresentação, também são abordados os resultados das validações das etapas de criação e correção das provas.

5.1 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

Para acessar o SIG-Prova é necessário inserir as credenciais do usuário na tela de “Autenticação”, apresentada na Figura 5.1. Contudo, é imprescindível que o usuário já tenha efetuado seu cadastro com o administrador do sistema. Cabe ressaltar que neste cadastro, além dos dados tradicionais (matrícula, nome e senha), é preciso informar o ambiente ao qual o usuário será vinculado (“Professor” ou “Aluno”), pois de acordo com este ambiente, o sistema habilita ou desabilita funções.

A imagem mostra a interface de autenticação do sistema SIG-Prova. O cabeçalho possui o título "SIG-Prova" e o subtítulo "Sistema Integrado de Gestão de Provas" em um fundo azul com uma textura de triângulos. À esquerda e direita do cabeçalho há ícones representando documentos e dispositivos. Abaixo, há um formulário com dois campos de entrada: "Usuário:" e "Senha:". Abaixo dos campos, há um botão azul com o texto "Enviar".

Figura 5.1: Tela de “Autenticação”.
Fonte: Autoria própria.

A seguir ambos os ambientes serão detalhados. Na Seção 5.1.1 são abordadas as funções do ambiente “Professor” e na Seção 5.1.2 as funções do ambiente “Aluno”.

5.1.1 Ambiente “Professor”

O ambiente “Professor” possui diversas funções, são elas: i) Criação da Questão (Cinco Alternativas e Verdadeiro/Falso); ii) Criação da Prova (Automática e Manual); iii) Detalhamento da Questão; iv) Lista de Provas; v) Recursos da Prova; vi) Gabarito do Cartão-Resposta; vii) Cartão-Resposta; viii) Leitura de Cartão-Resposta; ix) Cartões-Respostas Corrigidos; x) Detalhamento do Cartão-Resposta; xi) Revisão do Cartão-Resposta; xii) Edição do Cartão-Resposta; xiii) Visualização do Cartão-Resposta; e xiv) Prova Formatada.

A tela principal do ambiente “Professor”, demonstrada na Figura 5.2, é composta por três botões e uma barra de menu. O botão “Voltar” (seta para esquerda) é usado para retornar a página anterior. Já o botão “Avançar” (seta para direita) é utilizado para seguir para próxima página. Enquanto que o botão “Logout” é usado para finalizar a sessão do usuário no sistema.



Figura 5.2: Tela Principal do Ambiente “Professor”.
Fonte: Autoria própria.

A barra de menu foi dividida em três menus principais, sendo eles: “Início”, “Provas” e “Questões”. Entretanto, estes dois últimos menus possuem submenus relacionados. O menu “Provas” contém apenas o submenu “Criar”. Já o menu “Questões” possui o submenu “Listar” e “Criar”, e este último contém outros dois submenus, “Cinco Alternativas” e “Verdadeiro/Falso”.

5.1.1.1 Criação de Questão

Para cadastrar as questões na base de dados do SIG-Prova há duas opções. Na primeira, o usuário deve acessar o menu “Questões”, submenu “Criar” e

o submenu “Cinco alternativas”. A tela de “Criação de Questão (Cinco Alternativas)” é apresentada na Figura 5.3.

Figura 5.3: Tela de “Criação de Questão (Cinco Alternativas)”.
Fonte: Autoria Própria.

Na tela de “Criação de Questão (Cinco Alternativas)” o usuário deve selecionar e preencher diversos campos. O Quadro 5.1 apresenta estes campos com suas respectivas descrições. Cabe evidenciar que os rótulos usados nestes campos são intuitivos.

Campo	Descrição
“Conteúdo”	Selecionar a “Grande área”, “Área”, “Subárea” e “Conteúdo” da questão. Exemplo: Informática - Linguagem de Programação - Linguagem C – Estrutura de Repetição
“Concurso”	Selecionar o nome/ano do concurso da qual a questão foi retirada. Caso a questão seja criada pelo próprio professor deve-se selecionar “Autoria própria”
“Nível de dificuldade”	Selecionar um número de um a cinco, sendo crescente o nível de dificuldade
“Enunciado”	Preencher o enunciado da questão

“A”	Preencher o conteúdo da alternativa “A”
“B”	Preencher o conteúdo da alternativa “B”
“C”	Preencher o conteúdo da alternativa “C”
“D”	Preencher o conteúdo da alternativa “D”
“E”	Preencher o conteúdo da alternativa “E”
“Alternativa correta”	Selecionar a alternativa correta (“A”, “B”, “C”, “D” ou “E”)
Salvar	Clicar para armazenar as informações

Quadro 5.1: Campos da tela de “Criação de Questão (Cinco Alternativas)”.

Fonte: Autoria própria.

Na segunda opção, o usuário deve acessar o menu “Questões”, submenu “Criar” e o submenu “Verdadeiro/Falso”. A tela de “Criação de Questão (Verdadeiro/Falso)”, exibida na Figura 5.4, possui diversos campos semelhantes à de questão com cinco alternativas. As principais diferenças são na semântica dos campos “Enunciados” e “Alternativa correta”. No campo “Enunciado”, o usuário deve preencher com uma afirmativa e enquanto no campo “Alternativa correta”, o usuário deve selecionar entre as alternativas “Verdadeiro” ou “Falso”.

Figura 5.4: Tela de “Criação de Questão (Verdadeiro/Falso)”.

Fonte: Autoria Própria.

5.1.1.2 Criação de Prova

Após cadastrar as questões na base de dados do sistema, o usuário deve criar as provas. Cabe salientar que as provas podem ser criadas de forma

automática ou manual. Para criar as provas, o usuário deve acessar o menu “Provas” e o submenu “Criar”. A Figura 5.5 demonstra a primeira parte da tela de “Criação de Prova”.

Figura 5.5: Tela de “Criação de Prova” (Parte 1).

Fonte: Autoria própria.

Na tela de “Criação de Prova”, o usuário precisa selecionar e preencher vários campos. No Quadro 5.2 são descritos estes campos com suas correspondentes descrições.

Campo	Descrição
“Número de questões”	Preencher com a quantidade de questões da prova
“Nível da Prova”	Preencher com o nível de dificuldade da prova. Este nível varia entre 50 e 100 em uma escala de 10
“Valor Prova”	Preencher com o valor da prova
“Curso”	Preencher o nome do curso
“Turma”	Preencher a descrição da turma
“Disciplina”	Preencher o nome da disciplina
“Data”	Preencher a data da prova
“Tipo de questões”	Selecionar a opção “5 alternativas”, “Verdadeiro/Falso” ou “Qualquer”. Esta última equivale à mescla das duas primeiras

Quadro 5.2: Campos da Tela de “Criação de Prova”.

Fonte: Autoria própria.

Após preencher os campos descritos no Quadro 5.2, o usuário deve selecionar um ou mais itens das listas dos campos “Grande área”, “Área”, “Subárea” e “Conteúdo”. Destaca-se que estes campos são dependentes, ou seja, é necessário selecionar um ou mais itens na lista de grande área para que a lista de

áreas seja habilitada e assim sucessivamente, até a de conteúdo. A Figura 5.6 ilustra a segunda parte da tela de “Criação de Prova”.

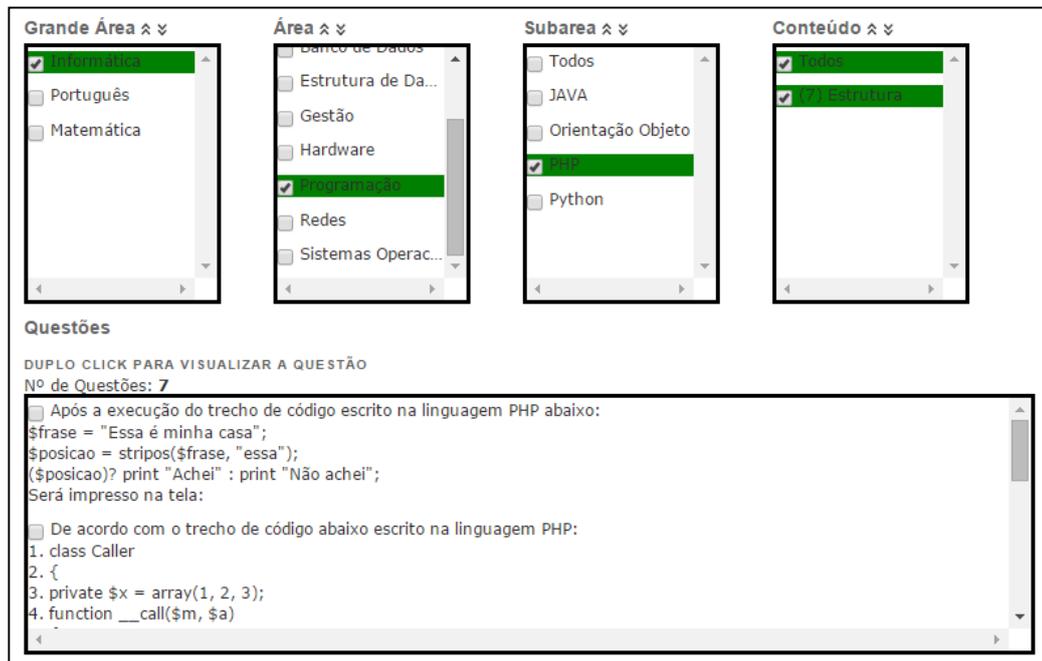


Figura 5.6: Tela de “Criação de Prova” (Parte 2).

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, são exibidos dois quadros (“Questões” e “Prova”) e quatro botões (“Seta simples para baixo”, “Seta dupla para baixo”, “Seta simples para cima” e “Seta dupla para cima”).

O quadro “Questões” é preenchido automaticamente na medida em que o usuário seleciona os itens das listas citadas anteriormente. O usuário deve selecionar uma questão neste quadro e utilizar o botão “Seta simples para baixo” para enviá-la para o quadro “Prova” ou usar o botão “Seta dupla para baixo” para enviar todas as questões. Em contrapartida, o usuário pode utilizar o botão “Seta simples para cima” para voltar uma questão para o quadro “Questões” ou usar o botão “Seta dupla para cima” para retornar todas as questões. A terceira parte da tela de “Criação de Prova” é apresentada na Figura 5.7.

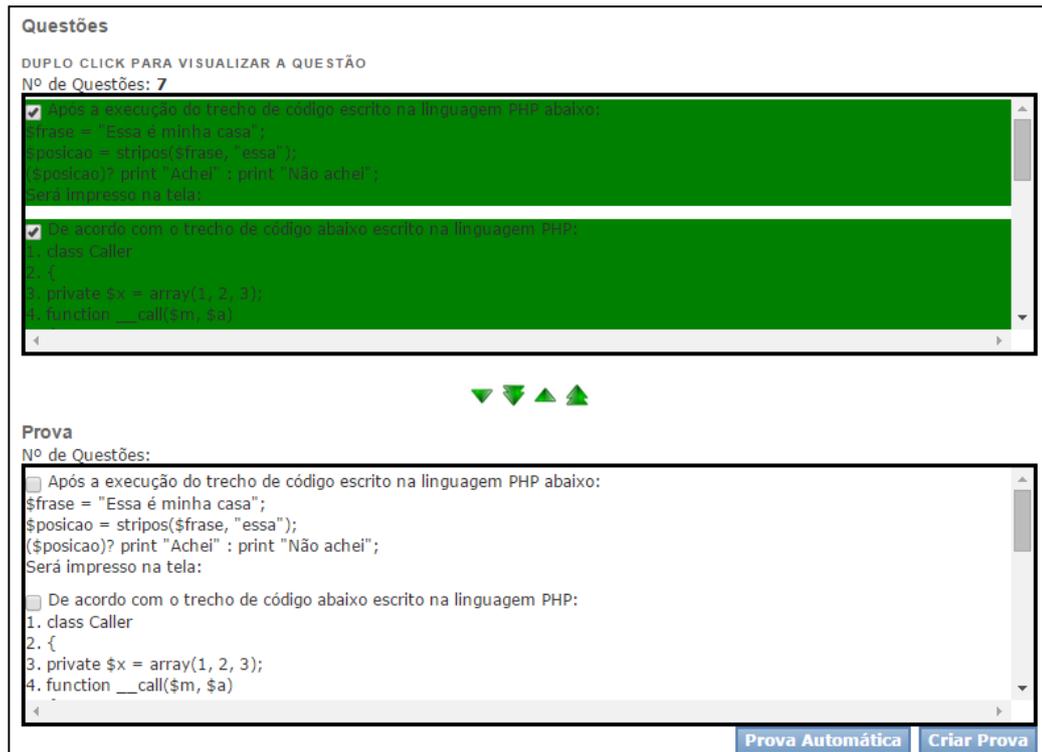


Figura 5.7: Tela de “Criação de Prova” (Parte 3).

Fonte: Autoria própria.

Conforme já citado, as provas podem ser criadas de forma manual ou automática. Na forma manual, fica a critério do usuário analisar e selecionar as questões da prova. Enquanto que na forma automática, as questões são selecionadas através de métodos heurísticos, com base nos campos “Número de questões” e “Nível da Prova”.

Para criar a prova de forma manual, o usuário deve enviar, do quadro “Questões” para o quadro “Provas”, a mesma quantidade de questões que especificou no campo “Número de questão”, exibido na Figura 5.5, e utilizar o botão “Criar Prova”. Já para criar a prova automaticamente, o usuário deve enviar um número maior ou igual de questões descrito no campo “Número de questão” e usar o botão “Prova automática”.

Cabe ressaltar que o usuário possui a opção de verificar todas as informações das questões listadas nos dois quadros referenciados outrora. Para tanto, é necessário selecionar a questão e clicar duas vezes sobre a mesma, para que a tela de “Detalhamento da Questão” seja exibida, conforme ilustra a Figura 5.8.

Detalhamento da Questão

Conteúdo: Estrutura

Concurso: IFF - Analista de Sistemas - 2013 - IFF

Vezes Utilizadas: 13

Nível: 1

Enunciado:

Após a execução do trecho de código escrito na linguagem PHP abaixo:

```
$frase = "Essa é minha casa";
$posicao = strpos($frase, "essa");
($posicao)? print "Achei" : print "Não achei";
```

Será impresso na tela:

(A) False
(B) Não achei
(C) Achei
(D) True
(E) essa

Resposta: **Não achei**

Figura 5.8: Tela de “Detalhamento da Questão”.

Fonte: Autoria própria.

Na tela de “Detalhamento de Questão” são exibidas diversas informações, sendo elas: “Conteúdo”, “Concurso”, “Vezes utilizadas”, “Nível”, “Enunciado”, “Alternativas” e a “Resposta”. Todas essas informações são descritas com detalhes no Quadro 5.2, com exceção do campo “Vezes utilizadas” que é a quantidade de vezes que a questão já foi usada em provas.

Após a criação da prova, na tela principal do ambiente “Professor”, uma lista com todas as provas criadas pelo usuário é exibida. Esta lista é ordenada por data, da mais nova para a mais antiga, conforme apresentado na Figura 5.9.

[Início](#) [Prova](#) [Questões](#)

Lista de Provas

 3º Ano - ADMINISTRAÇÃO DE SERVIDORES - 28 de Agosto de 2015

 3º Ano - PRÁTICA PROFISSIONAL - 28 de Agosto de 2015

 1º Ano - PROGRAMAÇÃO WEB - 24 de Outubro de 2014

Figura 5.9: Tela Principal do Ambiente “Professor” com Lista de Prova.

Fonte: Autoria própria.

O usuário deve clicar em uma das provas, exibida na listagem já citada, para acessar seus recursos. Ao acessar a tela de “Recursos da Prova”, vários recursos e informações são habilitados, sendo eles: i) Gabarito; ii) Cartão-Resposta; iii) Leitura de Cartão-Resposta; iv) Respostas; e v) Prova Formatada; como

demonstrado na parte inferior da Figura 5.10. Estes recursos serão abordados respectivamente nas seções 5.1.1.2.1, 5.1.1.2.2, 5.1.1.2.3, 5.1.1.2.4 e 5.1.1.2.5.

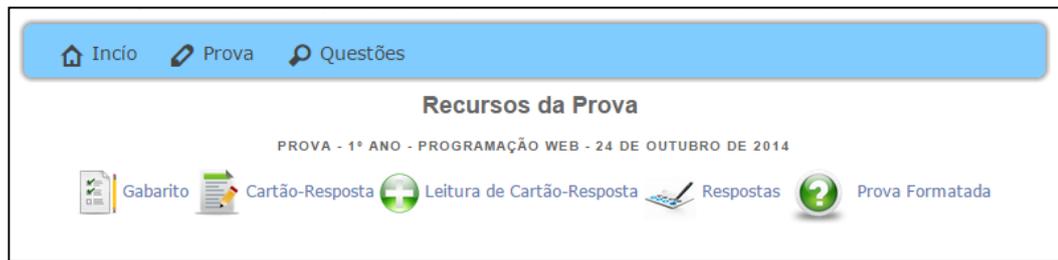


Figura 5.10: Tela de “Recursos da Prova”.
Fonte: Autoria própria.

5.1.1.2.1 Gabarito

Logo que a prova é criada, seu gabarito é disponibilizado pelo sistema. Para acessar o gabarito da prova, o usuário deve acessar a tela de “Recursos da Prova” e clicar no botão “Gabarito”. Cabe ressaltar que o sistema fornece duas formas de visualização do gabarito na mesma tela. A primeira é através da representação das marcações corretas em um cartão-resposta. Enquanto que a segunda é por meio do valor correspondente da alternativa correta. A tela de “Gabarito do Cartão-Resposta” com as duas opções de visualização pode ser examinada na Figura 5.11.

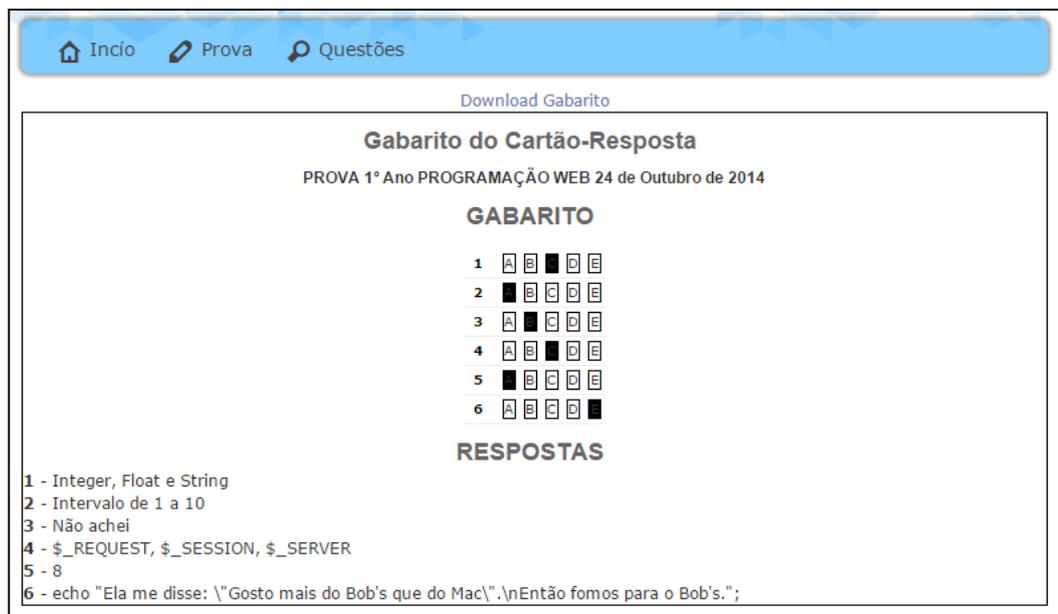


Figura 5.11: Tela de “Gabarito do Cartão-Resposta”.
Fonte: Autoria própria.

Na tela de “Gabarito do Cartão Resposta” é possível fazer o *download* do cartão-resposta em “PDF¹”. Para tanto, o usuário deve clicar no *link* “Download Gabarito” na parte superior da tela. No APÊNDICE D é possível verificar o arquivo do gabarito baixado do sistema no formato “PDF”.

5.1.1.2.2 Cartão-resposta

O cartão-resposta é criado de acordo com os tipos de questões da prova, ou seja, têm-se cartões dinâmicos com questões de cinco de alternativas e questões de verdadeiro/falso. Para acessar o cartão-resposta da prova, o usuário deve acessar a tela de “Recursos da Prova” e clicar botão “Cartão-Resposta”. Na Figura 5.12 pode ser analisada a tela de “Cartão-Resposta”.

Download [Cartão Resposta](#)

Cartão-Resposta

PROVA 1º Ano PROGRAMAÇÃO WEB 24 de Outubro de 2014

SIG-Prova

Curso: Técnico de Informática	Turma: 1º Ano	Valor: 7
Docente: Gabriel	Disciplina: PROGRAMAÇÃO WEB	Data: 24 de Outubro de 2014
Matrícula:	Assinatura:	

Respostas

1	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E
2	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E
3	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E
4	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E
5	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E
6	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E

Figura 5.12 – Tela de “Cartão-Resposta”.

Fonte: Autoria própria.

Assim como na tela de “Gabarito do Cartão-Resposta”, a tela de “Cartão-Resposta” oferece ao usuário a opção de realizar o *download* do cartão no formato “PDF”. Para tal fim, o usuário deve clicar no *link* “Download Cartão-Resposta” na parte superior desta tela.

¹ PDF é o acrônimo de *Portable Document Format* que em português significa Formato de Documento Portátil.

5.1.1.2.3 Leitura de Cartão-Resposta

Para realizar a correção das provas é preciso efetuar a leitura dos cartões-respostas. A leitura dos cartões é dividida em quatro etapas. O fluxo destas etapas é apresentado na Figura 5.13.

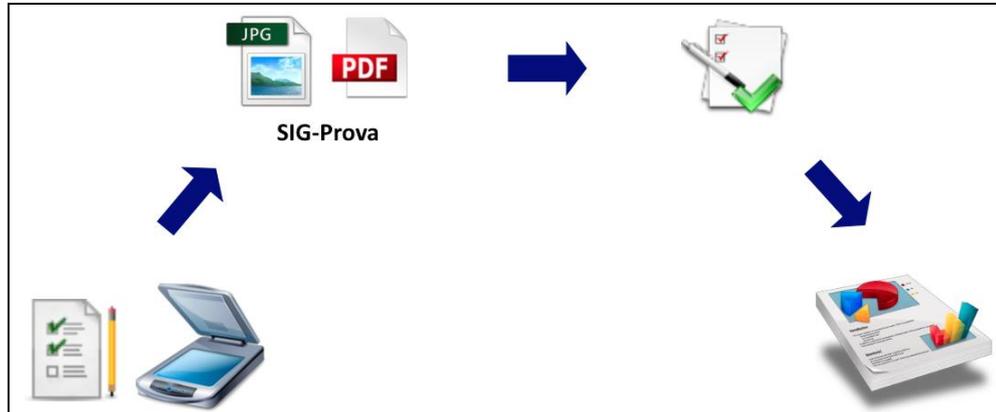


Figura 5.13: Fluxo de Leitura dos Cartões-Respostas.

Fonte: Autoria própria.

Na primeira etapa, única que é externa ao sistema, o usuário precisa digitalizar os cartões-respostas usando uma resolução de 300 dpi². Neste trabalho utilizou-se a impressora multifuncional laser, Marca Hewlett Packard (HP) e Modelo LaserJet Pro MFP M521dn (HEWLETT PACKARD, 2015). Esta impressora realiza digitalização de documentos em lote, ou seja, colocam-se todos os cartões-respostas em sua bandeja e um único arquivo no formato “PDF” é criado com todos estes cartões.

Na segunda etapa, o usuário necessita importar o arquivo criado pela impressora para o sistema. Para tanto, o usuário deve acessar a tela de “Recursos da Prova” e clicar botão “Leitura de Cartão-resposta”. Posteriormente, a tela de importação de arquivo é exibida, como se pode verificar na Figura 5.14. Nesta tela, o usuário deve clicar no botão “Escolher arquivo” e selecionar uma imagem ou o arquivo no formato “PDF” com os cartões-respostas. A seguir, o usuário deve clicar no botão “Upload” para enviar o arquivo para o sistema.

² DPI é o acrônimo de *dots per inch* que em português significa pontos por polegada.

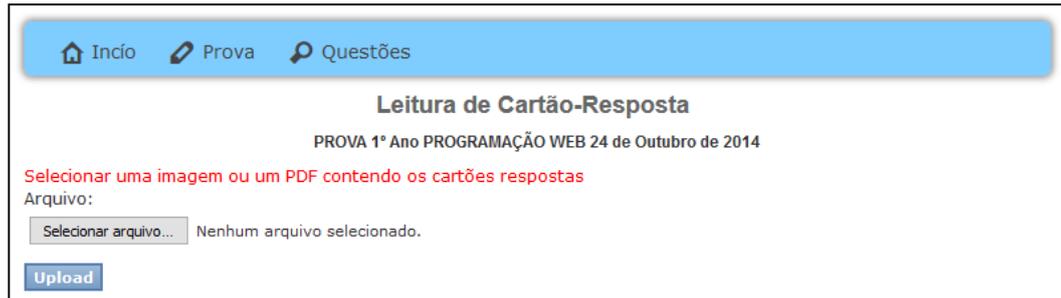


Figura 5.14: Tela de “Leitura de Cartão-Resposta”.

Fonte: Autoria própria.

Na terceira etapa, o sistema analisa o arquivo importado. E na quarta e última etapa, com base na análise do arquivo importado, o sistema realiza a comparação de cada cartão-resposta com gabarito.

5.1.1.2.4 Respostas

Após a leitura de cartões-respostas, o sistema disponibiliza todos os cartões-respostas corrigidos. Para isto, o usuário deve acessar a tela de “Recursos da Prova” e clicar botão “Respostas”. Na Figura 5.15 pode ser verificada a tela de “Cartões-Respostas Corrigidos”.

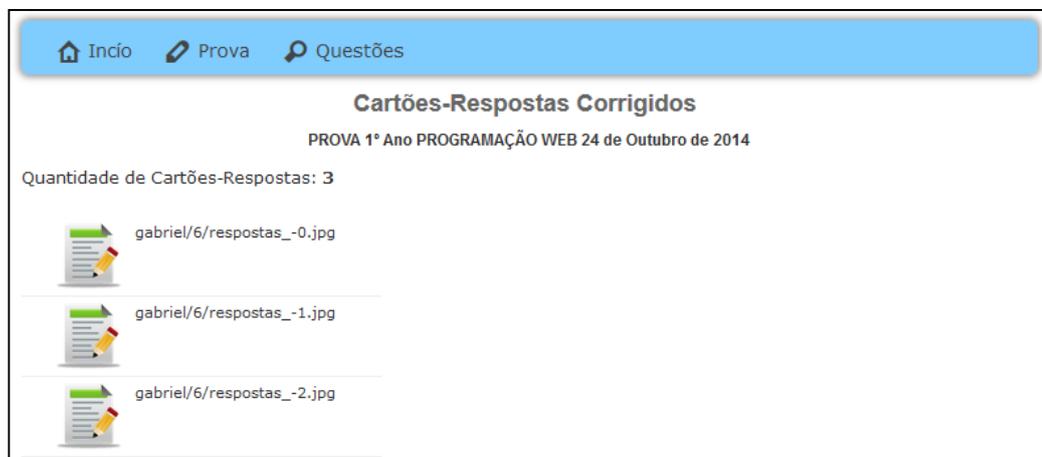


Figura 5.15: Tela de “Cartões-Respostas Corrigidos”.

Fonte: Autoria própria.

A tela de “Cartões-Respostas Corrigidos” exibe três informações, são elas: descrição da prova, “Quantidade de Cartões-Respostas” corrigidos e uma lista com estes cartões. Nesta tela, o usuário pode selecionar um dos cartões para visualizar os detalhes do mesmo. Para isto, o usuário deve clicar sobre um determinado cartão.

A Figura 5.16 apresenta a tela de “Detalhamento de Cartão-Resposta” corrigido. Esta tela contém diversas informações do cartão selecionado, são elas: “Aluno”, “Total de Pontos” e a lista das questões informando as corretas, com um “V” na cor verde, e as incorretas, com um “X” na cor vermelha. Além destas

informações, são exibidos alguns botões, sendo eles: “Revisar”, “Editar” e “Visualizar”.

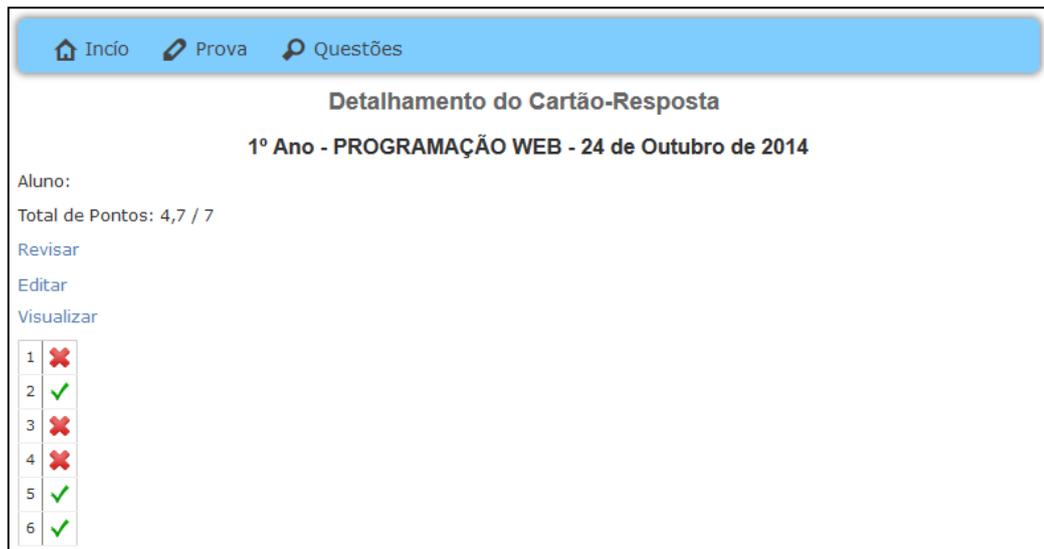


Figura 5.16: Tela de “Detalhamento de Cartão-Resposta”.

Fonte: Autoria própria.

Na tela de “Detalhamento de Cartão-Resposta”, o usuário pode revisar o cartão-resposta. Para tanto, o usuário deve clicar no botão “Revisar”. A tela de “Revisão do Cartão-Resposta” é apresentada na Figura 5.17. Nesta tela são exibidas todas as questões respondidas, informando quais estão corretas e quais estão erradas. Estas últimas apontam ainda a alternativa correta.

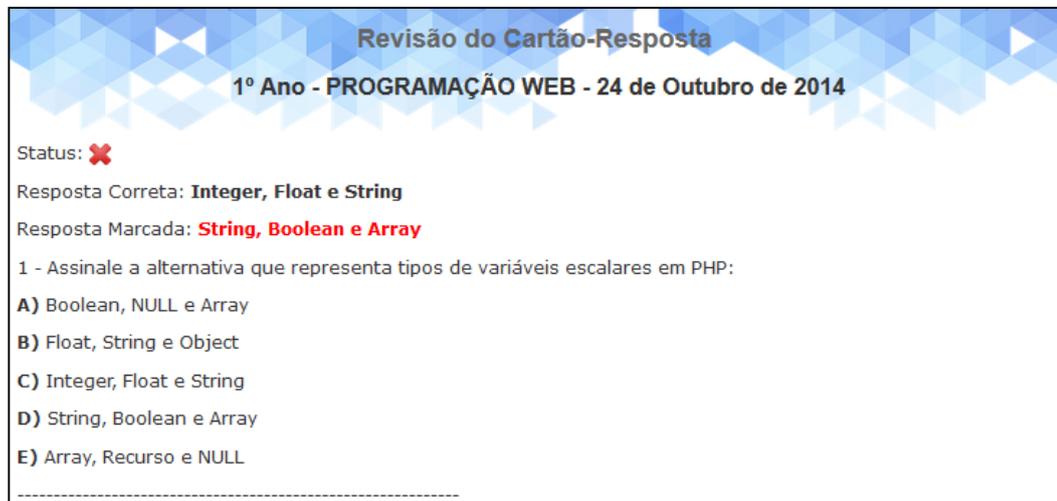


Figura 5.17: Tela de Revisão de Cartão-Resposta Corrigido.

Fonte: Autoria própria.

O usuário também tem a opção de editar o cartão-resposta. Para isto, o usuário deve clicar no botão “Editar”. A tela de “Edição do Cartão-Resposta” corrigido pode ser verificada na Figura 5.18. Nesta tela algumas opções são mostradas, são elas: “Aluno”, “Imagem” e “Liberado”.

No campo “Aluno”, o usuário deve selecionar o nome do aluno que respondeu o cartão-resposta. Já no campo “Imagem”, o usuário pode visualizar o

cartão-resposta respondido pelo aluno, ou clicar no botão “Escolher arquivo”, para selecionar manualmente um novo arquivo com o cartão-resposta. Enquanto que no campo “Liberado”, o usuário deve marcá-lo para liberar a visualização do cartão-resposta no ambiente “Aluno” ou deixá-lo desmarcado para o efeito contrário.

Figura 5.18: Tela de “Edição do Cartão-Resposta”.

Fonte: Autoria própria.

De mesmo modo, o usuário pode visualizar o cartão-resposta corrigido comparando-o com o gabarito. Para tal, o usuário deve clicar no botão “Visualizar”. A tela de “Visualização do Cartão-Resposta” pode ser observada na Figura 5.19.

Curso: Técnico de Informática	Turno: 1ª Informática	Valor: 7
Docente: Gabriel Rocha	Disciplina: Programação Web	Data: 24 de Outubro de 2014
Matrícula:	Assinatura:	

	A	B	C	D	E
1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E

Figura 5.19: Tela de “Visualização do Cartão-Resposta”.

Fonte: Autoria própria.

5.1.1.2.5 Prova Formatada

Para realizar a impressão das provas é necessário visualizá-las. Para tanto, o usuário deve acessar a tela de “Recursos da Prova” e clicar botão “Provas Formatadas”. A tela de “Visualização de Prova Formatada” é apresentada na Figura 5.20.

[Download Prova](#)

Visualização de Prova Formatada

1º Ano - PROGRAMAÇÃO WEB - 24 de Outubro de 2014

SIG-Prova

Curso: Técnico de Informática	Turma: 1º Ano	Valor: 7
Docente: Gabriel	Disciplina: PROGRAMAÇÃO WEB	Data: 24 de Outubro de 2014
Matrícula:	Assinatura:	

1 - Assinale a alternativa que representa tipos de variáveis escalares em PHP:

A) - Boolean, NULL e Array
 B) - Float, String e Object
 C) - Integer, Float e String
 D) - String, Boolean e Array
 E) - Array, Recurso e NULL

2 -
 De acordo com o trecho de código escrito na linguagem em PHP:

```

$i = 0;
while(1) {
    if($i == 10)
        break;
    echo ++$i . "\n";
}
  
```

O resultado deste código irá retornar:

A) - Intervalo de 1 a 10

Figura 5.20: Tela de “Visualização da Prova Formatada”.

Fonte: Autoria própria.

Na tela de “Visualização de Prova Formatada”, o usuário também tem a opção de realizar o *download* da prova. Para tal fim, o mesmo deve clicar no *link* “Download Prova” na parte superior da tela.

5.1.2 Ambiente “Aluno”

O ambiente “Aluno” é constituído de quatro funções, são elas: i) Lista de Cartões-Respostas; ii) Detalhamento do Cartão-Resposta; iii) Revisão do Cartão-Resposta; e iv) Visualização do Cartão-Resposta.

Para acessar o ambiente “Aluno”, o usuário deve inserir suas credenciais na tela de “Autenticação”, mesma em ambos os ambientes, já demonstrada na Figura 5.1, e clicar no botão “Enviar”. Posteriormente, a tela principal do ambiente “Aluno” é apresentada, conforme demonstrada na Figura 5.21.



Figura 5.21: Tela Principal do Ambiente “Aluno”.

Fonte: Autoria própria.

Esta tela é composta por três botões e uma lista de cartões-respostas. Os botões “Voltar”, “Avançar” e “Logout”, possuem as mesmas funções descritas na tela principal do ambiente “Professor”. Enquanto que a lista de cartões-respostas é exibida na medida em que os cartões são vinculados ao aluno e liberado, na tela de “Edição do Cartão-Resposta”, no ambiente “Professor”, já exposta na Figura 5.18.

5.1.2.1 Correção de Cartão-Resposta

Os cartões-respostas, vinculados ao aluno e que são liberados, são exibidos na lista da tela principal do ambiente “Aluno”. Para verificar as informações detalhadas de um determinado cartão-resposta, o usuário deve clicar sobre o mesmo.

Posteriormente, a tela de “Detalhamento do Cartão-Resposta” é aberta, como pode ser verificado na Figura 5.22. Esta tela possui quatro informações, sendo elas: descrição da prova, “Aluno”, “Total de Pontos” e lista das questões informando as corretas e as incorretas. Além destas informações, há mais dois botões, são eles: “Revisar” e “Visualizar”.

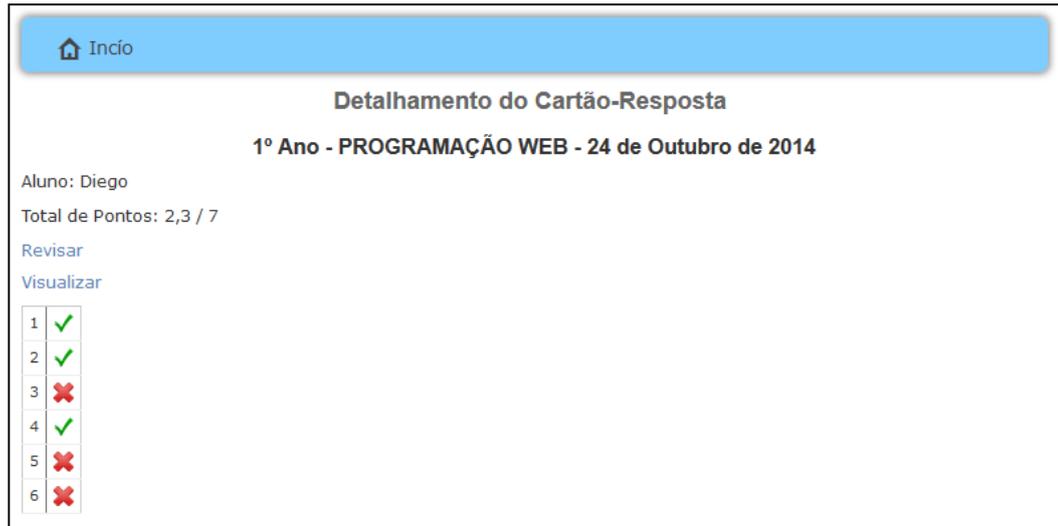


Figura 5.22: Tela de “Detalhamento do Cartão-Resposta”.
Fonte: Autoria própria.

Na tela de “Detalhamento de Cartão-Resposta” é possível realizar uma revisão do cartão e visualização o cartão-resposta e compará-lo com o gabarito. O funcionamento de ambas as funções é a mesma do ambiente professor, como foi apresentado na Seção 5.1.1.2.4.

5.2 VALIDAÇÃO DO SISTEMA

A validação do sistema foi dividida em duas etapas, são elas: criação da prova e correção da prova. Na criação da prova foram testados, através de *scripts*, dois algoritmos desenvolvidos. Já na correção da prova foi realizado um estudo de caso de um processo seletivo.

5.2.1 Criação da Prova

Para validar a criação da prova, foram desenvolvidos e testados dois algoritmos. No primeiro, foram utilizados os princípios do Algoritmo Genético (AG). Já no segundo foi criada uma nova heurística denominada “BR”. Cabe ressaltar que, estes dois algoritmos, detalhados respectivamente nas seções 5.2.1.1 e 5.2.1.2, foram desenvolvidos com a finalidade de comparar seus resultados e assim selecionar o mais adequado para o sistema.

Para realizar os testes nos algoritmos, duas bases de dados foram “alimentadas” aleatoriamente, através do *script* apresentado no APÊNDICE E. Uma das bases contém as questões e outra as requisições de provas. O *script* foi executado em um computador com as configurações descritas no Quadro 5.3.

Hardware	Configuração
Processador	2,5 GHz Intel Core i5
Modelo	Macbook Pro Mid 2012
Sistema de arquivos	HFS+
Memória RAM	16 GB 1600 MHz DDR3
HD	250 GB SSD
Placa de Vídeo	Intel HD Graphics 4000 1024 MB
Sistema Operacional	MACOS X Yosemite 10.10.3

Quadro 5.3: Configuração do Computador Utilizado.

Fonte: Autoria própria.

A base de questões foi “alimentada” com 100 questões. Cada questão foi estruturada com os campos, considerados mais relevantes, sendo eles: “id”, “nivel_dificuldade”, “vezes_utilizadas” e “id_conteudo” que a mesma foi atrelada. Estes campos foram selecionados para automatizar os testes, uma vez que a estrutura desenvolvida para ambos os algoritmos, não necessitam de todos os campos da questão, como por exemplo, o campo “Enunciado”. No APÊNDICE F podem ser examinados os valores das questões criadas pelo *script*.

Já a base de requisições de provas foi “alimentada” com 20 provas. Cada requisição foi estruturada também com os campos mais importantes, são eles: “quantidade_questão” e “nivel_prova”, este último variando entre 50 e 100 em intervalos de 10 em 10. Na Tabela 5.1 podem ser verificados os valores das requisições de provas.

Tabela 5.1: Requisições de Provas

Nível da Prova	Qtde de Questões
100	19
50	3
80	3
100	4
50	6
100	8
70	9
50	9
90	10
70	11
50	14
90	16
80	16
60	17
70	18
80	18
60	19
100	19

70	20
70	20

Fonte: Autoria própria.

5.2.1.1 Algoritmo Genético

O Quadro 5.4 exibe o tempo que foi necessário para realizar todas as requisições e selecionar as melhores questões para cada prova utilizando o AG desenvolvido. Neste quadro são apresentados três campos. O primeiro deles, “real”, corresponde ao tempo total de processamento, da sua criação até a destruição do processamento do *script*. O segundo, “user”, representa o tempo gasto de chamada do sistema em modo usuário. Por fim, o terceiro, “sys”, equivale ao tempo do processamento em modo *kernel*.

Tempo de Processamento	
“real”	5 minutos e 23,12 segundos
“user”	5 minutos e 21,69 segundos
“sys”	0,93 segundos

Quadro 5.4: Tempo de Processamento do *Script* do AG.

Fonte: Autoria própria.

A soma do nível das questões, na maioria das vezes, não atingiu o alvo definido pelo cálculo da função objetivo. Na base de dados com 100 questões, gerada aleatoriamente, apenas duas ficaram com o campo “vezes_utilizadas” zerado, ou seja, é como se as questões nunca foram usadas anteriormente. Sendo assim, o somatório de vezes utilizadas foi relativamente alto, e esse valor tendia a subir conforme a quantidade de questões aumentasse. A Figura 5.23 apresenta um gráfico com a relação das provas segundo o alvo atingido do cálculo da função objetivo criadas pelo AG.

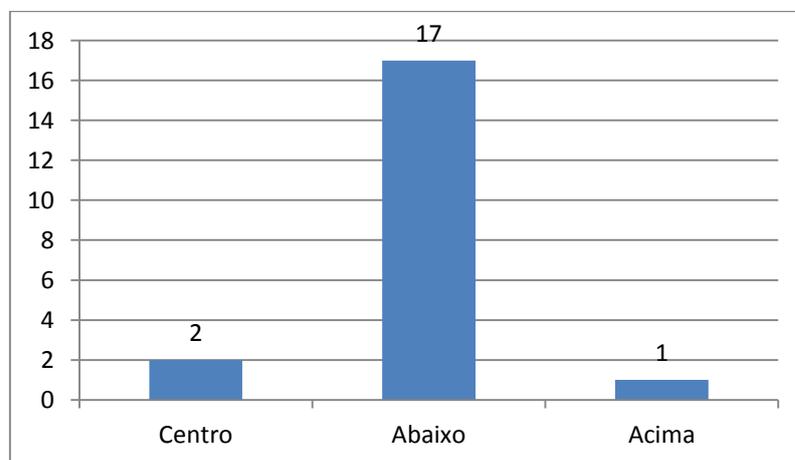


Figura 5.23: Relação das Provas Segundo o Cálculo da Função Objetivo do AG.

Fonte: Autoria Própria.

Nota-se por meio deste gráfico que a maioria das provas criadas pelo AG não atingiram o alvo do cálculo da função objetivo. Das 20 provas criadas, apenas duas (10%) atingiram o alvo, e das outras 18, uma (5%) ficou acima e 17 (85%) abaixo. Todas as provas usadas neste teste podem ser examinadas no APÊNDICE G.

5.2.1.2 Heurística BR

No Quadro 5.5 pode ser observado os tempos necessários para realização da execução das requisições, assim como a seleção das questões mais adequadas para cada prova através do BR desenvolvido. Cabe destacar que, os parâmetros usados neste quadro são os mesmos detalhados anteriormente no Quadro 5.4.

Tempo de Processamento	
“real”	0,09 segundos
“user”	0,03 segundos
“sys”	0,01 segundos

Quadro 5.5: Tempo de Processamento do *Script* do BR.
Fonte: Autoria própria.

Devido aos critérios utilizados para o desenvolvimento do BR, as provas criadas, na maior parte das vezes, alcançaram o total de pontos definido como alvo pela função objetivo. Com este alcance, o somatório das vezes utilizadas subiu relativamente, mesmo com a utilização de uma função específica para selecionar somente as questões que tiveram o menor valor no campo “vezes_utilizadas”. A relação entre as provas criadas que atingiram o alvo da função objetivo geradas pelo BR é exibido no gráfico ilustrado na Figura 5.24.

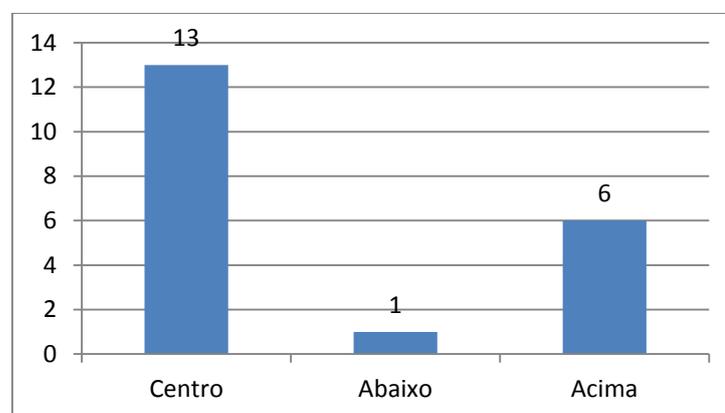


Figura 5.24: Relação das Provas Segundo o Cálculo da Função Objetivo do BR.
Fonte: Autoria Própria.

Constata-se através deste gráfico que nem todas as provas criadas alcançaram o alvo do cálculo da função objetivo. Em um total de 20 provas, 13 (65%) alcançaram o alvo, e das outras sete, uma (5%) ficou abaixo e seis (30%) acima do alvo. No APÊNDICE H podem ser verificadas as provas geradas para o teste do algoritmo BR.

5.2.1.3 Algoritmo Genético *Versus* BR

O BR realizou o processo de criação das provas em aproximadamente 0,09 segundos, tempo expressivamente mais baixo que o do AG, que realizou o mesmo processo em cerca de 5 minutos e 23,12 segundos, tendo uma diferença em torno de 5 minutos e 23,03 segundos. No BR não foi necessário à utilização do critério de parada por limite de gerações empregado no AG, devido ao seu fluxo único de funcionamento, e este fator foi decisivo para essa disparidade entre os tempos de ambos os algoritmos.

Além do tempo, outro fator deve ser destacado, as questões que atingiram o alvo do cálculo da função objetivo. O BR foi muito superior com 65% das provas criadas atingindo o alvo da função objetivo, contra apenas 10% do AG, conforme pode ser observado no gráfico ilustrado na Figura 5.25.

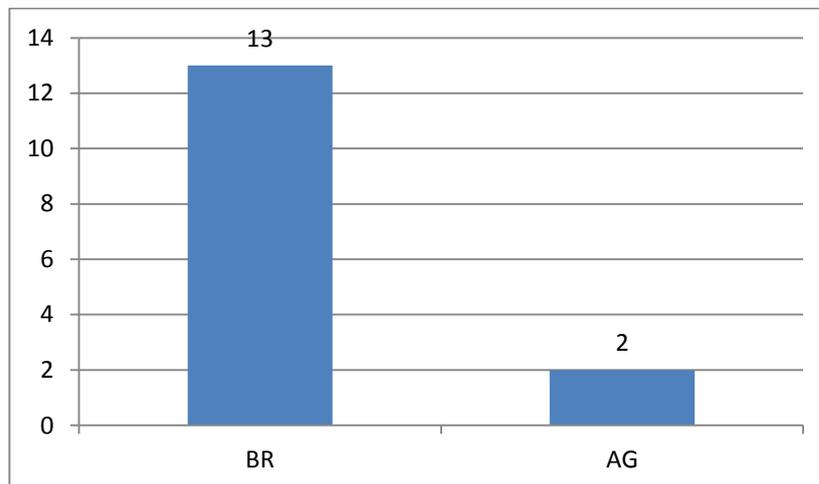


Figura 5.25: Comparação das Provas que Atingiram o Alvo da Função Objetivo do BR e AG.
Fonte: Autoria Própria.

Contudo, cabe ressaltar que, o AG foi mais eficiente no que se refere ao somatório de vezes utilizadas das questões na criação das provas. No AG o alvo da função objetivo foi atingido poucas vezes, e o somatório de vezes utilizadas das questões foi reduzido. Em contrapartida, o BR atingiu o alvo da função objetivo na maior parte das vezes e de mesma forma teve o somatório de vezes utilizadas das

questões elevada. A partir destas informações, o BR foi considerado o algoritmo mais adequado para criação de provas e foi implementado no SIG-Prova.

5.2.2 Correção da Prova

Para validar a correção das provas, foi realizado um estudo de caso constituído de uma análise comparativa, entre o processo manual de correção de provas e o processo automatizado, através do SIG-Prova.

No que se refere à correção das provas, no processo manual, 124 foram corrigidas em 72 minutos e 58 segundos. O APÊNDICE I apresenta em detalhes o tempo de correção de cada prova. Já o processo automático, foi concluído em 3 minutos e 56 segundos. A comparação do tempo de correção das provas, em ambos os processos, pode ser examinado no gráfico exibido Figura 5.26.

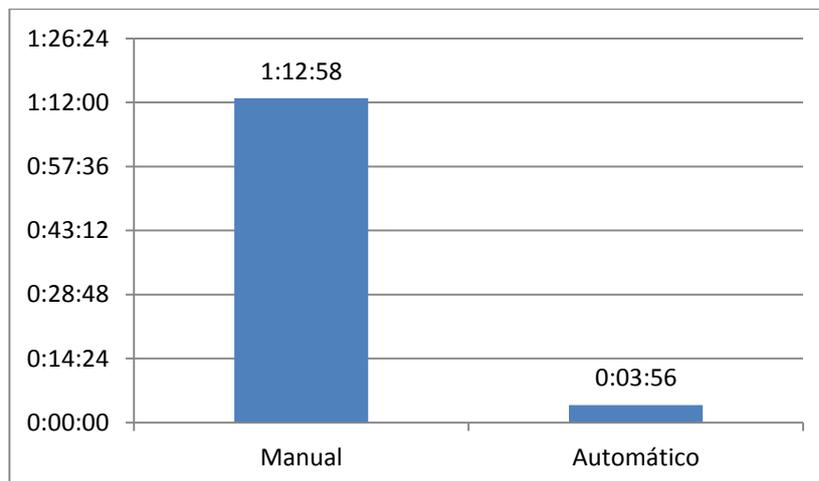


Figura 5.26: Comparação do tempo de correção das provas.
Fonte: Autoria própria.

Por meio deste gráfico é possível notar a diferença entre os processos, que totalizou 69 minutos e 2 segundos, ou seja, aproximadamente 95% de minimização de tempo empregado no processo manual.

Cabe ressaltar que, no processo manual, este tempo não levou em consideração o cálculo do resultado final das provas e o relatório com nomes e resultados finais dos alunos, dados estes, gerados automaticamente pelo sistema. Destaca-se ainda que, 100% das provas obtiveram êxito no processo de correção automática através do SIG-Prova.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma ferramenta computacional *online* de gestão de Provas Escritas Objetivas (PEO) foi o objetivo desta dissertação. Pode-se concluir que o objetivo foi alcançado, na medida que foi apresentado um sistema com todas as funções pretendidas, no qual a validação do mesmo foi norteada corretamente, atestando sua eficiência e eficácia.

No que diz respeito à criação das PEO's, desenvolveu-se dois algoritmos, AG e BR. Gerou-se dois *scripts*, com propósito de “alimentar” a base de dados, um para criação das questões objetivas e outro para requisição de PEO's. Posteriormente, os dois algoritmos foram testados e comparados, quanto ao critério de tempo de execução, vezes utilizadas das questões e vezes que alcançaram o alvo do cálculo da função objetivo. Nos critérios comparados, apurou-se que o algoritmo BR foi o mais adequado.

Já com relação à correção das PEO's, pode-se averiguar que, o SIG-Prova, obteve larga vantagem em relação ao processo de correção manual, principalmente, no que se concerne ao tempo utilizado para realizar as correções e a erros humanos que podem ser cometidos durante o processo. Deve-se ressaltar ainda que, em relação ao tempo de correção do processo manual, não foi levado em consideração o tempo gasto no cálculo do resultado final e o relatório com as informações dos alunos, que são gerados automaticamente pelo sistema proposto.

Por fim, o IFF, pode englobar ao seu arcabouço uma ferramenta computacional *online* para gestão de provas, que contribui tanto para professores, quanto para alunos. No que tange os professores, o SIG-Prova coopera com o intercâmbio de conhecimentos entre os mesmos, uma vez que, as questões objetivas podem ser criadas por diversos professores de uma determinada área e

utilizada em qualquer prova. O sistema proposto também colabora de modo a organizar, agilizar e evitar erros humanos na criação e correção de PEO's. Já no tocante aos alunos, O SIG-Prova disponibiliza o detalhamento de todos os cartões-respostas do mesmo, fornecendo opções de visualizar e revisar estes cartões. Evidencia-se também que, a maioria dos alunos do IFF, seja de ensino médio ou superior, prestam PEO's, principalmente no ENEM e ENADE, sendo o sistema proposto, uma forma de familiarizá-los com estes tipos de provas.

6.2 CONTRIBUIÇÕES

Uma contribuição deixada por este trabalho é o estudo bibliométrico de produções científicas dos sistemas de criação e correção de provas, que auxiliou na identificação das técnicas mais adequadas a serem utilizadas no desenvolvimento do sistema proposto.

Outras contribuições foram os três principais algoritmos desenvolvidos no SIG-Prova, são eles: AG, BR e OMR. O primeiro, AG e o segundo tiveram como finalidade selecionar as questões objetivas na base de dados do sistema proposto para criar as PEO's. Já o segundo, BR, teve o mesmo propósito do primeiro. Enquanto que o terceiro, OMR, teve como objetivo reconhecer marcas no cartão-resposta a fim de corrigi-los.

Finalmente, a contribuição de maior relevância foi o desenvolvimento do SIG-Prova, que possui interface intuitiva e simples, com funções que vão desde criar questões até corrigir provas objetivas no ambiente "Professor" e de detalhar a correção destas no ambiente "Aluno".

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Uma vertente relevante para esta pesquisa é a ampliação do SIG-Prova, incluindo diversas funções vinculadas à gestão educacional, como agendamento de provas e administração de diários, de modo a promovê-lo à um sistema integrado educacional *online*.

Outra vertente, é a implementação do método estatístico da Teoria da Resposta ao Item (TRI), método este que já é utilizado com sucesso pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) há alguns anos. Nesta versão do SIG-Prova, o professor quando cadastra a questão, associa-lhe um nível de dificuldade, contudo, o método TRI automaticamente altera os níveis das questões conforme os números

de acertos das mesmas, seguindo o princípio de quanto mais acertadas mais fáceis e vice-versa.

6.4 PUBLICAÇÕES

Até a presente data da escrita deste trabalho, cinco produções científicas foram publicadas entre 2014 e 2015. Uma delas em conferência internacional, duas em nacional e as outras duas em municipal. Estas produções podem ser examinadas no Quadro 6.1.

Autores	Tipo de Conferência	Referência
ROCHA, G. N. M. DA et al.	Municipal	ROCHA, G. N. M. DA et al. Uma proposta de sistema integrado educacional: módulo de correção automática de exames impressos com questões de múltiplas escolhas. In: I CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - CONEPE. Campos dos Goytacazes – RJ: 2014
ROCHA, G. N. M. DA et al.	Municipal	ROCHA, G. N. M. DA et al. SIG-Prova - módulo de correção automática de provas: uma análise comparativa. In: II CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - CONEPE. Campos dos Goytacazes – RJ: 2015
SALES, D. DA S.; ROCHA, G. N. M. DA; MORAIS, M. D. DE.	Internacional	SALES, D. DA S.; ROCHA, G. N. M. DA; MORAIS, M. D. DE. Uma proposta de Software Web para Elaborar e Corrigir Avaliações Impressas com Questões de Múltipla Escolha. In: CONFERÊNCIA IBERO-AMERICANA COMPUTAÇÃO APLICADA - CIACA. Porto - Portugal: 2014
SALES, D. DA S.; ROCHA, G. N. M. DA; MORAIS, M. D. DE.	Nacional	SALES, D. DA S.; ROCHA, G. N. M. DA; MORAIS, M. D. DE. Uma proposta de desenvolvimento de software web para elaboração e correção de exames com questões de múltipla escolha. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL - SBPO. Salvador - BA: 2014
SALES, D. DA S.; ROCHA, G. N. M. DA; MORAIS, M. D. DE.	Nacional	SALES, D. DA S.; ROCHA, G. N. M. DA; MORAIS, M. D. DE. O uso de algoritmo genético no problema de seleção de questões de múltipla escolha. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL - SBPO. Salvador - BA: 2014

Quadro 6.1: Artigos publicados no ano de 2014 e 2015.

Fonte: Autoria própria.

REFERÊNCIAS

- BASTOS, A. A. **Prova um instrumento de pesquisa ou de avaliação**. Monografia de Pós-Graduação Latu Sensu, Rio de Janeiro - RJ: Universidade Candido Mendes - UCAM. Recuperado maio 28, 2015, de <http://www.avm.edu.br/monopdf/1/ADRIANA%20ALC%C3%82NTARA%20BASTOS.pdf>, 2007.
- CANFLONE, A. R. L.; TRONCON, L. E. DE A.; RODRIGUES, M. DE L. V.; FIGUEIREDO, J. F. DE C. **Recomendações para a Elaboração de Testes de Múltipla Escolha**. . . Publicação de Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP. Recuperado maio 28, 2015, de https://www.ufpe.br/medicina/images/Textos_recomendados/recomendacoes_para_a_elaboracao_de_testes_de_multipla_escolha.pdf, 1994.
- CHENG, S.-C.; LIN, Y.-T.; HUANG, Y.-M. Dynamic question generation system for web-based testing using particle swarm optimization. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 1, p. 616–624. Recuperado junho 8, 2015, , 2009.
- COSTA, H. G. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. **Revista da FAE**, v. 13, n. 1, p. 115–126, 2010.
- DEPRESBITERIS, L. **Avaliação da aprendizagem: revendo conceitos e posições** (C. P. Sousa, Org.). 6º ed., v. Avaliação do rendimento escolar. Campinas - SP: Papyrus, 1997.
- ELSEVIER, B. V. Base de Dados Scopus. **Pesquisa Científica**. Recuperado agosto 1, 2015, de <http://www-scopus-com.ez24.periodicos.capes.gov.br/>, 2015.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital image processing. **Beijing: Publishing House of Electronics Industry**, 2008.
- HEWLETT PACKARD. Impressoras Multifuncionais laser para escritórios: HP LaserJet Pro MFP M521dn. . Recuperado agosto 31, 2015, de <http://www8.hp.com/br/pt/products/printers/product-detail.html?oid=5281276>, 2015.
- HUSSMANN, S.; CHAN, L.; FUNG, C.; ALBRECHT, M. Low-cost and high-speed optical mark reader based on an intelligent line camera</title> In: D. P. Casasent; T.-H. Chao (Orgs.); . p.200–208. doi: 10.1117/12.484827, 2003.

HUSSMANN, S.; DENG, P. W. A high-speed optical mark reader hardware implementation at low cost using programmable logic. **Real-Time Imaging**, v. 11, n. 1, p. 19–30. doi: 10.1016/j.rti.2005.03.001, 2005.

HU, X.-M.; ZHANG, J.; CHUNG, H. S.-H.; LIU, O.; XIAO, J. An Intelligent Testing System Embedded With an Ant-Colony-Optimization-Based Test Composition Method. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews**, v. 39, n. 6, p. 659–669. doi: 10.1109/TSMCC.2009.2021952, 2009.

İLKIN, S.; ŞAHİN, S. Edge detection and reduction of brightness of students' bubble form images. Sixth International Conference on Graphic and Image Processing (ICGIP 2014). **Anais...** . p.94430F–94430F. International Society for Optics and Photonics. Recuperado junho 8, 2015, de <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2195620>, 2015.

KRUGER, C.; PINHEIRO, R. S. **Aplicação de Questões Objetivas e Discursivas em Avaliação da Disciplina de Química no Ensino Médio - um Estudo de Casa**. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Química, Pato Branco - PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Recuperado maio 28, 2015, de http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/892/1/PB_COQUI_2012_2_02.PDF, 2013.

LACERDA, E. G. M. DE; CARVALHO, A. C. P. L. F. DE. **Sistemas inteligentes aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais: Introdução aos Algoritmos Genéticos**. Porto Alegre - RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), 1999.

LAGE, A. L. D.; BICALHO, A. S. N.; PEREIRA, C. A.; et al. Guia de Elaboração e Revisão de Questões e Itens de Múltipla Escolha. . . Publicação do Governo do Estado de Minas Gerais. Recuperado maio 27, 2015, de http://professor.ufop.br/sites/default/files/danielmatos/files/guia_de_elaboracao_e_revisao_de_questoes_e_itens_de_multipla_escolha.pdf, 2011.

LEVI, J. A.; SOLEWICZ, Y. A.; DVIR, Y.; STEINBERG, Y. Method of verifying declared identity in optical answer sheets. **Soft Computing**, v. 15, n. 3, p. 461–468. doi: 10.1007/s00500-009-0526-x, 2011.

LINDEN, R. **Algoritmos Genéticos (2a edição)**. Brasport, 2008.

MARQUES FILHO, O.; NETO, H. V. **Processamento digital de imagens**. Brasport. Recuperado abril 27, 2015, de <http://www.ppgia.pucpr.br/~facon/ComputerVisionBooks/1999LivroProcessamentoImagensDigital.pdf>, 1999.

MATIAS, I. O. O USO DO ALGORITMO GENÉTICO EM SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS. . COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Recuperado fevereiro 5, 2015, de

http://www.coc.ufrj.br/index.php/component/docman/doc_download/898-italo-de-oliveira-matias-doutorado?Itemid=, 2007.

PALLADINO M. A; W. S. K., Cummings M. R. ; Spencer C. A. **Conceitos de Genética**. Artmed, 2010.

PINTO, A. L. G. **Avaliação formal e informal da aprendizagem em sala de aula**, 1. v. 2. São Paulo - SP: Psico-USF, 1996.

POOR, D. D. **Image capture and storage techniques in association with optical mark reading**. Google Patents. Recuperado abril 28, 2015, de <https://www.google.com/patents/US5452379>, 1995.

RAMOS, N. Elaboração de provas objetivas. . . Publicação de Centro de Referência Virtual do Professor. Recuperado maio 28, 2015, de http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?id_projeto=27&ID_OBJETO=29759&tipo=ob&cp=000000&cb, 2006.

SEVERINO, M. M.; ROCHA, A. F.; NASCIMENTO, F. A. O.; VENEZIANO, W. H.; SANTOS, I. DOS. Metodologias para Avaliação em Engenharia Elétrica. . COBENGE. **Anais...** . Brasília - DF. Recuperado maio 27, 2015, de http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2004/artigos/02_349.pdf, 2004.

DA SILVA, L. B.; EURICO, T. S. Avaliação e Gestão Educacional: Fundamentos Históricos, Teóricos e Conceituais. **Conhecimento em Destaque**, v. 2, n. 1, 2013.

TANOMARU, J. Motivação, fundamentos e aplicações de algoritmos genéticos. II Congresso Brasileiro de Redes Neurais. p.373–403. Recuperado março 30, 2015b, de http://www.inf.ufrgs.br/~danielnm/ia/tutorial_ag.pdf, 1995.

THOMSON, R. Base de Dados Web of Science. **Pesquisa Científica**. Pesquisa Científica, . Recuperado agosto 1, 2015, de http://apps-webofknowledge.ez24.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=3Ewri9yPTZwTmkIKp&preferencesSaved=, 2015.

TIAN, X.; XIAO, R.; XIONG, Y.; FEI-QI, D. An Improved General Test Paper-generating Model and Its Intelligent Algorithm. **Journal of South China University of Technology (Natural Science)**, 2004.

URBAN, W. J. The black scholar and intelligence testing: The case of Horace Mann Bond. **Journal of the History of the Behavioral Sciences**, v. 25, n. 4, p. 323–334. doi: 10.1002/1520-6696(198910)25:4<323::AID-JHBS2300250403>3.0.CO;2-J, 1989.

VIANNA, D. S. ; SOUZA, F. D. ; Neto, A. J. S. ; LOBO, Rodrigo ; Silva, D. R. ; DIANIN, M. F. . Padronização de políticas de substituição para a ferramenta ToGAI. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2010, Bento Gonçalves. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2010. v. 1. p. 13-24.

WEB OF SCIENCE. Web of Science Core Collection Home. . Recuperado julho 15, 2015, de http://apps-webofknowledge.ez135.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=3AUjFIS293OeEitnKWf&preferencesSaved=, 2015.

YILDIRIM, M. A genetic algorithm for generating test from a question bank. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 18, n. 2, p. 298–305. Recuperado junho 25, 2014, , 2010.

APÊNDICE A - MODELO DE CARTÃO-RESPOSTA

SIG-Prova		
Curso: Técnico de Informática	Turmas: 3º Ano	Valor: 10
Docente: Gabriel Rocha	Disciplina: ADMINISTRAÇÃO DE SERVIDORES	Data: 28 de Agosto de 2015
Matrícula:	Assinatura:	

RESPOSTAS

■ ■

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

■ ■

Utilize somente caneta esferográfica azul ou preta;
 Faça marcas bem definidas observando o exemplo abaixo.
Forma correta de preenchimento
NÃO AMASSE, DOBRE, RASURE OU SUJE ESTA FOLHA

APÊNDICE C - CARTÃO-RESPOSTA COM MÚLTIPLAS COLUNAS DE RESPOSTAS

SIG-Prova		
Curso: Todos	Turma: Teste	Valor: 10
Docente: Gabriel Rocha	Disciplina: Teste	Data: 17 de Março de 2015
Matrícula:	Assinatura:	

RESPOSTAS

 	 	 	
1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	26 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	37 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	38 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	39 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	41 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	42 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	43 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	44 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	45 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	46 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	12 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	47 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
13 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	48 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	14 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	49 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
15 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	16 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	51 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
17 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	52 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	18 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	53 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
19 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	54 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	55 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
21 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	56 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	22 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	57 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
23 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	58 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	24 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	59 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
25 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	26 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
27 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		28 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
29 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		30 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
31 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		32 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
33 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		34 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
35 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		36 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
37 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		38 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
39 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		40 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

Utilize somente caneta esferográfica azul ou preta;
 Faça marcas bem definidas observando o exemplo abaixo.
Forma correta de preenchimento
NÃO AMASSE, DOBRE, RASURE OU SUJE ESTA FOLHA

APÊNDICE D - GABARITO GERADO NA EXTENSÃO “PDF”.

SIG-Prova		
		
Curso: Técnico em Informática	Turma: 2º Módulo	Valor: 10
Docente: Gabriel Rocha	Disciplina: Linguagem Web	Data: 31 de Agosto de 2015

GABARITO

1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

APÊNDICE E - SCRIPT DE CRIAÇÃO DE QUESTÕES E REQUISIÇÃO DE PROVAS

```
# -*- coding:utf-8 -*-
import random

def criar_base_questoes(quantidade_questoes):
    """ As questoes seguem a estrutura [id, nivel, vezes utilizadas, conteudo]"""
    return [[loop,
             random.randint(1, 5),
             random.randint(0, quantidade_questoes),
             random.randint(1, 10)]
            for loop in range(1, quantidade_questoes + 1)]

def criar_requisicao_prova(quantidade):
    """ As requisições seguem a estrutura [quantidade_questoes, nivel_prova]"""
    niveis = [50, 60, 70, 80, 90, 100]
    return [{'quantidade_questoes': random.randint(1, quantidade + 1),
            'nivel_prova': random.choice(niveis)}
            for loop in range(1, quantidade + 1)]

if __name__ == '__main__':
    arquivo = open("variaveis.py", 'w+')
    base_questoes = sorted(criar_base_questoes(100), key=lambda x: x[1])
    requisicoes = sorted(criar_requisicao_prova(20),
                        key=lambda x: x.values()[1])
    arquivo.write("base_questoes = %s" % str(base_questoes))
    arquivo.write("\n")
    arquivo.write("requisicoes = %s " % str(requisicoes))
    arquivo.close()
```

APÊNDICE F - QUESTÕES GERADAS PELO SCRIPT

Id	Nível	Vezes Utilizadas	Conteúdo
3	1	21	3
4	1	40	3
11	1	18	2
12	1	23	2
14	1	98	4
19	1	46	1
28	1	11	2
31	1	54	1
36	1	90	4
45	1	96	9
46	1	66	6
48	1	64	5
60	1	100	7
69	1	94	4
70	1	0	1
76	1	69	6
84	1	30	1
87	1	54	5
98	1	32	7
100	1	91	4
10	2	94	6
15	2	33	5
17	2	85	2
35	2	98	2
49	2	32	8
52	2	67	2
57	2	3	8
61	2	49	8
63	2	5	9
67	2	15	10
71	2	5	4
75	2	86	2
80	2	88	10
81	2	9	7
Cont.			

Id	Nível	Vezes Utilizadas	Conteúdo
82	2	50	7
86	2	71	3
93	2	36	3
1	3	84	1
2	3	45	1
5	3	34	5
7	3	76	1
8	3	19	6
9	3	67	3
13	3	31	7
24	3	87	4
27	3	16	5
29	3	23	2
34	3	32	3
38	3	54	2
40	3	99	8
43	3	45	4
44	3	24	7
50	3	98	6
54	3	85	1
55	3	16	10
65	3	70	5
73	3	0	8
74	3	21	6
89	3	86	1
97	3	42	4
18	4	14	3
21	4	73	5
22	4	57	2
23	4	99	7
30	4	84	1
37	4	56	10
26	4	80	9
39	4	40	1
Cont.			

Id	Nível	Vezes Utilizadas	Conteúdo
42	4	65	9
51	4	58	1
53	4	64	1
58	4	17	10
68	4	33	8
72	4	46	6
78	4	76	3
79	4	74	1
83	4	79	1
88	4	69	10
94	4	64	8
99	4	11	9
6	5	64	10
16	5	38	10
20	5	24	4
25	5	27	1
32	5	77	9
33	5	72	9
41	5	65	9
47	5	85	3
56	5	75	4
59	5	25	10
62	5	50	3
64	5	73	10
66	5	29	3
77	5	55	3
85	5	99	2
90	5	63	9
91	5	7	3
92	5	57	4
95	5	71	9
96	5	54	4

APÊNDICE G - PROVAS GERADAS PELO ALGORITMO GENÉTICO

Requisição	Quantidade De Questões	Nível Prova	Alvo	Ponto Obtidos	Veze Utilizada	Indivíduos	Geração
1	1	50	3	3	0	[73, 3, 0, 8]	10
2	3	50	8	6	3	[57, 2, 3, 8], [73, 3, 0, 8], [70, 1, 0, 1]	5
3	3	80	12	6	3	[73, 3, 0, 8], [57, 2, 3, 8], [70, 1, 0, 1]	5
4	4	100	20	11	10	[70, 1, 0, 1], [73, 3, 0, 8], [91, 5, 7, 3], [57, 2, 3, 8]	54
5	6	50	15	15	26	[73, 3, 0, 8], [71, 2, 5, 4], [63, 2, 5, 9], [81, 2, 9, 7], [18, 4, 14, 3], [67, 2, 15, 10]	12
6	8	100	40	20	54	[70, 1, 0, 1], [81, 2, 9, 7], [73, 3, 0, 8], [71, 2, 5, 4], [28, 1, 11, 2], [63, 2, 5, 9], [58, 4, 17, 10], [91, 5, 7, 3]	46
7	9	70	31	21	68	[63, 2, 5, 9], [71, 2, 5, 4], [28, 1, 11, 2], [70, 1, 0, 1], [81, 2, 9, 7], [27, 3, 16, 5], [73, 3, 0, 8], [91, 5, 7, 3], [67, 2, 15, 10]	58
8	9	50	23	20	75	[18, 4, 14, 3], [71, 2, 5, 4], [67, 2, 15, 10], [63, 2, 5, 9], [28, 1, 11, 2], [70, 1, 0, 1], [81, 2, 9, 7], [73, 3, 0, 8], [27, 3, 16, 5]	240
9	10	90	45	24	87	[81, 2, 9, 7], [27, 3, 16, 5], [67, 2, 15, 10], [71, 2, 5, 4], [28, 1, 11, 2], [91, 5, 7, 3], [70, 1, 0, 1], [63, 2, 5, 9], [73, 3, 0, 8], [8, 3, 19, 6]	856
10	11	70	39	26	90	[57, 2, 3, 8], [73, 3, 0, 8], [63, 2, 5, 9], [28, 1, 11, 2], [67, 2, 15, 10], [27, 3, 16, 5], [8, 3, 19, 6], [70, 1, 0, 1], [81, 2, 9, 7], [91, 5, 7, 3], [71, 2, 5, 4]	163
11	14	50	35	37	131	[57, 2, 3, 8], [8, 3, 19, 6], [63, 2, 5, 9], [91, 5, 7, 3], [73, 3, 0, 8], [71, 2, 5, 4], [70, 1, 0, 1], [81, 2, 9, 7], [99, 4, 11, 9], [55, 3, 16, 10], [28, 1, 11, 2], [27, 3, 16, 5], [67, 2, 15, 10], [18, 4, 14, 3]	27
12	16	90	72	41	199	[57, 2, 3, 8], [18, 4, 14, 3], [13, 3, 31, 7], [67, 2, 15, 10], [71, 2, 5, 4], [91, 5, 7, 3], [63, 2, 5, 9], [84, 1, 30, 1], [20, 5, 24, 4], [55, 3, 16, 10], [73, 3, 0, 8], [70, 1, 0, 1], [81, 2, 9, 7], [28, 1, 11, 2], [99, 4, 11, 9], [11, 1, 18, 2]	742
13	16	80	64	50	238	[55, 3, 16, 10], [5, 3, 34, 5], [73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [63, 2, 5, 9], [71, 2, 5, 4], [27, 3, 16, 5], [68, 4, 33, 8], [20, 5, 24, 4], [11, 1, 18, 2], [18, 4, 14, 3], [70, 1, 0, 1], [58, 4, 17, 10], [28, 1, 11, 2], [25, 5, 27, 1], [91, 5, 7, 3]	495

Cont.

Requisição	Quantidade De Questões	Nível Prova	Alvo	Ponto Obtidos	Vezes Utilizada	Requisição	Quantidade De Questões
14	17	60	51	50	207	[73, 3, 0, 8], [58, 4, 17, 10], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [74, 3, 21, 6], [63, 2, 5, 9], [8, 3, 19, 6], [91, 5, 7, 3], [81, 2, 9, 7], [11, 1, 18, 2], [70, 1, 0, 1], [25, 5, 27, 1], [55, 3, 16, 10], [28, 1, 11, 2], [71, 2, 5, 4], [57, 2, 3, 8], [20, 5, 24, 4]	384
15	18	70	63	50	267	[55, 3, 16, 10], [71, 2, 5, 4], [99, 4, 11, 9], [58, 4, 17, 10], [28, 1, 11, 2], [8, 3, 19, 6], [63, 2, 5, 9], [57, 2, 3, 8], [18, 4, 14, 3], [91, 5, 7, 3], [5, 3, 34, 5], [70, 1, 0, 1], [27, 3, 16, 5], [11, 1, 18, 2], [19, 1, 46, 1], [74, 3, 21, 6], [73, 3, 0, 8], [20, 5, 24, 4]	4
16	18	80	72	51	305	[15, 2, 33, 5], [84, 1, 30, 1], [28, 1, 11, 2], [71, 2, 5, 4], [8, 3, 19, 6], [27, 3, 16, 5], [99, 4, 11, 9], [20, 5, 24, 4], [74, 3, 21, 6], [25, 5, 27, 1], [18, 4, 14, 3], [63, 2, 5, 9], [81, 2, 9, 7], [91, 5, 7, 3], [67, 2, 15, 10], [11, 1, 18, 2], [55, 3, 16, 10], [44, 3, 24, 7]	371
17	19	60	57	49	271	[8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [3, 1, 21, 3], [81, 2, 9, 7], [73, 3, 0, 8], [63, 2, 5, 9], [27, 3, 16, 5], [99, 4, 11, 9], [20, 5, 24, 4], [67, 2, 15, 10], [11, 1, 18, 2], [71, 2, 5, 4], [59, 5, 25, 10], [57, 2, 3, 8], [91, 5, 7, 3], [84, 1, 30, 1], [28, 1, 11, 2], [70, 1, 0, 1], [13, 3, 31, 7]	479
18	19	100	95	56	247	[20, 5, 24, 4], [71, 2, 5, 4], [8, 3, 19, 6], [25, 5, 27, 1], [73, 3, 0, 8], [28, 1, 11, 2], [44, 3, 24, 7], [58, 4, 17, 10], [91, 5, 7, 3], [57, 2, 3, 8], [99, 4, 11, 9], [70, 1, 0, 1], [81, 2, 9, 7], [74, 3, 21, 6], [55, 3, 16, 10], [18, 4, 14, 3], [27, 3, 16, 5], [63, 2, 5, 9], [11, 1, 18, 2]	7
19	20	70	70	57	308	[28, 1, 11, 2], [91, 5, 7, 3], [87, 1, 54, 5], [55, 3, 16, 10], [27, 3, 16, 5], [63, 2, 5, 9], [74, 3, 21, 6], [73, 3, 0, 8], [70, 1, 0, 1], [99, 4, 11, 9], [25, 5, 27, 1], [11, 1, 18, 2], [13, 3, 31, 7], [58, 4, 17, 10], [57, 2, 3, 8], [18, 4, 14, 3], [71, 2, 5, 4], [8, 3, 19, 6], [81, 2, 9, 7], [20, 5, 24, 4]	3
20	20	70	70	56	300	[27, 3, 16, 5], [11, 1, 18, 2], [25, 5, 27, 1], [91, 5, 7, 3], [63, 2, 5, 9], [8, 3, 19, 6], [44, 3, 24, 7], [99, 4, 11, 9], [20, 5, 24, 4], [81, 2, 9, 7], [58, 4, 17, 10], [67, 2, 15, 10], [70, 1, 0, 1], [73, 3, 0, 8], [71, 2, 5, 4], [57, 2, 3, 8], [28, 1, 11, 2], [18, 4, 14, 3], [74, 3, 21, 6], [87, 1, 54, 5]	680

APÊNDICE H - PROVAS GERADAS PELO ALGORITMO BR

Requisição	Quantidade De Questões	Nível Prova	Alvo	Ponto Obtidos	Veze Utilizada	Indivíduos
1	1	50	3	3	0	[73, 3, 0, 8]
2	3	50	8	6	3	[73, 3, 0, 8] [71, 2, 5, 4] [99, 4, 11, 9]
3	3	80	12	12	18	[91, 5, 7, 3] [73, 3, 0, 8] [99, 4, 11, 9]
4	4	100	20	20	83	[91, 5, 7, 3], [20, 5, 24, 4], [59, 5, 25, 10], [25, 5, 27, 1]
5	6	50	15	15	48	[73, 3, 0, 8], [71, 2, 5, 4], [63, 2, 5, 9], [81, 2, 9, 7], [18, 4, 14, 3], [67, 2, 15, 10]
6	8	100	40	40	267	[91, 5, 7, 3], [20, 5, 24, 4], [59, 5, 25, 10], [25, 5, 27, 1], [66, 5, 29, 3], [16, 5, 38, 10], [96, 5, 54, 4], [90, 5, 63, 9]
7	9	70	31	32	121	[73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [27, 3, 16, 5], [55, 3, 16, 10], [58, 4, 17, 10], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [91, 5, 7, 3]
8	9	50	23	24	78	[73, 3, 0, 8], [57, 2, 3, 8], [71, 2, 5, 4], [63, 2, 5, 9], [81, 2, 9, 7], [99, 4, 11, 9], [67, 2, 15, 10], [18, 4, 14, 3], [27, 3, 16, 5]
9	10	90	45	45	252	[91, 5, 7, 3], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [58, 4, 17, 10], [20, 5, 24, 4], [59, 5, 25, 10], [25, 5, 27, 1], [68, 4, 33, 8], [39, 4, 40, 1], [96, 5, 54, 4]
10	11	70	39	40	168	[73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [55, 3, 16, 10], [27, 3, 16, 5], [58, 4, 17, 10], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [91, 5, 7, 3], [29, 3, 23, 2], [20, 5, 24, 4]
11	14	50	35	35	187	[73, 3, 0, 8], [57, 2, 3, 8], [71, 2, 5, 4], [63, 2, 5, 9], [81, 2, 9, 7], [67, 2, 15, 10], [55, 3, 16, 10], [27, 3, 16, 5], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [29, 3, 23, 2], [44, 3, 24, 7], [13, 3, 31, 7], [70, 1, 0, 1]
12	16	90	72	72	537	[91, 5, 7, 3], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [58, 4, 17, 10], [20, 5, 24, 4], [59, 5, 25, 10], [25, 5, 27, 1], [66, 5, 29, 3], [68, 4, 33, 8], [16, 5, 38, 10], [39, 4, 40, 1], [72, 4, 46, 6], [96, 5, 54, 4], [22, 4, 57, 2], [92, 5, 57, 4], [51, 4, 58, 1]
13	16	80	64	64	345	[91, 5, 7, 3], [73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [58, 4, 17, 10], [20, 5, 24, 4], [27, 3, 16, 5], [59, 5, 25, 10], [55, 3, 16, 10], [25, 5, 27, 1], [8, 3, 19, 6], [66, 5, 29, 3], [74, 3, 21, 6], [68, 4, 33, 8], [39, 4, 40, 1], [72, 4, 46, 6]
14	17	60	51	51	279	[73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [57, 2, 3, 8], [18, 4, 14, 3], [71, 2, 5, 4], [27, 3, 16, 5], [55, 3, 16, 10], [58, 4, 17, 10], [63, 2, 5, 9], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [29, 3, 23, 2], [44, 3, 24, 7], [13, 3, 31, 7], [34, 3, 32, 3], [68, 4, 33, 8], [81, 2, 9, 7]

Cont.

Requisição	Quantidade De Questões	Nível Prova	Alvo	Ponto Obtidos	Vezez Utilizada	Indivíduos
15	18	70	63	63	404	[73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [27, 3, 16, 5], [55, 3, 16, 10], [58, 4, 17, 10], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [29, 3, 23, 2], [44, 3, 24, 7], [13, 3, 31, 7], [34, 3, 32, 3], [91, 5, 7, 3], [68, 4, 33, 8], [5, 3, 34, 5], [20, 5, 24, 4], [39, 4, 40, 1], [97, 3, 42, 4]
16	18	80	72	72	406	[91, 5, 7, 3], [73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [58, 4, 17, 10], [20, 5, 24, 4], [55, 3, 16, 10], [59, 5, 25, 10], [27, 3, 16, 5], [25, 5, 27, 1], [8, 3, 19, 6], [66, 5, 29, 3], [74, 3, 21, 6], [68, 4, 33, 8], [16, 5, 38, 10], [29, 3, 23, 2], [39, 4, 40, 1], [72, 4, 46, 6]
17	19	60	57	58	353	[73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [57, 2, 3, 8], [18, 4, 14, 3], [71, 2, 5, 4], [27, 3, 16, 5], [55, 3, 16, 10], [58, 4, 17, 10], [63, 2, 5, 9], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [29, 3, 23, 2], [44, 3, 24, 7], [13, 3, 31, 7], [34, 3, 32, 3], [68, 4, 33, 8], [81, 2, 9, 7], [5, 3, 34, 5], [39, 4, 40, 1]
18	19	100	95	95	1025	[91, 5, 7, 3], [20, 5, 24, 4], [59, 5, 25, 10], [25, 5, 27, 1], [66, 5, 29, 3], [16, 5, 38, 10], [62, 5, 50, 3], [96, 5, 54, 4], [77, 5, 55, 3], [92, 5, 57, 4], [90, 5, 63, 9], [6, 5, 64, 10], [41, 5, 65, 9], [95, 5, 71, 9], [33, 5, 72, 9], [64, 5, 73, 10], [56, 5, 75, 4], [85, 5, 99, 2], [32, 5, 77, 9]
19	20	70	70	71	474	[73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [55, 3, 16, 10], [27, 3, 16, 5], [58, 4, 17, 10], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [29, 3, 23, 2], [44, 3, 24, 7], [13, 3, 31, 7], [34, 3, 32, 3], [68, 4, 33, 8], [5, 3, 34, 5], [91, 5, 7, 3], [39, 4, 40, 1], [97, 3, 42, 4], [20, 5, 24, 4], [43, 3, 45, 4], [59, 5, 25, 10]
20	20	70	70	71	474	[73, 3, 0, 8], [99, 4, 11, 9], [18, 4, 14, 3], [27, 3, 16, 5], [55, 3, 16, 10], [58, 4, 17, 10], [8, 3, 19, 6], [74, 3, 21, 6], [29, 3, 23, 2], [44, 3, 24, 7], [13, 3, 31, 7], [34, 3, 32, 3], [68, 4, 33, 8], [5, 3, 34, 5], [91, 5, 7, 3], [39, 4, 40, 1], [97, 3, 42, 4], [20, 5, 24, 4], [2, 3, 45, 1], [59, 5, 25, 10]

APÊNDICE I – TEMPO DA CORREÇÃO MANUAL DAS PROVAS OBJETIVAS

Prova	Tempo	Prova	Tempo	Prova	Tempo
1	00:00:53	43	00:00:05	85	00:00:56
2	00:00:53	44	00:00:05	86	00:00:53
3	00:00:04	45	00:00:05	87	00:00:56
4	00:00:05	46	00:00:05	88	00:00:53
5	00:00:06	47	00:00:05	89	00:00:55
6	00:00:05	48	00:00:04	90	00:00:58
7	00:00:53	49	00:00:05	91	00:00:58
8	00:00:05	50	00:00:05	92	00:00:59
9	00:00:05	51	00:00:05	93	00:00:59
10	00:00:05	52	00:00:53	94	00:00:59
11	00:00:03	53	00:00:05	95	00:00:58
12	00:00:06	54	00:00:06	96	00:00:59
13	00:00:05	55	00:00:05	97	00:00:56
14	00:00:05	56	00:00:04	98	00:00:54
15	00:00:05	57	00:00:05	99	00:00:57
16	00:00:05	58	00:00:07	100	00:00:58
17	00:00:05	59	00:00:54	101	00:00:55
18	00:00:05	60	00:00:54	102	00:00:55
19	00:00:05	61	00:00:54	103	00:00:59
20	00:00:05	62	00:00:59	104	00:00:59
21	00:00:05	63	00:00:58	105	00:00:56
22	00:00:05	64	00:00:59	106	00:00:59
23	00:00:05	65	00:00:57	107	00:00:55
24	00:00:53	66	00:00:58	108	00:00:55
25	00:00:05	67	00:00:55	109	00:00:58
26	00:00:05	68	00:00:57	110	00:00:58
27	00:00:05	69	00:00:59	111	00:00:59
28	00:00:53	70	00:00:56	112	00:00:54
29	00:00:05	71	00:00:56	113	00:00:58
30	00:00:05	72	00:00:54	114	00:00:58
31	00:00:05	73	00:00:59	115	00:00:56
32	00:00:05	74	00:00:56	116	00:00:57
33	00:00:05	75	00:00:59	117	00:00:54
34	00:00:05	76	00:00:57	118	00:00:53
35	00:00:05	77	00:00:56	119	00:00:56
36	00:00:05	78	00:00:54	120	00:00:57
37	00:00:05	79	00:00:59	121	00:00:57
38	00:00:05	80	00:00:58	122	00:00:59
39	00:00:05	81	00:00:58	123	00:00:59
40	00:00:53	82	00:00:57	124	00:00:59
41	00:00:05	83	00:00:57		
42	00:00:05	84	00:00:59		
Cont.		Cont.			