

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO WALTER EHRESMANN

GAMIFICAÇÃO SIGNIFICATIVA NA EDUCAÇÃO:
UMA PROPOSTA DE FERRAMENTA COM ENFOQUE NO ASPECTO
MOTIVACIONAL DO ALUNO

CURITIBA PR

2018

RODRIGO WALTER EHRESMANN

GAMIFICAÇÃO SIGNIFICATIVA NA EDUCAÇÃO:
UMA PROPOSTA DE FERRAMENTA COM ENFOQUE NO ASPECTO
MOTIVACIONAL DO ALUNO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Informática, no Programa de Pós-Graduação em Informática, setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Ciência da Computação*.

Orientador: Marcos Alexandre Castilho.

Coorientador: Alexander Robert Kutzke.

CURITIBA PR

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR
BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

EH33g

Ehresmann, Rodrigo Walter

Gamificação significativa na educação: uma proposta de ferramenta com enfoque no aspecto motivacional do aluno / Rodrigo Walter Ehresmann. – Curitiba, 2017.
103 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Informática, 2017.

Orientador: Marcos Alexandre Castilho.
Coorientador: Alexander Robert Kutzke.

1. Gamificação. 2. Motivação. 3. Teoria da autonomia. 4. Evasão escolar. 5. FARMA-ALG.
I. Universidade Federal do Paraná. II. Castilho, Marcos Alexandre. III. Kutzke, Alexander Robert. IV. Título.

CDD: 005.2

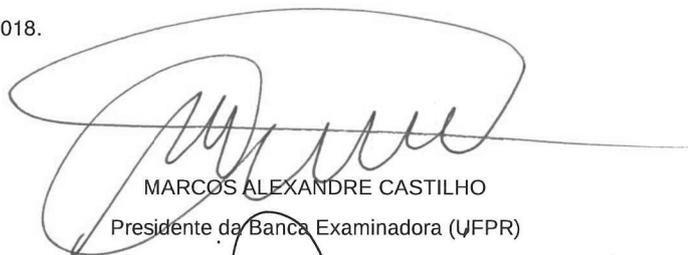


TERMO DE APROVAÇÃO

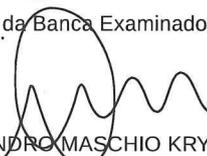
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em INFORMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **RODRIGO WALTER EHRESMANN** intitulada: **Gamificação significativa na educação: uma proposta de ferramenta com enfoque no aspecto motivacional do aluno**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2018.



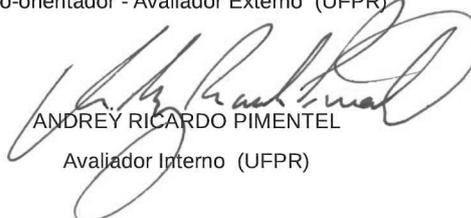
MARCOS ALEXANDRE CASTILHO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



ELEANDRO MASCHIO KRYNSKI
Avaliador Externo (UTFPR)



ALEXANDER ROBERT KUTZKE
Co-orientador - Avaliador Externo (UFPR)



ANDREY RICARDO PIMENTEL
Avaliador Interno (UFPR)



Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, pelo suporte prestado ao longo desses anos.

Agradeço ao professor Alexandre Direne, pela serenidade, dedicação e amizade. Muitas foram as lições que aprendi nas conversas que tivemos nesse breve período juntos.

Agradeço ao meu coorientador Alexander Kutzke, pelo inestimável auxílio prestado desde a nossa primeira conversa.

Agradeço ao meu orientador Marcos Castilho, por ter acreditado no potencial deste trabalho.

Agradeço a todos os amigos que fiz ao longo do curso de mestrado, pelo apoio, discussões e momentos de diversão. Em especial, agradeço ao Andres Jessé e Marcelino Ulica, pelas infinitas horas de conversas no laboratório.

Agradeço a todos que de alguma forma me impulsionaram até aqui e contribuíram para o resultado final.

Resumo

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de características importantes relacionadas a gamificação, para implementação da gamificação em uma ferramenta de ensino de programação de computadores. A utilização desta ferramenta visa melhorar o aspecto motivacional dos alunos usuários dessa ferramenta, sendo a baixa motivação dos alunos identificada como um problema recorrente no ensino de disciplinas de programação de computadores. Para alcançar este objetivo, o trabalho utiliza a gamificação na FARMA-ALG, uma ferramenta já existente que é utilizada em disciplinas de algoritmos. Para a proposta de gamificação implementada, é realizada uma pesquisa que envolve a análise de trabalhos anteriores sobre a aplicação prática da gamificação na educação, elementos de gamificação e teorias correlatas à área de gamificação. Com base nisso, os elementos e estratégias de gamificação são propostos levando em consideração a gamificação significativa, que se baseia na ideia de que cada aspecto da gamificação deve ser pensado de maneira a trabalhar alguma das três necessidades psicológicas básicas da pessoa, os pilares da teoria da autonomia utilizada como base para este trabalho: relacionamento, competência e autonomia. Os elementos de gamificação desenvolvidos são: ranqueamento geral, ranqueamento semanal, ranqueamento de incentivo, ranqueamento anônimo, combinação de pontuações fixas e variáveis para exercícios e esquema de dependências entre os exercícios. Um experimento com a FARMA-ALG gamificada é realizado, aplicando a ferramenta na disciplina inicial de Algoritmos e Estrutura de Dados na UFPR. Uma análise quantitativa e qualitativa é realizada, verificando a aceitação da ferramenta com os alunos através de um questionário *online*, e verificando os dados de utilização da ferramenta para compreender a maneira como os alunos a utilizaram, além das notas em provas da disciplina e a evasão de alunos. Os resultados demonstram a aceitação da ferramenta pela maioria dos alunos que responderam o questionário, aumento no uso da FARMA-ALG em relação a sua versão anterior, e uma pequena diminuição na evasão de alunos em relação ao histórico dos últimos anos da disciplina. Tais resultados são relatados como indícios de melhora no aspecto motivacional do aluno, fato que corrobora com os objetivos específicos do trabalho. Por fim, direcionamentos para pesquisas futuras são apresentados.

Palavras-chave: gamificação, motivação, teoria da autonomia, evasão escolar, FARMA-ALG.

Abstract

The goal of this work is to study important gamification characteristics, to implement gamification in a tool focused in the teach of computer programming. The tool usage aims to improve the motivational aspect of the student users of this tool, wherein the lack of motivation of the students is identified as a recurrent problem in the teaching process. To achieve this goal, this work applies gamification in the FARMA-ALG, an existing tool used in algorithms courses. To implemented the proposal, is performed a research of previous works about the practical application of gamification in education, gamification elements and related theories of the gamification area. Based on this, gamification elements and strategies are proposed taking into account the *meaningful gamification*, wich states that each gamification aspect must be thought in a way to work any of the three basic psychological need of people, the pillars of the self-determination theory used as a basis to this research work: relationship, competence and self-determination. The gamification elements developed are: general ranking, weekly ranking, incentive ranking, anonymous ranking, fixed and mutable points attributed to exercises and dependency schema between exercises. An experiment is performed with FARMA-ALG, applying the tool in the initial discipline of Algorithms and Data Structures of UFPR. Quantitative and qualitative analysis are performed, checking the acceptance of the tool with the students through an online questionnarie, and checking the tool utilization data to understand the way students used it, in addition to the students grades and evasion in the course. The results have shown acceptance of the tool by most of the students that answered the questionnarie, increase in the FARMA-ALG usation comparing with its previous version, and a small decrease of the students evasion comparing the historical data of the past years of the course. These results are related as evidence of improvement of the motivational aspect of the student, fact that corroborates with the specific goals if this research work. Finally, directions for future research are presented.

Key-words: gamification, motivation, self-determination theory, scholar evasion, FARMA-ALG.

Lista de Figuras

2.1	Taxonomia da motivação humana dentro da teoria da autonomia [Ryan e Deci, 2000]	24
2.2	Categorização da taxonomia de Bloom após sua revisão [Vahldick et al., 2016].	26
4.1	Organização da FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].	37
4.2	Visualização do registro de resposta na FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].	38
4.3	Visualização do grafo de similaridade na FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].	39
4.4	Visualização da linha do tempo na FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].	39
4.5	Esquema de funcionamento da FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].	40
4.6	Esquema de funcionamento da FARMA-ALG com gamificação.	41
4.7	Grafo de respostas na FARMA-ALG gamificada.	42
4.8	Consulta rápida de resposta por parte dos professores na FARMA-ALG gamificada.	43
4.9	Consulta completa de resposta por parte dos professores na FARMA-ALG gamificada.	44
4.10	Consulta rápida da entrega de exercícios na FARMA-ALG gamificada.	44
4.11	Consulta de respostas por parte dos alunos na FARMA-ALG gamificada.	45
4.12	Consulta do progresso do aluno numa lista de exercícios na FARMA-ALG gamificada.	45
4.13	Consulta da situação atual do aluno nos exercícios de uma lista de exercícios na FARMA-ALG gamificada.	45
4.14	Local onde o aluno pode submeter suas respostas aos exercícios na FARMA-ALG gamificada.	46
4.15	Página das tabelas de ranqueamento.	46
4.16	Página com a representação visual das dependências e pontuações de uma lista de exercícios na FARMA-ALG gamificada;	47
5.1	Porcentagens de questões respondidas corretamente e com tentativas de respostas dos alunos na listas de exercícios obrigatórias.	50
5.2	Média de tentativas de respostas dos alunos.	51
5.3	Média de visualizações de respostas dos alunos.	52
5.4	Dependências da primeira lista extra de exercícios	53
5.5	Porcentagem de alunos que responderam corretamente cada um dos exercícios da primeira lista extra.	53
5.6	Porcentagem de alunos que realizaram tentativas de resposta em cada um dos exercícios da primeira lista extra	54
5.7	Dependências da primeira lista extra de exercícios	55
5.8	Porcentagem de alunos que responderam corretamente cada um dos exercícios da segunda lista extra	56

5.9	Porcentagem de alunos que realizaram tentativas de resposta em cada um dos exercícios da segunda lista extra	56
5.10	Sumário das respostas dos alunos para primeira pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG.	59
5.11	Sumário das respostas dos alunos para segunda pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG.	60
5.12	Sumário das respostas dos alunos para quarta pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG.	60
5.13	Sumário das respostas dos alunos para quinta pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	61
5.14	Sumário das respostas dos alunos para sétima pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	62
5.15	Sumário das respostas dos alunos para oitava pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	62
5.16	Sumário das respostas dos alunos para nona pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	63
5.17	Sumário das respostas dos alunos para 11ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	63
5.18	Sumário das respostas dos alunos para 12ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	64
5.19	Sumário das respostas dos alunos para 13ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	64
5.20	Sumário das respostas dos alunos para 14ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG	65
6.1	Esboço da página de uma sala de discussão.	101

Lista de Tabelas

3.1	Possível variação da pontuação de uma questão	31
5.1	Mapeamento de respostas da primeira lista extra de exercícios	55
5.2	Mapeamento de respostas da segunda lista extra de exercícios	57
5.3	Comparativo de respostas dos alunos que responderam a primeira e segunda lista extra de exercícios	58
5.4	Dados brutos de utilização da FARMA-ALG	66
5.5	Notas dos alunos do grupo de controle no experimento de Kutzke [2015]	68
5.6	Notas dos alunos do grupo experimental no experimento de Kutzke [2015] . . .	69
5.7	Notas obtidas na turma A	70
5.8	Notas obtidas na turma B	71
5.9	Porcentagem de evasão dos alunos na disciplina inicial de Algoritmos e Estruturas de Dados da UFPR	72

Lista de Acrônimos

DINF	Departamento de Informática
PPGINF	Programa de Pós-Graduação em Informática
UFPR	Universidade Federal do Paraná

Sumário

1	Introdução	12
1.1	Problema Central	12
1.2	Justificativa	13
1.3	Contexto do Projeto	14
1.4	Objetivos	14
1.5	Organização dos Capítulos	15
2	Revisão Literária	16
2.1	Gamificação na Sala de Aula Formal	16
2.2	Elementos de <i>Design</i> da Gamificação	18
2.3	Aspectos teóricos da Gamificação na Educação	22
2.4	Considerações	27
3	Fundamentos da Solução	30
3.1	Pontuação	30
3.2	Tabelas de ranqueamento	33
3.3	Representação de Atividades	34
4	Arquitetura da Solução	36
4.1	FARMA-ALG	36
4.2	Esquema de funcionamento	39
4.3	Tabelas de Ranqueamento	42
4.4	Representação de Atividades	43
5	Experimento e Resultados	48
5.1	Detalhes do Experimento	48
5.2	Resultados	49
5.2.1	Listas de Exercícios Obrigatórias	49
5.2.2	Listas de Exercícios Opcionais	52
5.2.3	Visão dos Alunos Sobre o Experimento	58
5.2.4	Utilização da FARMA-ALG	65
5.2.5	Desempenho dos Alunos em Avaliações	67
5.2.6	Evasão dos Alunos	68
5.3	Considerações Sobre os Resultados	70
6	Conclusão e Trabalhos Futuros	74
6.1	Trabalhos Futuros	76
	Referências Bibliográficas	78

Anexo A - Primeira Lista Extra de Exercícios	81
Anexo B - Segunda Lista Extra de Exercícios	86
Anexo C - Formulário para avaliação da FARMA-ALG gamificada	94
Anexo D - Salas de Discussão	99

1. Introdução

A gamificação é uma técnica utilizada há muito tempo, principalmente no meio comercial. Em um trabalho voltado especificamente para definir qual o significado do termo "gamificação", Deterding et al. [2011] o definem como o uso de elementos de *design* de jogos em contextos de não-jogo. Existem diversas aplicações que usam esta técnica em diferentes contextos. Citando alguns exemplos: (1) o aplicativo *Foursquare*¹, com sua rede geossocial de comunicação; (2) a comunidade *online* de programadores *StackOverflow*²; (3) *Foldit*³, uma plataforma com quebra-cabeças científicos que inclusive conseguiu o notável resultado de trazer avanços para as pesquisas sobre o vírus HIV [Groh, 2012]; (4) *Rails for Zombies*⁴, um aplicativo voltado para o ensino sobre a utilização do *framework* de desenvolvimento *web Ruby on Rails*; (5) *Nexercise*, um aplicativo de incentivo a atividades físicas.

Observando aplicações práticas da gamificação, é possível notar sua utilização com o objetivo de trazer mais pessoas para usar determinado serviço, inclusive fazê-las usá-lo mais [Zichermann e Cunningham, 2011]. Entende-se que se trata de uma questão de aumentar o engajamento das pessoas, o que só é possível se elas se encontram motivadas. Sendo assim, se trata de promover um estímulo externo que aumente o interesse das pessoas e as tornem motivadas, independente para qual fim seja.

A falta de motivação dos alunos com o ensino é uma das barreiras a serem enfrentadas em sala de aula. "Motivação" se trata de algo difícil de ser mensurado, e o seu nível pode ser encarado como um sintoma decorrente do processo de ensino [Niemic e Ryan, 2009]. Por esta característica sintomática, também não é uma tarefa simples identificar se um problema é, de fato, decorrente da falta de motivação, ou de dificuldade de aprendizado, ou ambas as coisas. No entanto, para pessoas com vivência em sala de aula, mostra-se comum associar problemas de rendimento acadêmico com a falta de motivação (e.g., Barata et al. [2013a], Figueiredo [2015]). Com base nesta visão, se faz válida a tentativa de aplicar a gamificação no ambiente educacional.

A gamificação é um tema atual e com um interesse crescente da comunidade acadêmica. Especificamente sobre sua aplicação no contexto educacional, Dicheva et al. [2015] apontam em sua revisão sistemática, uma grande elevação no número de publicações a partir do ano de 2013. Muito ainda resta a ser feito nesta fronteira de produção de conhecimento científico sobre o tema, mas os resultados obtidos até o momento são animadores.

1.1 Problema Central

O problema central deste trabalho se resume à pergunta: como gamificar de maneira adequada um ambiente de aprendizagem de algoritmos e programação, para trabalhar o aspecto

¹<https://pt.foursquare.com/>. Acessado em 03/12/2016.

²<http://stackoverflow.com/>. Acessado em 03/12/2016.

³<https://fold.it/portal/>. Acessado em 03/12/2016.

⁴<http://railsforzombies.org/>. Acessado em 03/12/2016.

motivacional dos alunos? Adicionalmente, adota-se aqui a importante suposição simplificadora sobre o uso da gamificação para resolver parte do problema motivacional dos alunos, ao longo do período letivo, em disciplinas do referido assunto. Diversos fatores podem ser apontados como os causadores da desmotivação, mas acredita-se que existam, no cerne da questão, algumas necessidades psicológicas básicas dos alunos que os sistemas de ensino, muitas vezes, falham em suprir. Estas necessidades são o tema central da teoria da autonomia [Deci et al., 1991], e Niemiec e Ryan [2009] ajudam a mostrar os efeitos disso na sala de aula, detalhados nos parágrafos seguintes.

Para os alunos, muitas vezes o conteúdo de uma disciplina em específico não é automaticamente interessante, e eles não se sentem intrinsecamente motivados para estudar. Nestes casos, é comum simplesmente se concentram no aspecto quantitativo da disciplina, ignorando o caminho que percorrem para conseguir as notas necessárias que lhe garantam a aprovação. Isto não necessariamente culmina em aprendizado de fato, e também, muitas vezes, nem no resultado quantitativo do qual estão atrás. O efeito disso é minar o senso de competência do aluno, pois não alcançando seus objetivos, ele pode começar a duvidar da sua capacidade de superar seus desafios acadêmicos.

O relacionamento entre alunos e professores, e entre os próprios alunos, é outra questão que afeta diretamente a motivação do aluno. Uma comunicação ineficiente impede uma postura adequada do aluno na busca pelo aprendizado. Mais uma vez, são diversos os motivos que podem ser apontados como os causadores desta falha, desde o grande número de alunos numa disciplina, dificultando a comunicação entre o aluno e o professor, até os aspectos sociais ou psicológicos que podem fazer com que um aluno limite a sua comunicação com seus colegas, ou mesmo a anule.

Outra questão é a baixa autonomia permitida ao aluno. Ele já possui, naturalmente, a obrigação de alcançar um desempenho mínimo nas disciplinas para que possa seguir adiante no curso. Isto é um pré-requisito necessário. Porém, dentro das disciplinas ele se encontra, normalmente, limitado a uma forma de aprendizado convencional extremamente dependente do professor, sem voz ou poder de escolha nas atividades que desempenha. Isto, mais uma vez, não cria um ambiente motivador para se estudar, ou sob outro prisma, cria no máximo uma motivação externa regulatória, não propícia para a necessidade psicológica de autonomia.

Especificamente no contexto deste trabalho, a disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados I da UFPR apresenta em seu histórico uma porcentagem alta de desistência dos alunos no decorrer do semestre. Tal porcentagem pode estar, em grande parte, associada a desmotivação dos alunos. O baixo desempenho de alguns alunos pode, também em parte, ser resultado disso.

1.2 Justificativa

A motivação é um fator chave para o comprometimento do aluno, sendo que o comprometimento está diretamente relacionado ao seu aprendizado. Acredita-se que, mesmo alunos com dificuldade no aprendizado de determinado conteúdo, quando devidamente comprometidos tendem a desenvolver melhor seu aprendizado, apresentando melhoras nas atividades avaliatórias. Por isso, a melhora no aspecto motivacional do aluno é desejável.

Ao trabalhar as necessidades psicológicas básicas dos alunos, acredita-se ser possível criar um ambiente mais motivador. A falta de motivação intrínseca de um aluno ao cursar uma disciplina é uma situação natural e sempre vai existir (cada aluno tem suas próprias preferências). Para trabalhar com isto, deve-se criar estímulos externos de caráter não regulatório para que algum tipo de motivação extrínseca benéfica surja ao aluno. A gamificação pode preencher uma das lacunas de estímulo externo. Mais do que isso, se a gamificação for aplicada por meio

de computadores ligados em rede, seu efeito ainda tem o potencial de ser combinado com os benefícios trazidos por ferramentas de interação social. Isto pode ter grande contribuição na mudança da postura dele para com a disciplina, tendo efeitos positivos na construção de seu senso de competência.

Partindo da ideia seguida até então de que a raiz do problema motivacional se encontra na falta de suporte para necessidades psicológicas básicas, seguindo o raciocínio presente em trabalhos como o de Niemiec e Ryan [2009], promover o comportamento autônomo deve ser visto como um fator primário para melhorar a motivação e comprometimento do aluno. Se trata da base necessária para que os relacionamentos possam funcionar e a competência se desenvolver.

Trabalhar a motivação do aluno pode ser vista como a base para que, só então, abra-se espaço para focar em estratégias específicas para aumentar o seu rendimento. Portanto, é do interesse de uma instituição de ensino e do próprio aluno trabalhar esta base. Voltando ao contexto deste trabalho, acredita-se que, desenvolvendo o lado motivacional do aluno, os problemas destacados na Seção 1.1 tendem a diminuir.

1.3 Contexto do Projeto

Este trabalho estende o trabalho realizado por Kutzke [2015] em sua tese de doutorado, especificamente no desenvolvimento da ferramenta FARMA-ALG. O trabalho de Kutzke enfatiza a importância de considerar o erro como parte do aprendizado do aluno, e a ferramenta desenvolvida promove a mediação do erro entre o aluno e o professor. Sob a ótica da teoria da autonomia, é possível afirmar que a FARMA-ALG trabalha, principalmente, a necessidade psicológica de relacionamento entre professor e aluno. Com esta ferramenta, existe espaço para trabalhar as outras necessidades psicológicas apontadas e continuar desenvolvendo a já existente. E mediante o uso da gamificação, é isso que se busca alcançar.

1.4 Objetivos

O objetivo central deste trabalho é realizar um estudo de características importantes relacionadas a gamificação, para implementação da gamificação em uma ferramenta de ensino de programação de computadores, de maneira que possa ser utilizada para melhorar o aspecto motivacional dos alunos usuários dessa ferramenta. Para ir de encontro com tal objetivo, utiliza-se como base o ferramental desenvolvido por Kutzke [2015], adicionando elementos de gamificação.

Como objetivos específicos, os principais:

- Aumentar a utilização de uma ferramenta já existente através da gamificação;
- Diminuir a taxa de desistência da disciplina onde a ferramenta é aplicada.

Observando os exemplos reais gamificação citados por Zichermann e Cunningham [2011], uma das características em comum entre aplicações bem sucedidas é um grande aumento da utilização daquilo que foi gamificado, além de atrair um maior número de usuários, e os autores atribuem isso ao aumento da motivação destes. Por isso, o objetivo de aumento da utilização da ferramenta, juntamente com a diminuição do número de alunos desistentes, é o que este trabalho considera como evidência explícita de melhora no aspecto motivacional do aluno.

Adicionalmente, mais alguns objetivos específicos podem ser considerados. São eles:

- Diminuir a diferença de desempenho entre os alunos (naturalmente, com uma inclinação a melhora geral);

- Desenvolver o senso de competência dos alunos;
- Prover um ambiente que permita o comportamento autônomo dos alunos;
- Apresentar um corpo de evidências sobre o potencial da gamificação na educação;
- Verificar a popularidade de estratégias não convencionais para o uso dos elementos de gamificação entre os alunos, e discutir se, de fato, apresentam indícios de que contribuem positivamente para o que foram propostas.

1.5 Organização dos Capítulos

O Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, mostrando (1) trabalhos que envolvem a aplicação da gamificação no contexto educacional, (2) quais são alguns dos principais elementos de *design* de gamificação e (3) teorias que vem sendo associadas diretamente a gamificação. O Capítulo 3 apresenta os fundamentos da solução utilizada para o problema em foco neste trabalho, descrevendo quais os elementos de *design* de gamificação a serem utilizados e estratégias de utilização. O Capítulo 4 passa uma visão funcionalista do que é proposto no capítulo que lhe antecede. O Capítulo 5 descreve detalhes do processo de avaliação de resultados e os resultados esperados. Por fim, o Capítulo 6 faz uma retrospectiva sobre as contribuições do trabalho, apresentando por fim direcionamentos para pesquisas futuras.

2. Revisão Literária

Este capítulo apresenta trabalhos realizados na grande área da gamificação, mostrando como é utilizada no contexto educacional e discutindo alguns assuntos relacionados. A Seção 2.1 apresenta resumos de trabalhos práticos envolvendo a gamificação em sala de aula. A Seção 2.2 apresenta de alguns dos principais elementos de *design* da gamificação, descrevendo alguns casos de como os trabalhos citados na Seção 2.1 os utilizam. A Seção 2.3 se concentra em discutir teorias e taxonomias relacionadas a gamificação, observadas nos trabalhos citados na Seção 2.1. Por fim, a Seção 2.4 apresenta algumas considerações sobre o capítulo.

2.1 Gamificação na Sala de Aula Formal

A seguir são apresentados alguns trabalhos sobre o uso da gamificação no ensino de algoritmos ou disciplinas relacionadas à ciência da computação, seja por meio de uma ferramenta tecnológica ou não. Para cada trabalho apresentado, busca-se ressaltar o que foi desenvolvido e sob qual contexto, apontando os principais elementos relacionados à gamificação, e resultados destacados pelos autores.

Campos et al. [2015] desenvolveram o Kodesh, uma ferramenta gamificada para apoio das disciplinas introdutórias de programação, visando lidar com um grande acréscimo de novos alunos na universidade. A ferramenta foi desenvolvida inicialmente como um protótipo envolvendo estratégias simples de pontos, emblemas e tabela de ranqueamento. A avaliação dos resultados foi positiva, mostrando que 81% dos alunos se sentiram motivados com os elementos de jogos utilizados. Os autores concluem que alcançaram seu objetivo, pois conseguiram melhorar o rendimento das turmas, embora a diferença em termos de notas não se mostre significativa.

Ibanez et al. [2014] desenvolveram o *Q-learning-G*, uma plataforma de ensino gamificado para o aprendizado da linguagem de programação C, visando verificar o comportamento dos alunos antes e após alcançarem uma meta de pontuação específica. Os elementos de gamificação utilizados incluem pontos, emblemas, uma tabela de ranqueamento e um micro-blog para comunicação. Observam que aproximadamente 91% dos alunos continuaram com as atividades na plataforma mesmo após alcançar a pontuação, sendo apontados como os principais motivos disso a busca pelos emblemas e aquisição de novos conhecimentos na linguagem C.

Figueiredo [2015] aplica uma metodologia de gamificação em duas disciplinas, sendo este um trabalho ainda em andamento no momento de escrita de seu artigo. Ele destaca que alguns alunos as cursam de forma concomitante, permitindo que possam comparar ambos os jogos. Os elementos de gamificação utilizados incluem pontos, medalhas e tabelas de ranqueamento. Menciona-se no referido artigo que, de acordo com a percepção dos professores, a participação dos alunos e comprometimento destes com as atividades tem aumentado. No entanto, foi ressaltada a dificuldade de se manter um *feedback* rápido para os alunos, pois a quantidade de dados produzidos é grande. Isto torna difícil a atualização manual das informações, sendo assim inviável a realização dessa tarefa contando apenas com o professor da disciplina.

Aguiar [2015] utiliza uma estratégia de gamificação para avaliar o aprendizado dos conceitos de Orientação a Objetos apresentados em aulas anteriores. Os elementos de gamificação utilizados são um simples esquema de pontuação e tabela de ranqueamento. Os resultados são positivos, relatando maior colaboração e engajamento dos alunos com a disciplina, mesmo daqueles alunos antes vistos como pouco interessados. Além disso, observa-se no relato de pesquisa que houve uma melhora geral no desempenho desses alunos com o assunto da disciplina. No entanto, nem todos os alunos se sentiram confortáveis com o aspecto colaborativo da metodologia adotada. O autor observa que, na medida do possível, deve-se levar em consideração os diferentes estilos de aprendizagem.

Barata et al. [2013a] comparam o desempenho dos alunos entre dois anos de curso de mestrado, usando o método tradicional de ensino no primeiro ano e uma estratégia de gamificação no segundo. Os elementos de gamificação utilizados incluem pontos, medalhas, uma tabela de ranqueamento, desafios e um fórum para discussões. Os resultados são positivos, mostrando (a) um aumento de 11% na média de presença dos alunos por aula, sendo que a presença é opcional; (b) aumento de 31,95% no número de *downloads* dos materiais das aulas, por estudante; (c) aumento de 474% nas postagens com respostas no fórum de discussão, numa base semanal. Com relação ao desempenho dos estudantes, não houve diferença estatística relevante nas médias finais.

Brazil e Baruque [2015] desenvolveram uma ferramenta gamificada para aplicar em um curso de graduação em jogos digitais. Os elementos de gamificação utilizados incluem pontos, títulos, emblemas, desafios e músicas, essas diretamente relacionadas ao contexto da disciplina. A avaliação realizada é simples e toma como base o *feedback* dos alunos quanto aos elementos de gamificação utilizados. Para cada elemento, mais de 50% dos alunos se mostram satisfeitos com seu uso, tendo esta estatística invertida apenas quanto ao elemento musical, que é apontado como pouco relevante para o aprendizado e para o envolvimento dos alunos.

Iosup e Epema [2014] desenvolveram uma ferramenta gamificada para ser aplicada em dois cursos, num experimento de longa duração. Os elementos de gamificação utilizados incluem pontos, níveis, tabelas de ranqueamento, emblemas, ambientação, engajamento social e desbloqueio de materiais. Os resultados são positivos, mostrando que (a) mais de 75% dos alunos completaram os cursos, enquanto que em anos anteriores, sem o uso da gamificação, apenas 65% haviam completado na primeira tentativa; (b) alunos reprovados nos cursos na primeira tentativa não voltavam a tentá-los ainda no mesmo ano, e esse comportamento se inverteu, mostrando que 90% voltaram a frequentá-los; (c) 60% a 70% dos alunos comparecem às aulas, sendo a presença não obrigatória nos cursos, e porcentagens ainda maiores são observadas em aulas extras, sendo essas porcentagens muito maiores do que as observadas em anos anteriores.

Browne e Anand [2013] desenvolveram seis aplicativos gamificados para o ensino de conceitos da ciência da computação, buscando verificar a preferência dos alunos pela abordagem convencional de ensino ou através dos aplicativos. Os elementos de gamificação utilizados incluem objetivos, recompensas, penalidades, níveis, narrativa, *multiplayer* e assistência. Os aplicativos são bem avaliados pelos estudantes, sendo a assistência e o *multiplayer* elementos elogiados quando presentes nos aplicativos. No entanto, os autores observam que as penalidades causam frustração nos alunos, e não encorajam o seu uso para experiências futuras. Quanto à questão central do estudo, apesar dos alunos gostarem dos aplicativos, a maioria não acredita que deve-se utilizá-los em detrimento da abordagem convencional de ensino, e sim em conjunto, utilizando a abordagem convencional para explicar os conceitos e os aplicativos para prática deles.

Thornton [2014] relata os resultados obtidos com os aplicativos gamificados *Brute Force* e *Friend or Foe*, criados para ensinar questões oriundas a segurança da informação. Os

elementos de gamificação utilizados incluem pontos, níveis, múltiplos caminhos para o mesmo objetivo, recompensas, *multiplayer* e ambientação. O autor aponta resultados positivos, que incluem maior participação em sala de aula, diminuição de desistências no início do curso e aumento de presença nas aulas.

Vahldick et al. [2016] desenvolveram uma ferramenta gamificada visando facilitar o desenvolvimento do pensamento computacional de alunos que nunca tiveram contato com a programação antes. Os elementos de gamificação utilizados incluem pontos, estrelas, missões, fases, recompensas, tabelas de ranqueamento, ambientação e assistência. Os autores apontam os resultados como favoráveis, sendo da opinião dos alunos que eles estavam aprendendo com o jogo. Além disso, professores observam mudanças positivas na atitude dos alunos em sala de aula, conectando rapidamente o conteúdo apresentado com os conceitos treinados no jogo, e arriscando perguntas mais avançadas.

Barata et al. [2013b] realizam um estudo complementar ao que foi desenvolvido anteriormente em Barata et al. [2013a], incluindo agora dados do segundo ano de aplicação da estratégia de gamificação. Os elementos de gamificação utilizados são os mesmos apresentados em seu experimento anterior. Os resultados mostram (1) uma queda na média de presença dos alunos por aulas, retornando à média de presença dos anos em que a gamificação não foi utilizada; (2) manteve-se o aumento do número de *downloads* dos materiais da aula por estudante, já observado no primeiro ano do experimento; (3) um novo aumento, agora de 66%, no número de postagens no fórum de discussão, onde a maioria das postagens são de respostas a outras postagens; (4) embora novamente não se apresente nenhuma diferença estatística relevante nas médias finais, alunos antes mal avaliados conseguiram, no geral, melhorar seu desempenho. Em um novo *feedback* dos alunos, destacam-se críticas severas quanto ao limite de tempo para responder desafios.

2.2 Elementos de *Design* da Gamificação

Remetendo ao conceito de gamificação visto no Capítulo 1, elementos de *design* da gamificação são os elementos de jogos utilizados fora deste contexto. Na literatura existem algumas tentativas de categorizar tais elementos (e.g., [Zichermann e Cunningham, 2011], [Deterding et al., 2011]). No entanto, não existe um consenso entre os autores sobre quantas e quais seriam as categorias.

Para Zichermann e Cunningham, as categorias mencionadas são três: mecânicas, dinâmicas e estética de jogo [Zichermann e Cunningham, 2011]. Por sua vez, Deterding et al. identificam cinco categoriais: (1) padrões de *design* de interface; (2) padrões de *design* de jogo ou mecânica de jogo; (3) princípios de *design* para jogos, heurísticas ou "lentes"; (4) modelos conceituais de unidades de *design* para jogos; (5) métodos de *design* para jogos e *design* de processos [Deterding et al., 2011]. Embora haja estas diferentes denominações, pode-se observar que Dicheva et al. consideram que todas as categorias podem ser agrupadas nas três categorias de Zichermann e Cunningham [Dicheva et al., 2015]. Inclusive, conforme destacam Iosup e Epema [2014], esta costuma ser a classificação feita pelos principais teóricos da área do desenvolvimento de jogos para computadores [Iosup e Epema, 2014]. Portanto, de acordo com a visão de Zichermann e Cunningham, define-se:

- **Mecânica** é a maneira como o jogo é sistematizado. O *designer* do jogo possui o controle dessa mecânica, podendo guiar as ações dos jogadores;
- **Dinâmica** é a interação dos jogadores com a mecânica do jogo. Determina o que o jogador está fazendo em resposta à mecânica do jogo;

- **Estética** é o que o jogo faz os jogadores sentirem durante a interação com o jogo. Pode ser visto como o resultado composto da mecânica e dinâmica do jogo em resposta a como interagem e produzem emoções.

Em sua revisão sistemática, Dicheva et al. [2015] identificam alguns elementos de mecânica de jogos: (1) pontos, (2) medalhas, (3) níveis, (4) barras de progresso, (5) tabelas de ranqueamento, (6) moeda virtual e (7) avatares. Iosup e Epema [2014] destacam sete ferramentas principais a serem utilizadas num ambiente gamificado: (1) pontos, (2) níveis, (3) tabelas de ranqueamento (classificadas como mecânicas); (4) medalhas, (5) ambientação, (6) engajamento social e (7) desbloqueio de materiais (classificadas como dinâmicas). Além disso, o início deste capítulo apresenta trabalhos com uma diversidade de ferramentas não citadas aqui. É importante observar que a definição de mecânica e dinâmica de jogo abre espaço para diferentes interpretações por parte dos autores. Isto acarreta na classificação de elementos iguais em categorias diferentes, como pode ser observado, por exemplo, no elemento *medalhas* citado acima. As diferentes classificações não serão tratadas neste trabalho.

Na revisão da literatura nota-se que pontos, medalhas e seus variantes (e.g., emblemas) e tabelas de ranqueamento são os principais elementos de gamificação utilizados, havendo inclusive uma designação para citá-los como um conjunto único de mecanismos¹ (e.g., [Brazil e Baroque, 2015], [Campos et al., 2015]).

Alguns dos principais tipos de pontuações são [Zichermann e Cunningham, 2011]:

- **Pontos de experiência (XP):** O principal tipo de pontos e indicam o avanço do jogador. Tudo que o jogador realiza durante o jogo rende XP, e em geral, esses pontos nunca diminuem, embora possam existir estratégias de *design* que os reiniciam de tempos em tempos para reavivar o fator de competição;
- **Pontos resgatáveis:** São pontos que podem ser recebidos e gastos, cumprindo o papel de moeda virtual;
- **Pontos de habilidade:** São associados a atividades específicas, normalmente não as principais no jogo. Em uma analogia a um jogo real, são os pontos atribuídos a habilidades de magia e força de um personagem de *Dungeons & Dragons*;
- **Pontos de reputação:** Responsáveis por aumentar o nível de credibilidade de um jogador num ambiente social.

Nos trabalhos verificados, a maioria dos pontos utilizados se enquadram como pontos de experiência (e.g. [Barata et al., 2013a], [Vahldick et al., 2016], [Ibanez et al., 2014]). Além disso, também são encontrados trabalhos que substituem a nota usual do aluno pelos pontos de experiência (e.g., [Ibanez et al., 2014], [Iosup e Epema, 2014], [Thornton, 2014]). Thornton [2014] aponta que essa substituição pode aparentar não trazer nenhuma diferença verdadeira, mas no entanto, pela pontuação do aluno estar sempre aumentando, causa um positivo senso de progresso. Uma abordagem similar é realizada por Barata et al., onde o conceito (nota) final do aluno não é substituído pelos pontos, mas inicia-se em F e pode progredir até A+ [Barata et al., 2013a].

Campos et al. utilizam o recurso de pontos resgatáveis, onde para cada atividade ou meta resolvida, os alunos adquirem também dinheiro virtual, que pode ser utilizado para adquirir itens que facilitam a realização de atividades, como: (1) acréscimo de tempo, (2) aumento no número

¹PBL (*Points, Badges and Leaderboards*).

de submissões, (3) soluções parciais e (4) soluções completas [Campos et al., 2015]. Vahldick et al. apresentam uma estratégia que inclui o ganho de estrelas após cada tarefa [Vahldick et al., 2016]. Essas estrelas podem ser vistas, em parte, como pontos resgatáveis, pois em qualquer momento de uma tarefa é possível optar por consumi-las em troca da resposta para questão². Vahldick et al. ainda destacam a importância de recursos desta natureza, pois permitem uma chance de avanço para alunos com dificuldades de resolver determinada tarefa, mesmo que a um custo alto para eles no jogo³. Isso pode evitar casos de desistência.

Um dos exemplos mais evidentes de sistema de pontos de reputação pertence ao *StackOverflow*, comunidade *online* de desenvolvedores citada no Capítulo 1, havendo inclusive trabalhos voltados exclusivamente para identificar maneiras de aumentar rapidamente a reputação nesta comunidade (e.g., [Bosu et al., 2013]). O funcionamento da comunidade se resume, basicamente, a perguntas e respostas relacionadas ao contexto de programação, sendo a reputação definida de acordo com os votos (positivos ou negativos) recebidos pelas suas perguntas e respostas. Tal funcionamento encontra-se alinhado com o que é descrito por Zichermann e Cunningham [2011], porém, dentre os trabalhos aqui citados, relacionados ao contexto da educação, nada que se assemelhe foi encontrado. No entanto, em Turner et al. [2014] percebe-se que pontos de experiência adquirem um papel secundário como pontos de reputação pois, uma vez exibidos numa tabela de ranqueamento, tem efeito sobre a reputação do aluno.

Medalhas são um elemento de *design* poderoso, podendo prover *status* e causar surpresa e prazer ao jogador quando conquistadas [Zichermann e Cunningham, 2011]. Dependendo do *design* do jogo, o processo de aquisição de uma medalha pode ser definido como um fator surpresa ou já esperado [Figueiredo, 2015]. Figueiredo realiza isso criando medalhas comportamentais (e.g., executar um determinado comportamento em uma frequência n) e temáticas, ou seja, relacionadas ao conteúdo da disciplina (e.g., realizar com sucesso uma atividade de um conteúdo). Barata et al. [2013b] utilizam as medalhas como uma recompensa aos alunos por completarem desafios lançados ao longo do semestre, participação oral nas aulas, encontrar *bugs* nos materiais das aulas, entre outras atividades. Campos et al. [2015] utilizam uma estratégia onde frases de líderes da história da computação são adquiridas conforme o avanço de cada aluno, resultando em emblemas que são as imagens dos líderes, adquiridos assim que coletadas todas as suas frases.

Tabelas de ranqueamento são utilizadas constantemente para comparar o desempenho dos jogadores e são um importante elemento de *design* para promover a competição [Iosup e Epema, 2014]. Jogadores competitivos são os mais atraídos por este tipo de elemento, e é importante evitar situações que desestimulem a competição (e.g., impossibilidade de alcançar os líderes por causa da diferença de pontos) [Zichermann e Cunningham, 2011]. Zichermann e Cunningham citam dois tipos de tabelas de ranqueamento largamente utilizadas atualmente: (1) tabelas de competição e (2) tabelas de incentivo⁴:

- **Tabelas de competição** são as clássicas tabelas de ranqueamento, onde todos os jogadores estão listados e ranqueados nas suas respectivas posições;
- **Tabelas de incentivo** ignoram a real posição de jogadores não tão bem posicionados, exibindo-os no meio da tabela quando eles a consultarem, mostrando ainda quem está imediatamente atrás deles e à frente. Isso é uma maneira de não desmotivar jogadores com baixo desempenho em relação aos demais.

Dentre os trabalhos analisados, uma menção a tabela de incentivo é encontrada em Iosup e Epema [2014], mas as implementações descritas se apresentam todas como tabelas de

²Resposta esta dada em português estruturado, ainda sendo necessário realizar a implementação dela.

³O consumo das estrelas em Vahldick et al. [2016] implica em pontos não ganhos na tarefa.

⁴No original, (1) *infinite leaderboard* e (2) *no-disincentive leaderboard*.

competição (e.g., [Thornton, 2014], [Barata et al., 2013a]). O critério mais comum para montar a tabela de ranqueamento é através dos pontos de cada aluno (e.g., [Figueiredo, 2015]), mas também é possível encontrar ranqueamentos compostos que incluem, por exemplo, o cumprimento de objetivos secundários (e.g., [Ibanez et al., 2014]). Na primeira versão da ferramenta desenvolvida, Campos et al. [2015] utilizam a estratégia de criar um ranqueamento local (envolvendo apenas a turma do aluno) e global (envolvendo todas as turmas). Esta estratégia não evita que caiam no problema citado por Zichermann e Cunningham no parágrafo anterior, e como solução, na nova versão da ferramenta introduzem um ranqueamento semanal. Isto valoriza o esforço semanal do aluno, independente de sua pontuação absoluta.

Fases de jogo indicam progresso, aumento na curva de dificuldade do jogo e, com isso, prêmios mais valiosos para os jogadores [Zichermann e Cunningham, 2011]. Tal elemento é essencial para manter os jogadores motivados [Thornton, 2014], e observa-se que além da implementação de tal mecanismo, existe uma preocupação de informar visualmente esse avanço para os jogadores [Dicheva et al., 2015]. Turner et al. [2014] introduz uma árvore de habilidades para informar aos alunos sobre seus avanços, onde as habilidades são representadas por medalhas, e as cores das medalhas refletem a dificuldade da tarefa realizada para adquiri-la. Vahldick et al. [2016] por sua vez, introduzem uma árvore de fases divididas em três níveis de dificuldade, onde a realização das fases de menor nível é pré-requisito para que o aluno continue a avançar, e opcionalmente, lhe é dada a escolha de se aprofundar em assuntos específicos seguindo para as fases com maior nível de dificuldade.

Muito associado às fases do jogo e ainda mais aos pontos estão os níveis do jogador [Dicheva et al., 2015]. Os jogadores evoluem de nível de acordo com seu progresso e, opcionalmente, esta evolução pode ser acompanhada da liberação de privilégios ao jogador, adicionando novas atividades que ele pode fazer [Iosup e Epema, 2014]. Nos trabalhos analisados, os níveis do jogador são descrições que indicam títulos (e.g., iniciante, *code monkey*, *hacker*) e são ganhos de acordo com o aumento da pontuação (e.g., [Thornton, 2014], [Brazil e Baruque, 2015]).

Elementos sonoros não se mostram tão comuns nos estudos analisados, seguindo uma tendência de serem mais valorizados em ambientes gamificados que investem muito na estética do jogo, apostando em elementos visuais (e.g., [Thornton, 2014], [Brazil e Baruque, 2015]). Tais elementos são utilizados por Thornton, porém, o autor não apresenta um estudo específico sobre o impacto deles em seu trabalho. Brazil e Baruque introduzem uma música como recompensa aos alunos assim que eles evoluem de nível, sendo essa música de algum jogo famoso já desenvolvido⁵, lhes dando pontos extras caso descubram de qual jogo se trata. Browne e Anand [2013] por sua vez recompensam os jogadores com sons para seus acertos e erros, porém, não recebem um *feedback* positivo dos usuários fazendo tal uso.

O processo de ambientação do jogador, também visto como um elemento de *design* de gamificação, geralmente está presente no início do jogo para ajudar o jogador a se familiarizar com o sistema [Zichermann e Cunningham, 2011]. Uma vez que a primeira experiência do jogador seja positiva, ele estará mais inclinado a continuar a jogar [Iosup e Epema, 2014]. Em resumo, descreve-se a ambientação como sendo feita no formato de um tutorial de questões de baixa dificuldade, visando propiciar a prática de cada tipo de ação que o sistema permite ser realizada e suas consequências (e.g., [Thornton, 2014], [Barata et al., 2013a]).

Ciclos de engajamento social se refere ao que faz o jogador voltar ao jogo [Iosup e Epema, 2014]. Existem diversas maneiras de se alcançar isso, e muitos ciclos podem ocorrer dentro de um período de uso [Thornton, 2014]. Iosup e Epema apontam atividades realizadas

⁵O curso tem como tema desenvolvimento de jogos, portanto as músicas estão diretamente relacionadas ao contexto do curso.

em grupo como um forte incentivo para fazer os estudantes voltarem a usar o sistema, pois a ausência de um aluno diminui as chances do grupo se sair bem nas atividades dentro do sistema gamificado. Barata et al. [2013a] por sua vez identificam grandes picos de atividades em seu sistema, e apontam como causa disso os desafios lançados ao longo do ano, juntamente com o *micro-blog* para discussão entre os alunos.

Vários dos elementos citados acima fazem parte de um dos pilares da gamificação, o *feedback* [Zichermann e Cunningham, 2011]. O *feedback* trata-se da resposta às ações dos usuários [Figueiredo, 2015]. Os autores destacam a importância de um *feedback* rápido e limpo ao aluno (e.g., [Campos et al., 2015], [Vahldick et al., 2016], [Nah et al., 2014]), pois como destaca Nah et al., isto aumenta a efetividade da aprendizagem e o engajamento do alunos. De acordo com Thornton [2014], este é um dos grandes diferenciais de cursos gamificados, porque enquanto os demais cursos não gamificados provém um *feedback* sobre as atividades dos alunos em uma semana ou mais, cursos gamificados, com o auxílio de uma ferramenta, provém um *feedback* imediato.

2.3 Aspectos teóricos da Gamificação na Educação

É possível encontrar trabalhos que buscam relacionar a gamificação e a teoria da autonomia⁶, proposta por Deci et al. [1991] (e.g., [Barata et al., 2013a], [Thornton, 2014], [Amir e Ralph, 2014]). O foco de estudo desta teoria é a motivação humana, e quando aplicada na educação, Deci et al. afirmam que preocupa-se em promover, nos estudantes, o interesse pelo aprendizado, valorização da educação e confiança em suas próprias capacidades.

Deterding [2015] critica a maneira como a gamificação vem sendo utilizada, pois muitas vezes elementos de *design* de jogos são simplesmente adicionados a esmo, o que pode trazer consequências indesejadas. Com isso, Deterding destaca que um sistema gamificado deve ser imbuído de significado para seus utilizadores, e aponta três princípios básicos que devem guiar o *design* de gamificação para se alcançar isto: (1) relacionamento, (2) competência e (3) autonomia. Dentro da teoria da autonomia, tais princípios são apontados como necessidades psicológicas inatas ao indivíduo [Deci et al., 1991], e podem ser definidas como:

- **Relacionamento:** A necessidade de interagir e criar relacionamentos relevantes com as pessoas dentro de seu meio-social;
- **Competência:** A necessidade de possuir habilidades para resolução de problemas;
- **Autonomia:** A necessidade de auto-regular as suas próprias ações (não ser forçado a elas).

Em seu livro, Melorose et al. [2011] fazem uma análise do cenário atual dos jogos à luz da teoria da autonomia, e apontam que eles vem se saindo bem em satisfazer essas necessidades básicas, com ampla aceitação do público. Niemiec e Ryan [2009] analisam a aplicação desta teoria na prática educacional, e apontam que quando as necessidades destacadas são satisfeitas, observa-se envolvimento acadêmico e melhores resultados de aprendizagem, enquanto que o resultado contrário é obtido quando elas são ignoradas. A teoria da autonomia explica resultados observados por Niemiec e Ryan e Melorose et al. como efeito da presença ou não da motivação intrínseca e extrínseca.

⁶No original, *self-determination theory*.

Motivação intrínseca se refere ao comportamento não afetado por estímulos externos, e que é agradável e interessante por si só para quem o adota [Ryan e Deci, 2000]. Niemiec e Ryan [2009] apontam que a motivação intrínseca é alcançada pela satisfação das necessidades psicológicas de motivação e autonomia. Como exemplo, citam que um aluno é competente quando sente-se capaz de realizar suas tarefas, e é autônomo se faz isso por vontade própria. Porém, se o aluno se sente competente para realizar suas tarefas mas não tem autonomia, ele não manterá a motivação intrínseca para o aprendizado. O mesmo se aplica para necessidade de relacionamento que, junto com a autonomia, promove a motivação intrínseca, mas não consegue o mesmo sem ela [Deci et al., 1991]. Isso demonstra a importância da autonomia, mas também que as três necessidades descritas podem ser vistas como componentes chave para promover a motivação intrínseca [Groh, 2012].

Motivação extrínseca se refere ao comportamento executado para obter alguma recompensa que não está relacionada a uma atividade propriamente dita (e.g., ler um livro não pelo prazer da leitura, mas porque seu conteúdo será necessário para alguma atividade que você venha a desenvolver) [Ryan e Deci, 2000]. Deci et al. [1991] comentam que pesquisas realizadas próximas da época em que a teoria da autonomia foi proposta, tratam a motivação intrínseca e extrínseca como antagonistas, e apontam que a motivação extrínseca não poderia estar associada ao comportamento autônomo. Isto não é mais inteiramente aceito hoje, no entanto.

Ryan e Deci [2000] comentam que desassociar a motivação extrínseca do comportamento autônomo levanta uma questão central de como levar a teoria da autonomia para dentro das escolas, pois muitas das atividades educacionais não são projetadas para serem intrinsecamente interessantes, além de possuírem caráter regulatório (i.e., realizá-las é um pré-requisito para permitir ao aluno avançar). Como resposta para esta questão, um processo denominado *internalização* é descrito [Deci et al., 1991].

Internalização se trata de transformar processos regulatórios externos em internos [Ryan e Deci, 2000]. As pessoas são mais propensas a aceitar processos regulatórios externos e internalizá-los quando compreendem sua importância e utilidade no universo social, ou seja, se tornam mais propensas a agir de maneira autônoma [Deci et al., 1991]. Ainda assim a autonomia precisa ser apoiada (bem como as outras necessidades básicas anteriormente mencionadas), e além de apresentar o porquê de se aprender determinado conteúdo, outra maneira de se apoiá-la é maximizar a percepção dos alunos de que eles possuem voz e poder de escolha nas atividades acadêmicas nas quais estão comprometidos [Niemiec e Ryan, 2009]. Conforme destacam Niemiec e Ryan, quando as necessidades psicológicas básicas são respeitadas, o processo de internalização se torna mais fácil.

A teoria da autonomia mostra que quatro tipos de motivação extrínseca podem resultar do processo de internalização, com diferentes efeitos [Deci et al., 1991]. A Figura 2.1 apresenta estes tipos de motivação, que estão situados entre a motivação intrínseca, onde é possível alcançar o maior grau de autonomia, e a amotivação, entendida como o extremo oposto da motivação intrínseca. Da mesma forma, os tipos de motivação intrínseca estão ordenados de maneira crescente, da esquerda para direita, pelo nível de autonomia presente nelas. Ryan e Deci [2000] ressaltam que o processo de internalização permite evoluir (assim como regredir) entre os tipos de motivação, mas isto não deve ser visto necessariamente como um processo contínuo.

Regulação externa faz com que a pessoa se comporte de maneira que vise recompensas ou para evitar punições [Niemiec e Ryan, 2009]. Niemiec e Ryan citam como exemplo que, quando um aluno estuda para uma prova visando nota e não ser ridicularizado por seus colegas devido a um baixo desempenho, está externamente regulado. Ryan e Deci [2000] complementam comentando que, quando a motivação intrínseca e extrínseca eram tratadas como antagonistas uma da outra, a visão que se tinha da motivação extrínseca era do tipo externamente regulada.

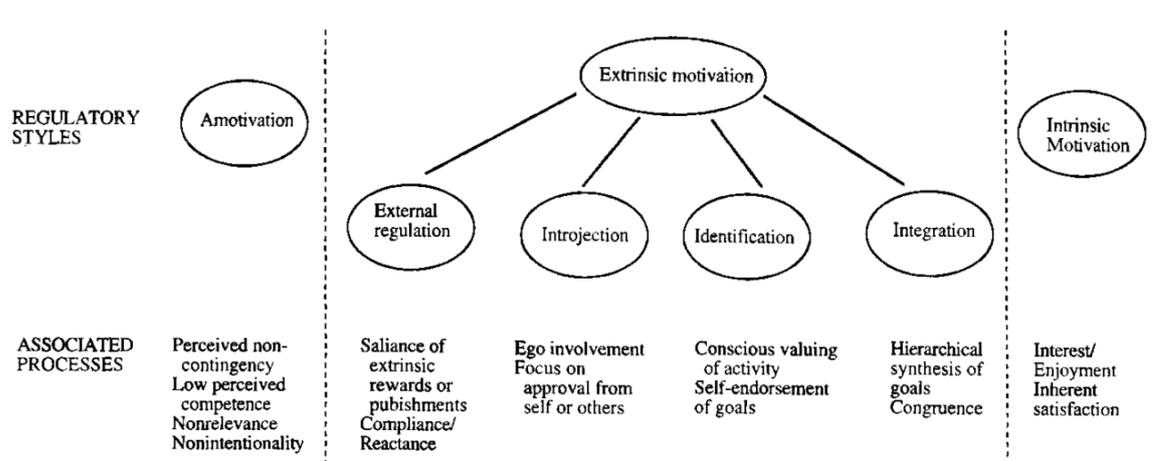


Figura 2.1: Taxonomia da motivação humana dentro da teoria da autonomia [Ryan e Deci, 2000]

Regulação introjetada resulta de coerção interna (i.e., da própria pessoa) [Deci et al., 1991], causando comportamentos que visam evitar culpa, ansiedade ou mesmo alimentar o ego e sensação de orgulho da própria pessoa [Ryan e Deci, 2000]. Niemiec e Ryan [2009] citam como exemplo de regulação introjetada, o aluno que estuda para uma prova não pelo desejo de se sair bem nela, mas para evitar se sentir culpado por não ter estudado o suficiente. Deci et al. destacam que, apesar deste tipo de motivação ser interno à pessoa, guarda-se mais semelhança com um comportamento externamente regulado do que autônomo, pois do ponto de vista pessoal, não existe realmente uma escolha.

Regulação identificada se trata da pessoa aceitar um processo regulatório com base na importância que representa para ela própria [Deci et al., 1991]. Niemiec e Ryan [2009] citam como exemplo de regulação identificada, um aluno que estuda anatomia e fisiologia porque o domínio destas matérias é importante para um futuro curso de medicina. Deci et al. comentam que este tipo de motivação extrínseca é mais autônomo que os outros apresentados até então, pois a pessoa realiza as tarefas identificadas por vontade própria, motivada por razões pessoais em vez de pressão externa.

Regulação integrada ocorre quando o processo regulatório é completamente integrado e assimilado pela pessoa com seus próprios valores e necessidades (i.e., se torna parte dela) [Deci et al., 1991]. Niemiec e Ryan [2009] citam como exemplo de regulação integrada o aluno que estuda medicina porque isso permitirá que ele exerça uma profissão em que pode ajudar pessoas necessitadas, o que é consistente com seus próprios valores e interesses. Deci et al. apontam que este tipo de motivação guarda muitas semelhanças com a motivação intrínseca por causa do alto grau de autonomia presente, porém ainda assim diferem em seu cerne: a atividade é importante por causa dos resultados que produz, não por ela própria.

Toda essa distinção entre os tipos de motivação externa nos mostra que ela pode, sim, ser algo desejável e se assemelhar à motivação intrínseca, pelo grau de autonomia presente. No entanto, está claro que estudos como o de Niemiec e Ryan [2009], Ryan e Deci [2000] e Deci et al. [1991] tratam a motivação intrínseca como uma meta a ser alcançada, atribuindo nela um maior grau de importância. Zichermann e Cunningham [2011] tem uma opinião diferente quanto a isto no que diz respeito à gamificação.

A crítica de Zichermann e Cunningham [2011] não remete à superioridade de uma motivação em relação à outra, mas sim aos maus resultados que podem ser obtidos como produto da espera para que a motivação intrínseca se manifeste. A motivação intrínseca não é trivial nem simples de ser alcançada, e muitas pessoas simplesmente não se sentem intrinsecamente

motivadas por determinados conteúdos. Com isso, Zichermann e Cunningham afirmam que deve-se aceitar o estado motivacional de uma pessoa e trabalhar com isso. Melhores resultados podem ser alcançados compreendendo aonde uma pessoa deseja chegar, e então utilizar dos aparatos motivacionais externos da gamificação para ajudá-la a alcançar isto.

A despeito da posição de Zichermann e Cunningham [2011], a literatura apresenta algumas ressalvas quanto ao uso da gamificação promovendo motivação extrínseca. Uma delas é de que uma vez que o sistema é gamificado, e apresente resultados positivos, deve-se estar preparado para mantê-lo sempre assim [Zichermann e Cunningham, 2011], pois retirando o sistema de recompensas de uma pessoa, ela pode não se interessar mais pelas atividades realizadas [Groh, 2012]. Groh também comenta que um sistema de recompensas pode ser visto como controlador, dependendo da forma que for empregado, diminuindo a autonomia das pessoas e consequentemente seu grau de motivação.

Ainda na defesa do papel da motivação extrínseca no contexto da gamificação, Zichermann e Cunningham [2011] citam um exemplo hipotético para reforçar seu ponto de vista: apesar do desejo intrínseco de uma pessoa em perder peso, ela pode não alcançar seu objetivo porque este desejo está desconectado de um processo. Para tanto, um bom *design* de um sistema de recompensas e incentivos pode ser a chave para se alcançar isto. Considerando o mesmo contexto do exemplo, mas supondo agora que o processo para chegar neste objetivo já exista mesmo sem o uso da gamificação, cabe notar o que segue: a inserção de elementos que promovam a motivação extrínseca podem prejudicar os resultados obtidos. Isto é demonstrado no trabalho realizado por Reynolds et al. [2013], onde adicionam a gamificação em uma atividade física realizada por um grupo de pessoas que não eram mais iniciantes nela, e recebem um *feedback* negativo deles quanto a essa prática.

A teoria da autonomia atribui grande importância para a competência pessoal. Para o desenvolvimento das competências dos alunos através do ensino, existe a proposta da taxonomia de Bloom. Esta taxonomia tem como objetivo guiar a definição de planos de ensino dentro de uma estrutura que representa diferentes formas e níveis de aprendizado [Ferraz e Belhot, 2010]. Com o passar dos anos, a taxonomia foi revisada e atualizada à luz de novos conceitos e avanços incorporados ao campo educacional. A Figura 2.2 apresenta a categorização após a revisão da taxonomia. A lista abaixo descreve brevemente o significado de cada uma destas categorias, de acordo com Ferraz e Belhot:

- **Lembrar:** Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada;
- **Entender:** Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”;
- **Aplicar:** Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova;
- **Analisar:** Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes;
- **Avaliar:** Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia;
- **Criar:** Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente

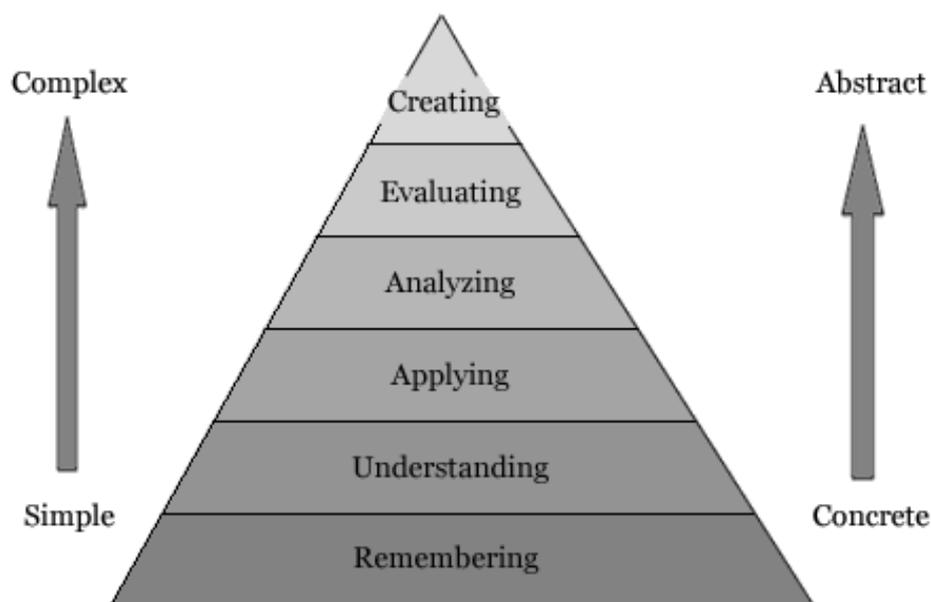


Figura 2.2: Categorização da taxonomia de Bloom após sua revisão [Vahldick et al., 2016].

adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos.

A taxonomia de Bloom parte do princípio de que para compreender e aplicar um assunto, antes é necessário conhecê-lo. Portanto, a chave desta taxonomia é progressão de complexidade: do simples para o complexo, do concreto para o abstrato [Ferraz e Belhot, 2010]. A importância que se dá a construção de senso de progresso é evidente nos trabalhos na área de gamificação (e.g., [Zichermann e Cunningham, 2011], [Iosup e Epema, 2014]). Thornton [2014] aponta que envolver a taxonomia de Bloom na estratégia de gamificação pode ser crucial para aumentar a performance dos alunos, e Vahldick et al. [2016] de fato utilizam a taxonomia para estruturar as tarefas de seu sistema gamificado.

Especificamente quanto a gamificação, é possível encontrar trabalhos que mencionam a taxonomia de Bartle (e.g., [Iosup e Epema, 2014], [Zichermann e Cunningham, 2011]). Esta taxonomia tem como objetivo definir os tipos de jogadores existentes, sendo que quatro tipos foram identificados por Bartle: (1) exploradores, (2) conquistadores, (3) socializadores e os (4) vencedores⁷ [Bartle, 2003, apud Iosup e Epema, 2014, p. 2]. Zichermann e Cunningham [2011] destacam que desde que a taxonomia foi proposta, o número de tipos de jogadores identificados cresceu, porém, estes quatro tipos permanecem como os principais. A lista abaixo descreve-os brevemente, de acordo com o que é apresentado em Zichermann e Cunningham e Iosup e Epema:

- **Exploradores:** São jogadores que gostam de entender o mundo onde se encontram. A experiência é o seu objetivo (acima da vitória ou qualquer outro fator motivacional). Criar o *design* de um curso para exploradores requer tanto quantidade quanto qualidade de material;

⁷Esta categoria é originalmente citada na taxonomia de Bartle como *killers* e adaptada em Iosup e Epema [2014] para *winners*.

- **Conquistadores:** São jogadores que gostam de terminar todos os desafios que lhes são propostos. Num curso, um aluno conquistador é aquele que tem a ambição de conquistar mais do que apenas a quantidade de pontos necessários para ser aprovado no curso;
- **Socializadores:** São jogadores que jogam pelo benefício da interação social. Passar num curso é interessante para eles, desde que os permita continuar fazendo parte do mesmo círculo social;
- **Vencedores:** São jogadores que, assim como os conquistadores, gostam de terminar todos os desafios lançados, mas apenas se uma única pessoa puder vencer cada desafio. Cabe destacar uma observação feita por Melorose et al. [2011], de que tais jogadores tem como foco poder e competência às expensas de relacionamentos.

É importante ressaltar que uma pessoa não pertence, necessariamente, a apenas uma categoria. Zichermann e Cunningham [2011] apresentam uma estatística afirmando que, em média, as pessoas são 80% socializadoras, 50% exploradoras, 40% conquistadoras e 20% vencedoras. Zichermann e Cunningham ainda ressaltam a importância de conhecer quem está usando seu sistema, pois assim é possível criar um *design* direcionado aos perfis predominantes entre seus jogadores. Seguindo esta lógica e de acordo com a estatística apresentada, caso não se possua este conhecimento inicial, apostar em um *design* voltado para os socializadores é uma boa escolha. Isto inclusive pode ser reforçado pelo trabalho de Melorose et al. [2011], onde mostram que opções como *multiplayer* (i.e, que tem como característica promover a socialização e relacionamento) são uma forte tendência nos jogos atuais. No entanto, Iosup e Epema [2014] comentam que Bartle acredita que vencedores e conquistadores são tipos de jogadores sem os quais o ecossistema de um jogo não pode sobreviver. Esta observação é levada a sério por Iosup e Epema, que em seu trabalho procuram criar um sistema gamificado com suporte para os quatro tipos de jogadores apresentados.

2.4 Considerações

Os trabalhos apresentados na Seção 2.1 apontam, sem exceção, melhorias em sala de aula após o uso da gamificação. As principais melhorias alcançadas são uma maior motivação, facilidade de aprendizado e participação dos alunos (seja participação através da realização de atividades, participação verbal em sala de aula ou presença nas aulas). Nenhum trabalho aponta uma melhora (nem uma piora) estatisticamente relevante nas notas dos alunos, no entanto, existem relatos da melhora do desempenho de alunos antes mal avaliados.

Embora os resultados apresentados nos trabalhos da Seção 2.1 sejam predominantemente bons, eles não estão isentos de críticas. Nenhum tipo de *feedback* negativo foi visto com bons olhos nos trabalhos mencionados. Isto inclui detalhes pequenos, como um *feedback* sonoro ou visual indicando um erro (e.g., um *x* vermelho). Outras críticas, realizadas pelos próprios alunos que utilizaram as ferramentas desenvolvidas, incluem sentirem-se pressionados a participar (verbalmente) das aulas e o limite de tempo para desenvolver algumas atividades. Em resumo, as críticas apontadas não são sobre a gamificação em si, mas sobre como os elementos de *design* de gamificação são utilizados.

A maneira como a gamificação é avaliada em um trabalho também merece atenção. A Seção 2.2 cita o uso do elemento sonoro no trabalho de Brazil e Baruque [2015], e dado o contexto do trabalho, a forma como foi utilizado é interessante. Este elemento é uma recompensa pelo progresso do aluno e não possui ligação direta com a aprendizagem dele. Mesmo assim, o questionário feito para que os alunos avaliem o sistema gamificado pede para que respondam

se este elemento contribuiu para o desempenho na aprendizagem. O *feedback* dos alunos é, conforme esperado, negativo. Isto fortalece a impressão de que a maneira como o elemento foi empregado não foi boa, enquanto que ele pode, na verdade, ser um pequeno detalhe que agregue valor na ferramenta.

Percebe-se ainda uma carência na quantidade de trabalhos que são realizados a longo prazo, confrontando os resultados iniciais de seus experimentos (aqueles que fazem isto, apresentam variações de resultados interessantes). O fator *novidade* deve ser levado em consideração na avaliação inicial de qualquer ferramenta. Como a gamificação deriva dos jogos, que é algo fortemente presente na cultura contemporânea, este fator pode pesar ainda mais. Isto significa que, resultados iniciais positivos que apontem aceitação da ferramenta pelos alunos, podem ser um reflexo de um entusiasmo inicial decorrente deste fator, e isto pode não ser um reflexo totalmente real sobre a qualidade da ferramenta.

A Seção 2.3 cita a importância de que ao adicionar a gamificação, ela deve ser imbuída de significado. De maneira direta, ao adicionar um elemento de gamificação, deve-se antes pensar na resposta para a pergunta: no contexto da aplicação, qual o benefício que este elemento pode trazer? Mesmo ciente disso, esta não é uma tarefa simples para um *designer* de gamificação, e o parágrafo anterior chama atenção para possibilidade de que uma ferramenta que não cumpra este requisito, tenha uma avaliação similar à que cumpra. Este entusiasmo inicial pode arrefecer e a aceitação da ferramenta cair⁸. Para evitar este tipo de situação, focar-se nas teorias apresentadas na Seção 2.3 se apresenta como uma boa opção, pois elas ajudam a embasar a resposta para a pergunta acima.

A teoria da autonomia pode servir como norte para o *designer* de gamificação. A taxonomia de Bloom é complementar à teoria da autonomia, pois a progressão de complexidade que propõe ajuda a construir um senso de competência aos alunos. A taxonomia de Bart, por sua vez, chama atenção para o importante fato de que jogadores possuem perfis diferentes, portanto respeitar esta característica pode aumentar a aceitação de uma ferramenta gamificada.

Observa-se que o uso da gamificação na educação pode parecer, num primeiro momento, incongruente com o que se espera da proposta de uma metodologia educacional, pois seu foco primário não é promover o aprendizado. O foco primário da gamificação, em qualquer área que esteja inserida, é promover a participação, tornar a experiência interessante, ou seja, melhorar o aspecto motivacional de quem venha a utilizá-la. Este pode ser o motivo da teoria da autonomia estar tão arraigada na base teórica das pesquisas de gamificação. A participação, no entanto, é um ponto chave para promover o aprendizado, e os trabalhos analisados neste capítulo apontam nesta direção.

Com base na Seção 2.1, cabe ressaltar até onde o campo da gamificação na educação foi. Estes trabalhos analisados possuem o enfoque na aplicação prática da gamificação. Quanto aos elementos de gamificação utilizados, eles são, em sua maioria, versões simples dos elementos mais populares (e.g., pontuações, fóruns, ranqueamentos), e observam-se poucas tentativas de fazer esses elementos interagirem (e.g., recompensar respostas corretas com pontos é a integração mais simples e é encontrada em abundância, por outro lado, não foi encontrada nenhuma tentativa de integrar o esquema de pontuação com a interação social).

Com exceção de Vahldick et al. [2016], que cita como teoria central de seu trabalho a taxonomia de Bloom e constrói com base nisso uma solução para seu problema, os demais trabalhos não buscam relacionar detalhes específicos da implementação de suas soluções com a base teórica levantada. O fato de não explicitarem isso em seus trabalhos não significa que eles a tenham ignorado, no entanto, o que está perspectiva são as técnicas utilizadas, e não o

⁸Zichermann e Cunningham [2011] citam exemplos reais de aplicações comerciais que se enquadram neste cenário.

que significa a adição de cada uma. Nesse sentido, ainda existe uma carência de trabalhos que coloquem em perspectiva o foco principal da gamificação.

3. Fundamentos da Solução

O Capítulo 2 cita, com ênfase, a importância de que a gamificação possua significado, usando para isso a teoria da autonomia. Portanto, cada elemento apresentado neste capítulo tem como objetivo dar suporte a alguma das três necessidades mencionadas: (1) relacionamento, (2) competência e (3) comportamento autônomo do aluno. Além disso, o *design* proposto busca respeitar uma ideia central do trabalho de Kutzke [2015]: o erro deve fazer parte do processo de aprendizado. No contexto deste trabalho, isto significa que o erro do aluno não afetará diretamente sua pontuação, e também não haverá nenhum sistema de conquistas da natureza de que só seja possível adquirir algo errando pouco ou até mesmo não errando. Visto que a gamificação será aplicada na FARMA-ALG, ferramenta apresentada em maiores detalhes no capítulo seguinte, esta é uma premissa importante para evitar a descaracterização da ferramenta.

A Seção 2.2 cita uma variedade de elementos de *design* de gamificação. O *design* proposto neste capítulo se limita a três elementos a serem adicionados na ferramenta, listados abaixo e explicados nas seções seguintes:

- **Pontuação**, para definir o sistema como se fosse um jogo;
- **Tabelas de ranqueamento**, para um sistema de *feedback*;
- **Representação de atividades**, para estabelecer metas e mapear o avanço individual.

3.1 Pontuação

Todo jogo precisa ter algo que sirva como medida de desempenho. Na gamificação, o elemento mais comum com esse objetivo é a pontuação, e ele é usado aqui. O tipo de pontuação utilizado é a de experiência (explicada na Seção 2.2). Todas as atividades realizadas pelo aluno, que lhe tragam algum benefício como resultado final, são pontuadas. Isto inclui:

- Resolução correta de tarefas;
- Resolução correta de desafios;
- Participação nas salas de discussão (explicado em maiores detalhes na Seção ??).

A pontuação do aluno nunca é decrementada, pois como apontando na introdução deste capítulo, o sistema não prevê punições. No entanto, é possível que a pontuação a ser adquirida na realização de determinada tarefa possa decrementar, assim como incrementar: isto faz parte da estratégia de pontuação proposta. A ideia é que, dependendo do grau de dificuldade atribuído a uma tarefa, a pontuação atual recebida pela tarefa varie. A variação deve ocorrer a cada submissão da resposta de determinado aluno para determinada tarefa, mas atendendo a seguinte restrição: uma vez que a resposta seja computada como correta, novas submissões deste aluno

para esta tarefa não devem ter mais nenhum efeito sobre a pontuação da tarefa¹. A porcentagem dessa variação, se ela ocorrer, é determinada por um mapeamento, apresentado na Tabela 3.1. O grau de dificuldade de uma tarefa pode variar de 0 a 5.

Tabela 3.1: Possível variação da pontuação de uma questão

Grau	Incremento (%)
<= 1	-25%
= 2	-15%
= 3	0%
= 4	15%
= 5	25%

O cálculo do grau de dificuldade de uma tarefa é feito baseado em uma das fórmulas propostas no trabalho de Silva et al. [2015] para realização desta tarefa, formalmente descrita pelos autores como:

$$D^q = \frac{\sum_{J=0}^{J=n} T_J^q}{N_e^q + N_a^q} \quad (3.1a)$$

onde:

- D^q : grau de dificuldade da questão q após uma sessão de exercícios;
- T_j^q : número de tentativas do estudante J na questão q . Se o número de tentativas é maior que 10, então 10 é considerado como T_j^q ;
- N_e^q : número de estudantes que erraram q ;
- N_a^q : número de estudantes que acertaram q ;
- Um aluno conta apenas uma vez, para N_e^q ou N_a^q .

A adaptação desta fórmula, utilizada no presente trabalho, é formalizada abaixo:

$$D^q = \left[\frac{\sum_{J=0}^{J=n} T_J^q}{N_e^q c + N_a^q r} \right] \quad (3.2a)$$

onde:

- D^q : grau de dificuldade atual da questão q ;
- T_j^q : número de tentativas do estudante J na questão q ;
- N_e^q : número de erros na questão q ;
- N_a^q : número de acertos na questão q ;
- c : constante que determina o peso da quantidade de erros na fórmula;

¹Inclusive, uma nova tentativa que resulte num novo acerto não somará pontos ao aluno.

- r : constante que determina o peso da quantidade de acertos na fórmula.

Sujeito à restrição:

$$D^q \leq 10 \wedge D^q \geq 5, \text{ com } c < r$$

Portanto, as adaptações formais e semânticas são: (1) o que se calcula é o grau de dificuldade da tarefa, em tempo real, e não após uma sessão de exercícios; (2) consideram-se todas as tentativas de resposta na tarefa, em vez de limitá-las a 10; (3) consideram-se os números de tentativas que resultaram em erros ou acertos, ao invés do número de alunos que acertaram ou erraram; (4) adiciona-se as constantes c e r , para estabelecer o peso da quantidade de acertos e erros no cálculo da fórmula. A lista abaixo justifica estas quatro escolhas:

1. O grau de dificuldade precisa ser calculado em tempo real, para que possa ser combinada com as regras da Tabela 3.1, e determinar a pontuação que será atribuída ao aluno após a resolução correta da tarefa;
2. É necessário considerar todas as tentativas de resposta na tarefa para que o resultado calculado pela fórmula esteja dentro do intervalo desejado;
3. Também é necessário considerar todas as tentativas que resultaram em erros e acertos para obter um resultado dentro do intervalo desejado, mas isto é feito principalmente para permitir que o grau de dificuldade de uma tarefa varie mais vezes;
4. As constantes são importantes pois os resultados de Kutzke [2015] mostram que no ensino de algoritmos, é uma situação comum haver muito mais erros do que acertos nas tarefas. Como todos os registros de respostas são considerados, utilizar pesos para acertos e erros, e tornar o peso dos acertos maior que dos erros, cria uma situação de maior equilíbrio (i.e., caso contrário, as tarefas seriam, na maioria das vezes, avaliadas com alto grau de dificuldade)².

Uma questão que pode ser levantada é que, retirando a limitação imposta na fórmula de Silva et al., onde se considera no máximo 10 como o número de tentativas de um aluno para uma tarefa, os alunos podem simplesmente submeter uma série de respostas incorretas propositalmente. Isto pode parecer um "furo" no *design* da ferramenta para que os alunos sempre aumentem o grau de dificuldade da tarefa, conseqüentemente aumentando a recompensa por ela. De fato, ao utilizar a fórmula proposta, a ferramenta não consegue combater este tipo de comportamento. Porém, uma vez que o grau de dificuldade da tarefa é calculada em tempo real e é global, ao aumentar a pontuação para uma tarefa, o aluno não está beneficiando apenas ele, mas também uma série de colegas que venham a respondê-la na sequência. Acredita-se que isto torne este tipo de comportamento menos atrativo, e mesmo que ocorra, não necessariamente se trata de um tipo de trapaça.

A fórmula proposta devolve um resultado do intervalo [5..10]. Por motivos de conveniência, o resultado é normalizado aplicando-se $D^q - 5$, o que permite que o resultado se encontre dentro do intervalo [0..5], de acordo com o mapeamento apresentado na Tabela

²O intervalo de valores que podem ser utilizados nas constantes é bastante restrito, devido à outra restrição apresentada. Portanto, sugere-se o uso de $c = 0, 1$ e $r = 0, 2$ para que se tenha um resultado plausível, respeitando as duas restrições propostas.

3.1³. O mapeamento foi criado de maneira que lide apenas com números inteiros, por isso a função de *teto* é utilizada. Para exemplificar o uso da fórmula, um caso é apresentado na sequência:

Considerando $c = 0,1$ e $r = 0,2$. 1500 respostas ($T = 1500$) foram dadas pelos alunos a determinada atividade. Destas respostas, 1200 são registros de respostas erradas ($N_e = 1200$) e 300 de respostas corretas ($N_a = 300$).

$$D = \left\lceil \frac{1500}{1200 \cdot 0,1 + 300 \cdot 0,2} \right\rceil = 9, \text{ aplicando a normalização: } 9 - 5 = 4$$

Por fim, a fórmula proposta só deve ser utilizada quando houver um número mínimo de respostas computadas (e.g., 10), estabelecendo *três* como grau de dificuldade inicial de toda tarefa. Isto pode fazer com que alunos mais cautelosos não adiem a realização das tarefas: estar entre os primeiros a realizar uma tarefa faz com que um aluno receba a pontuação designada pelo professor para ela, após isso o grau de dificuldade passa a variar, e existe tanto o risco da pontuação a ser adquirida diminuir quanto de aumentar.

3.2 Tabelas de ranqueamento

As tabelas de ranqueamento possuem um grande potencial de *feedback*, que pode ir além da simples função de ranqueamento. Esta seção se concentra em modelar as tabelas de ranqueamento explorando este potencial, buscando construir um senso de competência para o aluno ressaltando o progresso do mesmo, quando de fato isso ocorrer, e também provendo uma ferramenta que o auxilie a progredir. A proposta é que se utilize tanto as tabelas de competição quanto as tabelas de incentivo (apresentadas na Seção 2.2), valorizando e buscando desenvolver o senso de competitividade do aluno sem negligenciar o desenvolvimento do mesmo. Para construir isso, aposta-se no uso do ranqueamento anônimo.

O ranqueamento anônimo é uma técnica inexplorada nos trabalhos pesquisados, mas que aparenta ser ideal para uma sala de aula. Definindo, a ideia de ranqueamento anônimo utilizada neste trabalho é: o aluno é identificado por um identificador qualquer, que apenas ele (e o professor ou administrador do sistema) sabe que está associado a si e, portanto, ao olhar o ranqueamento, apenas ele vai saber em que posição se encontra. Isto funciona da mesma forma para todos os demais alunos, que ao acessar o ranqueamento, conseguem ver os identificadores de seus colegas de classe, mas não possuem privilégios de saber qual colega está associado a cada identificador, a não ser ele mesmo.

Num primeiro momento, o ranqueamento anônimo pode ser visto como menos motivador que o não-anônimo, pois não prove reconhecimento social pelas conquistas do aluno⁴. Por outro lado, o anonimato pode evitar sentimentos de culpa ou vergonha ao aluno que está mal posicionado⁵, além de contornar qualquer eventual preconceito de algum aluno para com seus colegas. É por isso que o ranqueamento anônimo pode ser uma estratégia ideal para sala de

³É compreensível que o intervalo após a normalização cause estranheza, pois possui até seis números, enquanto que o não normalizado possui apenas cinco. Mas conforme é apontado no mapeamento da Tabela 3.1, o número adicional (nesse caso o *zero*) é mapeado para o mesmo lugar que o *um*, não causando nenhum tipo de prejuízo no resultado final.

⁴O sistema não provê, mas naturalmente, nada impede que o aluno "viole" seu anonimato falando para os demais qual é o seu identificador.

⁵De nenhuma maneira este trabalho busca beneficiar alunos com baixo rendimento em detrimento dos com alto rendimento. Apenas é necessário destacar que o foco da gamificação num sistema educacional não é em colocar a competição acima do aprendizado, logo, situações que possam prejudicar o aprendizado devem ser evitadas.

aula. Além disso, o anonimato é uma peça chave para o uso do ranqueamento com tabelas de incentivo, explicado em maiores detalhes nos parágrafos seguintes.

O critério utilizado para ranquear os alunos é a pontuação destes. A literatura alerta que ranqueamentos feitos em mais de uma esfera de tempo são mais motivadores, portanto propõe-se o uso de dois ranqueamentos: (1) global e (2) semanal. O ranqueamento global agregará a pontuação de um período letivo inteiro, enquanto que o semanal apresentará os resultados de cada semana, reiniciando-o no início de cada semana. O ranqueamento global tem uma forte tendência de apresentar pouca variação após algum tempo, o que pode desanimar os alunos que se encontram posicionados mais abaixo. O ranqueamento semanal portanto é importante, pois reiniciando a cada semana, se tem a possibilidade de maior variação.

Os ranqueamentos utilizados são feitos através de tabelas de competição e tabelas de incentivo (explicadas na Seção 2.2). O ranqueamento global e semanal é exibido no formato de tabelas de competição, com uma particularidade: apenas uma porção dos alunos mais bem ranqueados é exibida. Esta escolha se deve ao efeito normalmente desmotivador, de acessar a tabela de ranqueamento e se ver nas últimas posições. Para o aluno que não se encontra dentro do "top X" e deseja verificar como está seu desempenho em relação aos demais, uma abordagem pouco convencional é proposta: exibir apenas o aluno que se encontra imediatamente acima dele e imediatamente abaixo, sem revelar qual é de fato a posição de cada um. Esta é a tabela de incentivo, derivada diretamente do ranqueamento global.

A ideia da tabela de incentivo proposta é criar um senso de progresso ao aluno, apresentando o problema principal (i.e., ascender aos mais altos degraus do ranqueamento) em pequenas partes (i.e., mostrando qual o próximo degrau a se subir). Se o aluno possuir a percepção de que melhorar seu ranqueamento não só é algo factível, como também simples de se fazer, a ação dele em direção a isso se torna mais provável. Um potencial *feedback* a ser utilizado é o acesso anônimo aos registros de respostas de quem está imediatamente à frente e atrás do aluno no ranqueamento. Isto pode auxiliar na construção de uma estratégia para subir no ranqueamento ou evitar perder posições, pois: (1) pode-se seguir os passos de quem está à frente e verificar se quem está atrás não adotou o mesmo comportamento, (2) ou mesmo adivinhar com base na quantidade de erros e acertos apresentados, se a atividade lhe renderá mais pontos ou não (por causa da variação de pontuação explicada na Seção 3.1).

Como esta proposta de tabela de incentivo, é necessário estar atento à última posição do ranqueamento. O aluno nesta posição vai saber de sua situação se observar que não existe ninguém imediatamente atrás dele. Para tratar disso, deve-se aproveitar da característica de anonimato do sistema, apresentando um jogador "fantasma" nestes casos. Outra exceção a ser tratada são os casos de empates, e aqui cabe destacar que a ideia de "imediatamente à frente e atrás" não precisa, necessariamente, se resumir a um único aluno em cada caso. Pode-se optar por diferentes estratégias no momento da implementação, como por exemplo: (1) em casos de empate, exibir todos os alunos empatados e também quem está imediatamente à frente (ou atrás) deles; (2) definir que alunos com uma diferença máxima de X pontos sejam apresentados. O importante é que, independente da estratégia adotada, limite-se sempre a uma quantidade mínima de alunos exibidos.

3.3 Representação de Atividades

As atividades são os objetos de aprendizagem, aquilo que caracteriza o sistema como educacional. O quanto vale uma atividade é um parâmetro informado pelo professor, e essa pontuação pode ou não estar sujeita às regras descritas na Seção 3.1, dependendo de como a atividade foi criada. São duas as formas de como que uma atividade pode ser criada: (1) tarefas

ou (2) desafios. O que difere ambas é a pontuação de recompensa nas tarefas varia, respeitando o que é apresentado na Seção 3.1, e nos desafios a ela é fixada pelo professor, ou seja, não varia. Isto apresenta uma alternativa ao professor, caso ele deseje manter maior controle sobre a pontuação obtida pelos alunos e queira definir, sem a ajuda do sistema, qual o grau de dificuldade de uma atividade.

Ao professor é também disponibilizado a opção de criar atividades dependentes (i.e., definir regras onde alguma atividade ou conjunto de atividades só seja liberada para o aluno resolver após o término de alguma atividade ou conjunto de atividades). É possível, por exemplo, permitir ao aluno, após a resolução da atividade X, liberar as atividades W e Y, e definir como regra que para liberar a atividade Z, seja necessário resolver W ou Y. Isto pode ser uma estratégia interessante para criar uma variação na dinâmica do sistema e, principalmente, favorecer o comportamento autônomo do aluno, pois lhes dá certo poder de escolha em qual caminho seguir durante uma disciplina. Junto a isso, ainda deve ser disponibilizado um componente visual que mapeie o progresso do aluno e apresente, de maneira clara, as regras definidas (se forem definidas).

4. Arquitetura da Solução

Este capítulo tem como objetivo apresentar um resumo do arcabouço utilizado na criação da ferramenta FARMA-ALG, mostrando as funcionalidades que a ferramenta já possui antes da inserção da gamificação¹. Além disso, mostrar a arquitetura da solução proposta no Capítulo 3. Isto inclui expandir a arquitetura criada por Kutzke [2015] com o módulo de gamificação, e apresentar as principais telas implementadas na ferramenta, relacionadas com os elementos de *design* anteriormente propostos: tabelas de ranqueamento e representação de atividades².

4.1 FARMA-ALG

A FARMA-ALG é uma ferramenta educacional desenvolvida por Kutzke [2015] com o objetivo de promover a mediação do erro entre o aluno e o professor. Ela parte do princípio de que o erro faz parte do aprendizado, e compreende que para o professor é uma tarefa difícil dar a devida atenção a isto, devido a grande quantidade de alunos normalmente presente nas salas e aulas. Portanto, a mediação ocorre neste sentido, identificando focos de erros que podem possuir maior relevância ao aprendizado, apresentando-os ao professor para que ele possa realizar alguma ação. A organização da ferramenta é apresentado na Figura 4.1.

O armazenamento é dividido em três partes: (1) base de dados, (2) máquina de similaridade e (3) grafo de similaridade. A base de dados se encarrega, simplesmente, de registrar os dados gerados na ferramenta. A máquina de similaridade se encarrega de realizar o cálculo de similaridade entre os registros de resposta dos alunos. A partir disso, é gerado o grafo de similaridade, onde os vértices representam os registros de respostas armazenados, e as arestas que as ligam, seu grau de semelhança.

A recuperação ocorre de duas maneiras: (1) sistema de busca por palavras-chave e meta-dados e (2) análise do grafo de similaridade. O sistema de busca segue a ideia dos buscadores da *internet*, permitindo a pesquisa por dados específicos (e.g., trechos de respostas, nome do aluno, nome da questão) filtrados por meta-dados (e.g., intervalos de tempo, turmas, classificação). A análise do grafo de similaridade por sua vez, recupera dados automaticamente e apresenta ao professor recomendações de respostas dos alunos e questões com maior relevância pedagógica. São definidas questões e respostas mais relevantes para determinados grupos de alunos, e o processo para gerar tais recomendações é composto pelas seguintes etapas:

- Encontram-se grupos de alunos com alto grau de semelhança entre suas respostas;

¹Cabe ressaltar que apesar do presente trabalho utilizar o arcabouço já existente da FARMA-ALG, ele trata de uma nova implementação dela. Inicialmente, esta nova implementação deixa de lado o esquema de atribuição de *tags* presente no *core* da ferramenta original.

²No sentido de visualização, a pontuação está inserida nos demais elementos, por isso ela não é citada aqui.

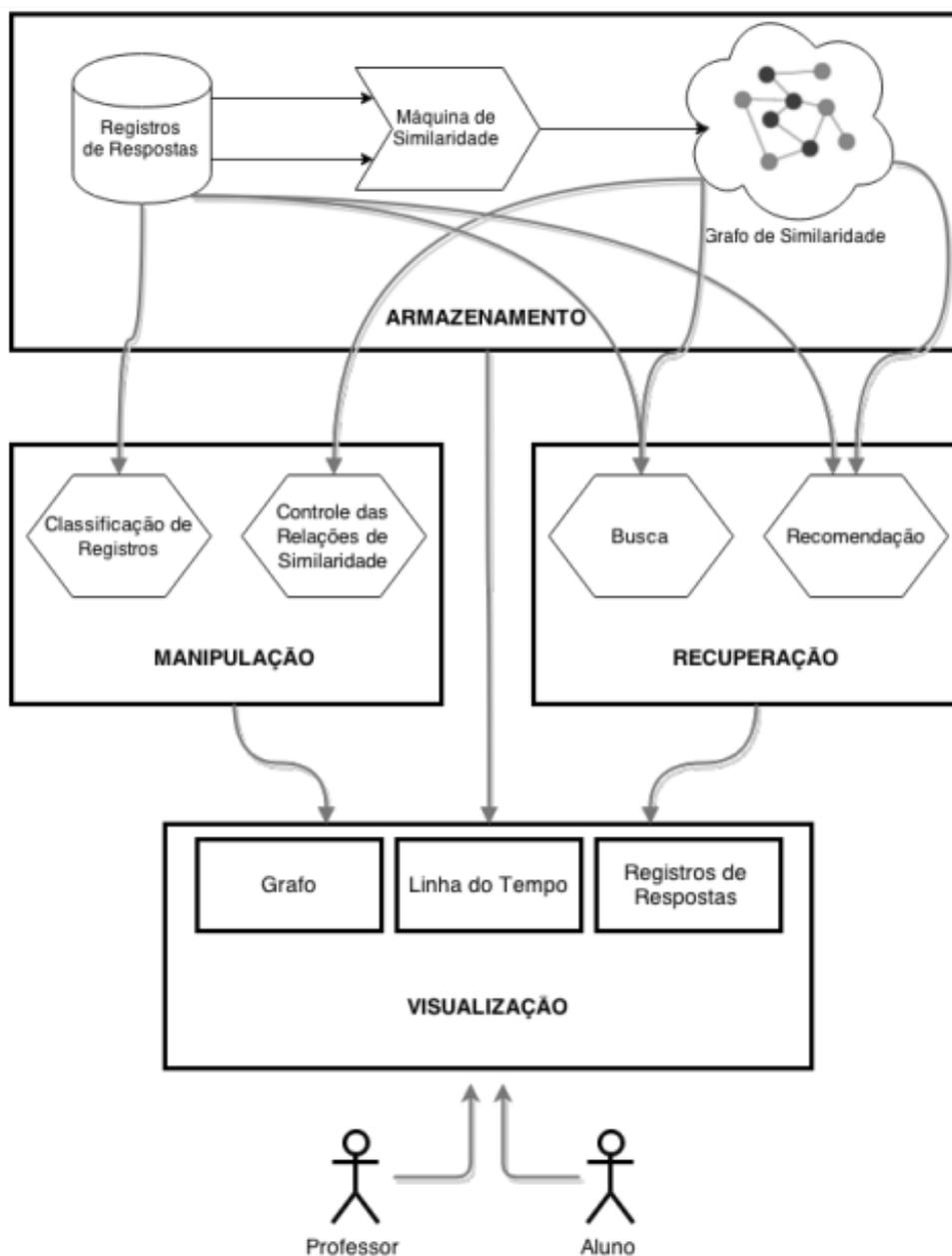


Figura 4.1: Organização da FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].

- Para cada um dos grupos, definem-se quais questões possuem, supostamente, maior relevância para o grupo;
- Dentre as respostas dadas pelos alunos do grupo às questões consideradas relevantes, encontram-se as mais representativas.

A manipulação dos registros se caracteriza por duas funções: (1) categorizar as respostas e (2) inserir e remover relações entre registros. A categorização de respostas se trata da atribuição de *tags* para os registros de respostas erradas (e.g., "erro de soma", "vai-um", "divisão por zero"). A inserção e remoção de relações entre registros permitem ao professor alterar as relações de semelhança entre as respostas. A ferramenta ainda conta com um algoritmo de

propagação de *tags*, que trabalha sugerindo qual *tag* deve ser adicionada para um registro de erro, e também é permitido ao professor aceitar ou rejeitar esta sugestão³.

A visualização das respostas aos professores e alunos pode acontecer de três formas: (1) visualização dos atributos de registros de respostas, (2) visualização do grafo de similaridade e (3) visualização temporal. A visualização dos atributos de registros de respostas permite uma visualização simples e completa de tais atributos, conforme apresentado na Figura 4.2. A visualização do grafo de similaridade, apresentado na Figura 4.3, é restrito aos professores, e fornece uma visão clara dos relacionamentos descritos anteriormente, bem como as ações de manipulação dos registros. A visualização temporal, apresentada na Figura 4.4 permite a visualização dos registros de respostas em ordem cronológica de ocorrência, no formato de uma linha de tempo.

Aluno	Aluno 34
Questão	Ocorrências
Turma	Alg1 - Prof Marcos - 01/2015
O.A.	Lista de exercicios 5 [2014]
Tentativa	#2
Resultados	<input type="checkbox"/> pas <input checked="" type="checkbox"/> correta

Realizada em 19/05/2015 às 13:45:31

Vizualizar resposta

Mais detalhes

Visualizar componente conexa no grafo

Visualizar respostas semelhantes no grafo

Tags

Confirmadas:

Correta ✘

Adicionadas automaticamente:

Inserir tag

Resultado dos casos de teste

Caso de teste do enunciado Diff

Figura 4.2: Visualização do registro de resposta na FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].

³Cada ação de manipulação dos registros realizada pelo professor faz com que o sistema se adapte a esta nova informação, refinando o processo de propagação de *tags*. No contexto do presente trabalho os detalhes acerca de tais mecanismos não são importantes, mas podem ser consultados em maiores detalhes na tese de doutorado de Kutzke [2015].

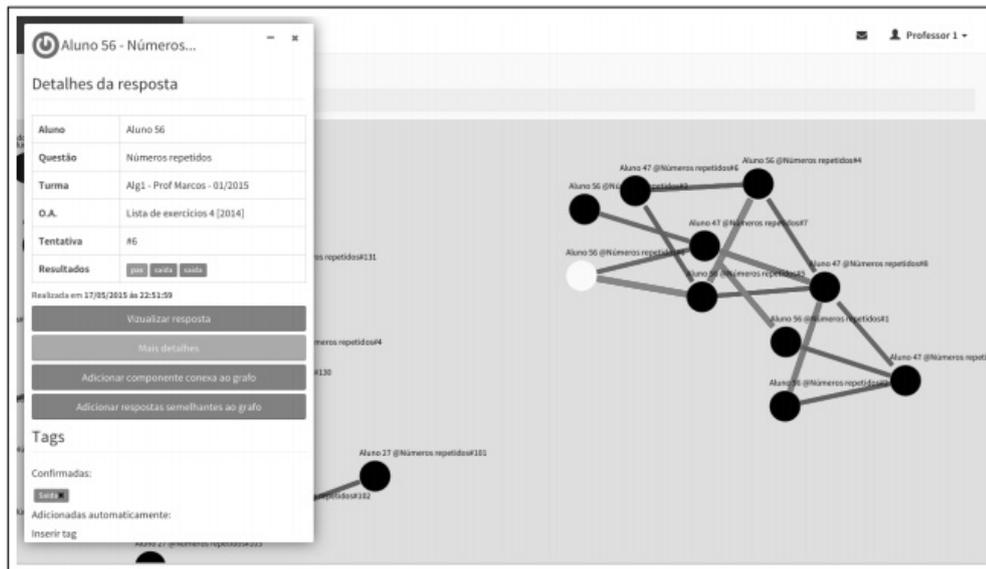


Figura 4.3: Visualização do grafo de similaridade na FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].

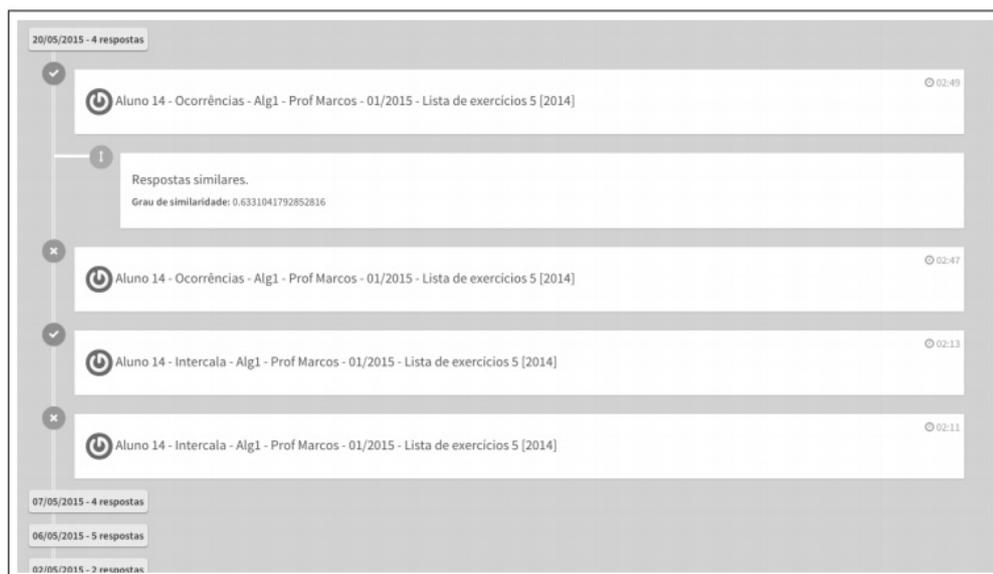


Figura 4.4: Visualização da linha do tempo na FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].

4.2 Esquema de funcionamento

Originalmente, a FARMA-ALG estende um esquema de funcionamento já existente, desenvolvido por Marczal e Direne [2012] em sua tese de doutorado para FARMA, uma ferramenta educacional voltada para o ensino de conceitos matemáticos. A extensão deste esquema é apresentada na Figura 4.5. A mudança consiste na inserção dos módulos do arcabouço, explicados brevemente na Seção 4.1, posicionando-o antes dos registros de resposta.

Comentando resumidamente sobre este esquema, ele parte da criação dos objetos de aprendizagem, por parte dos professores. Posteriormente, os objetos de aprendizagem são inseridos em registros de turmas, onde podem ser disponibilizados para os alunos. Os alunos

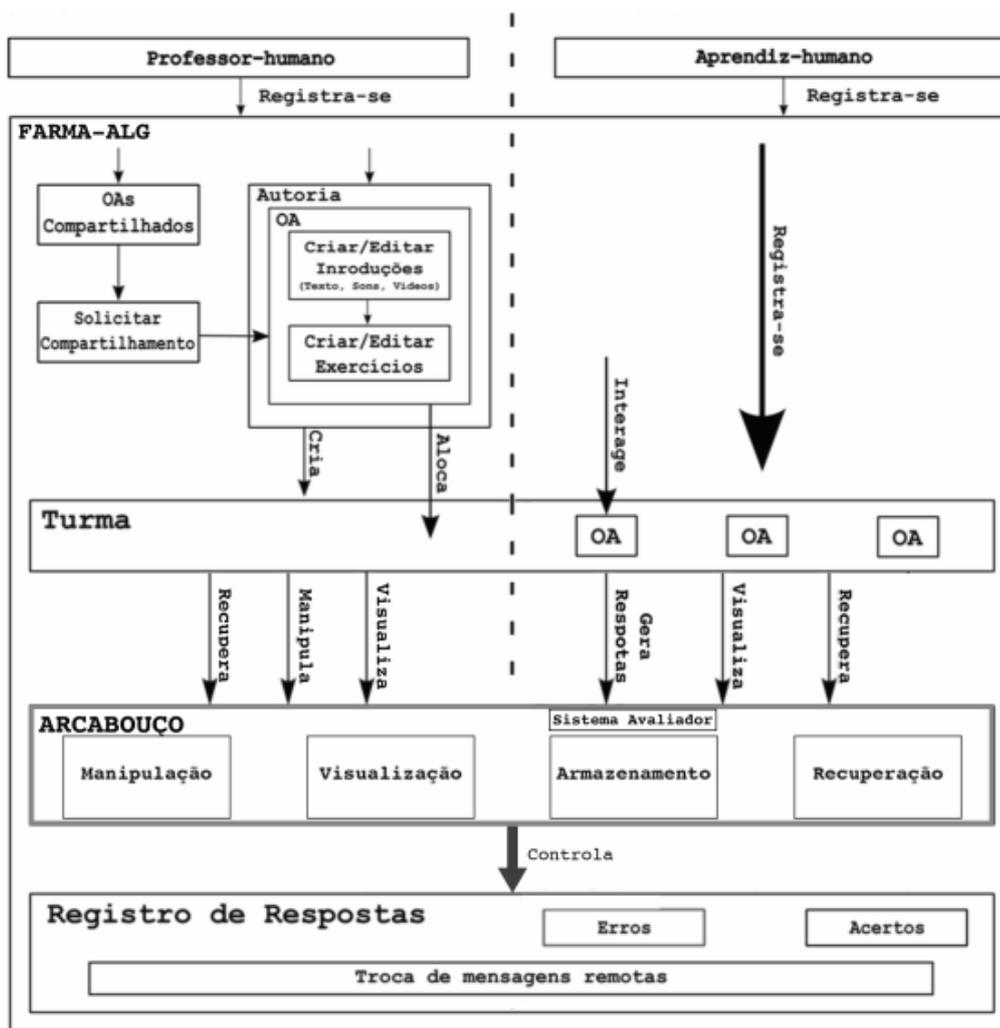


Figura 4.5: Esquema de funcionamento da FARMA-ALG. Retirado de Kutzke [2015].

registram-se em turmas, trabalham neles e submetem suas respostas. Estes registros passam pelos processos descritos na Seção 4.1, onde são controlados e podem ser acessados.

O esquema adaptado para o uso da gamificação é apresentado na Figura 4.6. A definição de um objeto de aprendizagem como tarefa ou desafio está implícito na sua criação, e é adicionada uma associação com uma pontuação apenas para indicar que a gamificação está incluída naquele ponto. Da mesma forma, a representação de atividades está implícita no arcabouço da ferramenta, que inclui um elemento geral de visualização. A pontuação posicionada abaixo do registro de erros indica que ela é gerada para o aluno dependendo de seus registros de resposta. Por fim, os ranqueamentos são determinados pela pontuação.

Legadas das arquiteturas anteriores, a FARMA-ALG gamificada conta ainda com suas funcionalidades básicas⁴. Para consulta de respostas por parte dos professores, o grafo de respostas é utilizado (ver Figura 4.7). Isso os leva para dois tipos de consulta: a consulta rápida, que acontece ao selecionar um nodo do grafo (ver Figura 4.8); e a consulta completa, com todas as informações da resposta disponíveis (ver Figura 4.9). Adicionalmente, o professor pode

⁴Cadastro, edição, exclusão e consulta dos dados inseridos na ferramenta, de acordo com o nível de privilégio do usuário.

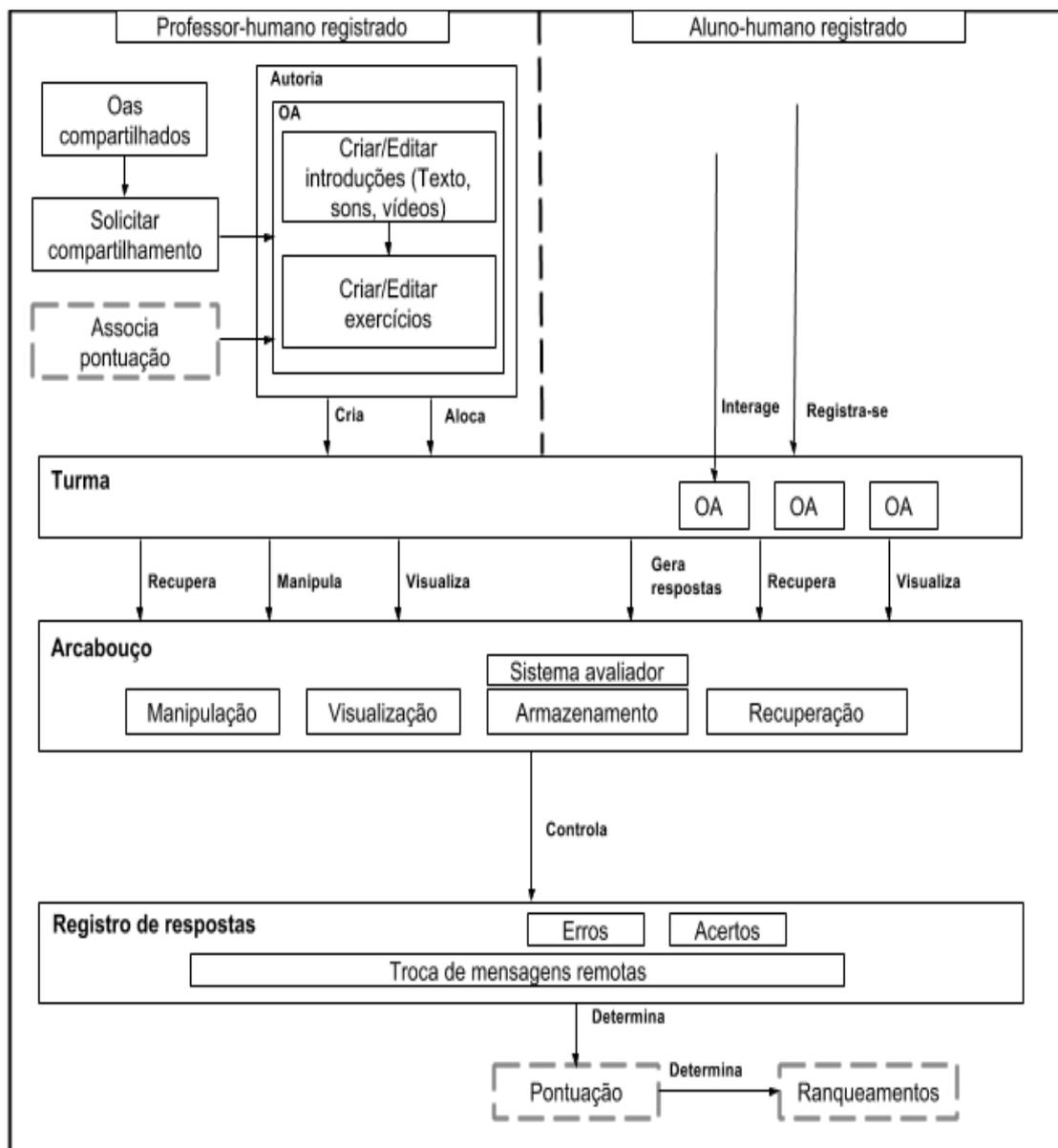


Figura 4.6: Esquema de funcionamento da FARMA-ALG com gamificação.

consultar apenas o total de exercícios respondidos corretamente na lista de exercícios, facilitando assim a visualização da entrega de exercícios (ver Figura 4.10).

Aos alunos, é permitido a consulta a suas respostas anteriores, que são exibidas começando pela mais recente (ver Figura 4.11). Adicionalmente, a página das listas de exercícios da turma à qual o aluno faz parte, informam seu progresso nas listas da turma em questão (ver Figura 4.12), e a página de uma lista de exercícios em específico lhe informa sua situação atual para cada exercício da lista (ver 4.13). Acessando a página de um exercício em específico, ele pode então submeter sua resposta, recebendo como *feedback* da ferramenta se a resposta passou ou não nos casos de teste cadastrados para o exercício em questão (ver Figura 4.14).



Figura 4.7: Grafo de respostas na FARMA-ALG gamificada.

4.3 Tabelas de Ranqueamento

Relembrando as informações da Seção 3.2, o sistema conta com três tabelas de ranqueamento: (1) ranqueamento global, (2) ranqueamento semanal e (3) ranqueamento através da tabela de incentivo. Um exemplo da representação visual destas tabelas na ferramenta é apresentado na Figura 4.15. A figura exhibe o que pode ser denominado a página de ranqueamentos do sistema, apresentando as tabelas de ranqueamento global e semanal, incluindo também o ranqueamento de incentivo, que possuem um formato simples, exibindo os identificadores dos alunos na coluna "Aluno" e suas respectivas pontuações. No ranqueamento global e semanal é exibido o "top X" de alunos com maior pontuação.

O ranqueamento de incentivo é apresentado na Figura 4.15 na parte descrita como "Sua situação atual", pois ele é particular ao aluno. Optou-se pela estratégia simples de exibir quem está imediatamente à frente e atrás do aluno no ranqueamento, considerando adicionalmente a estratégia de que, quando o aluno é o último colocado, exibe-se atrás dele um aluno "fantasma", com uma pontuação inferior ou igual a dele. Cabe ressaltar uma regra geral sobre este esquema: alunos fantasmas não são adicionados se o número total deles somado ao número total de alunos já presente na tabela, seja superior ao número total de alunos matriculados na disciplina. Uma vez que os alunos possuem acesso a lista de alunos matriculados na disciplina, existe a possibilidade deles compararem o número total destes com o do ranqueamento de incentivo, tornando de fácil percepção quando um aluno fantasma é aplicado, acabando com o propósito da estratégia.

Dentro do ranqueamento de incentivo, apresentam-se como dados o identificador dos alunos, sua pontuação e, conforme comentado na Seção 3.2, os últimos N registros de resposta destes. A parte da figura referente aos registros de respostas sugere um esquema simples onde o nome da atividade respondida é apresentado, e as cores representam se foi uma tentativa que resultou em acerto (verde) ou erro (vermelho). A sequência cronológica de tentativas é da esquerda para direita, e a figura mostra propositalmente algumas questões já respondidas de forma correta, novamente incorretas a frente, pois ao aluno é dada total liberdade para tentar



Figura 4.8: Consulta rápida de resposta por parte dos professores na FARMA-ALG gamificada.

novas soluções⁵. Cabe notar também na figura que as questões parecem ser respondidas fora de ordem, pois conforme comentado na Seção 3.3, esta ordem é determinada pelo conjunto de dependências criadas.

4.4 Representação de Atividades

As atividades podem ser definidas como tarefas ou desafios, conforme já comentado na Seção 3.3. Não existe nenhum detalhe em especial neste processo, sendo apenas necessário indicar a qual categoria a atividade pertence. Um objeto de aprendizagem pode possuir diversas

⁵Embora que, uma vez que uma atividade seja respondida corretamente pelo aluno, novas tentativas não implicam na alteração do *score* da tarefa, e nem do aluno.

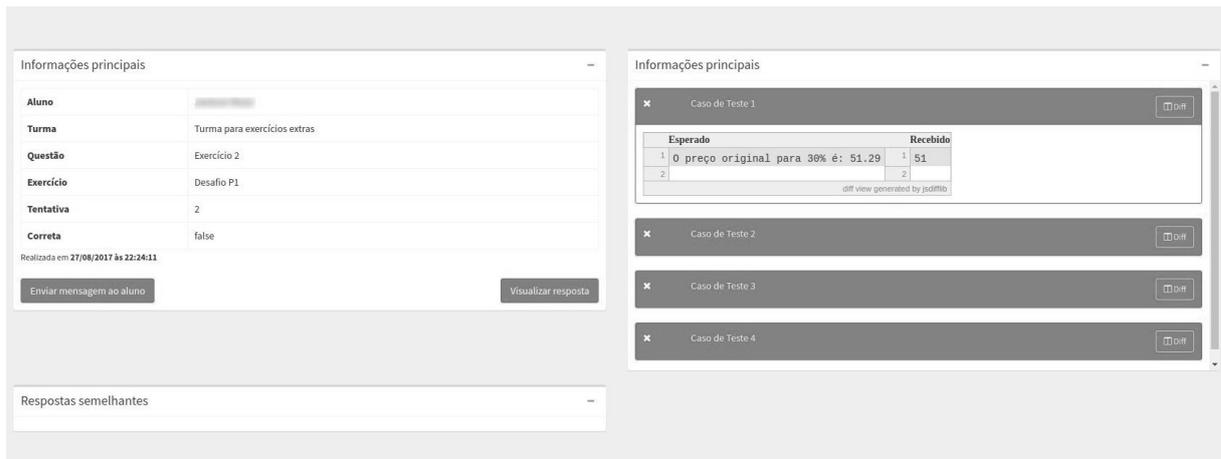


Figura 4.9: Consulta completa de resposta por parte dos professores na FARMA-ALG gamificada.

Cada coluna representa a quantidade de questões respondidas corretamente pelo aluno no exercício

Aluno	Lista 1-D (7 questões)	Lista 2-D (9 questões)	Lista 4-D (8 questões)	Lista 3-D (12 questões)	Lista 5-D (7 questões)	Lista 6-D (6 questões)	Lista 7-D (6 questões)
[Redacted]	7	9	8	10	7	6	0
[Redacted]	7	9	7	12	7	6	6
[Redacted]	4	7	1	7	5	2	0
[Redacted]	7	9	8	12	7	6	6
[Redacted]	7	9	8	11	7	6	0
[Redacted]	0	0	0	0	0	0	0
[Redacted]	7	9	8	12	7	6	6
[Redacted]	0	0	0	0	0	0	0
[Redacted]	5	7	0	6	5	3	5
[Redacted]	7	9	4	12	7	6	3
[Redacted]	7	9	6	11	6	6	0
[Redacted]	7	9	1	9	6	6	2
[Redacted]	7	3	5	0	5	6	5
[Redacted]	7	9	0	9	7	3	0

Figura 4.10: Consulta rápida da entrega de exercícios na FARMA-ALG gamificada.

atividades, e dentre estas atividades, é possível definir dependências entre elas. Considerando o exemplo das relação entre as atividades X, W, Y e Z, apresentado no final da Seção 3.3. Estas dependências podem ser mapeadas da seguinte maneira:

$$X \quad (4.1a)$$

$$W \wedge Y \implies X \quad (4.1b)$$

$$Z \implies W \vee Y \quad (4.1c)$$

onde o formato $atividade_1 \implies atividade_2$ significa que a $atividade_1$ é liberada após a resolução da $atividade_2$.

A representação de atividades na ferramenta precisa apresentar de maneira clara ao aluno tais dependências. A Figura 4.16 apresenta a página da FARMA-ALG gamificada com esta função. A página contém as seguintes informações: (1) tarefas e desafios liberados para o aluno resolver; (2) tarefas e desafios bloqueados ao aluno; (3) pontuações atribuídas para cada atividade.

▼ Filtros

Intervalo de tempo: Classificação da resposta:

Disciplinas Turma Inicial Turma para exercícios extras

Questões

Buscar respostas

Turma	Exercício	Questão	Tentativa	Horário	Resposta
Turma para exercícios extras	Desafio P1	Exercício 2	6	2017-12-17 15:27:50	Incorreta
Turma para exercícios extras	Desafio P1	Exercício 7	1	2017-09-12 08:42:09	Correta
Turma para exercícios extras	Desafio P1	Exercício 2	5	2017-09-12 08:38:10	Incorreta
Turma para exercícios extras	Desafio P1	Exercício 2	4	2017-09-11 20:34:17	Incorreta
Turma para exercícios extras	Desafio P1	Exercício 2	3	2017-09-11 20:29:33	Incorreta
Turma para exercícios extras	Desafio P1	Exercício 2	2	2017-09-11 20:27:33	Incorreta
Turma para exercícios extras	Desafio P1	Exercício 2	1	2017-09-11 20:26:59	Incorreta

Figura 4.11: Consulta de respostas por parte dos alunos na FARMA-ALG gamificada.

Rankings **Exercícios** Alunos matriculados

#	Exercício	Progresso
0.	Desafio P1	<div style="width: 100%;"></div>
1.	Desafio P2	<div style="width: 0%;"></div>

Figura 4.12: Consulta do progresso do aluno numa lista de exercícios na FARMA-ALG gamificada.

Status das questões Mapeamento de dependências

#	Questão	Resposta
0.	Exercício 2	Errada
1.	Exercício 3	Sem resposta
2.	Exercício 4	Sem resposta
3.	Exercício 9.2	Sem resposta
4.	Exercício 7	Correta
5.	Exercício 8	Sem resposta
6.	Exercício 10	Sem resposta
7.	Exercício 9.1	Sem resposta
8.	Exercício 6	Sem resposta
9.	Exercício 5	Sem resposta
10.	Exercício 1	Sem resposta

Figura 4.13: Consulta da situação atual do aluno nos exercícios de uma lista de exercícios na FARMA-ALG gamificada.

```

1 program Hello;
2 begin
3   writeln ('Hello, world. ');
4   readln;
5 end.
```

Linguagem permitida: **Pascal**

● Resposta incorreta Submeter resposta

✖ Caso de Teste 4 Input fornecido Output recebido

Inputs:

Output:

✖ Caso de Teste 3 Input fornecido Output recebido

✖ Caso de Teste 2 Input fornecido Output recebido

✖ Caso de Teste 1 Input fornecido Output recebido

Enunciado:

Um comerciante quer dar duas categorias de desconto para seus produtos: ou de 30 ou de 40%. A vitrine de sua loja apresenta sempre os produtos com preço ORIGINAL, sem desconto. Se o produto custa (sem desconto) exatamente R\$ 87,00 (oitenta e sete Reais) ou mais, o desconto será de 40%, senão o desconto será de 30%.

Para definir o preço COM desconto, o comerciante define primeiro, secretamente, o preço de cada mercadoria já considerando o desconto. Devido a isso, o seu problema passou a ser o de determinar o preço original de cada mercadoria para divulgar na vitrine.

Escreva um programa em linguagem Pascal que permite ler, a partir do teclado, um número Real positivo representando o preço COM DESCONTO de uma única mercadoria. O programa deve calcular e imprimir o preço a ser anunciado da mercadoria, de acordo com o que foi descrito anteriormente, junto da mensagem que diz o desconto que será aplicado. Veja os exemplos abaixo.

- Ex de entrada: 51.37
- Ex de saída: O preço original para 30% é: 73.39
- Ex de entrada: 55.42
- Ex de saída: O preço original para 40% é: 92.37

Figura 4.14: Local onde o aluno pode submeter suas respostas aos exercícios na FARMA-ALG gamificada.

Rankings
Listas de exercício
Alunos matriculados

Ranking geral

Aluno	Pontuação
1º cac635b7	80
2º 9ca83e1a	57
3º 8df4f638	55
4º Lena Oxton	45

Ranking da semana

Aluno	Pontuação
1º 8df4f638	42
2º cac635b7	22
3º Lena Oxton	22
4º 9ca83e1a	22

Sua situação atual

Aluno	Últimas respostas
8df4f638	Question 0 Question 1 Question 2 Question 3
Lena Oxton	Question 0 Question 1 Question 2 Question 3
a531ff6f	Question 3 Question 3 Question 1 Question 2 Question 3

Figura 4.15: Página das tabelas de ranqueamento.

Status das questões		
Mapeamento de dependências		
Questão	Dependências AND (todas devem ser respondidas)	Dependências OR (ao menos uma delas deve ser respondida)
Exercício 2 Valor: 20.0 (variável)		
Exercício 3 Valor: 20.0 (variável)		
Exercício 4 Valor: 20.0 (variável)		
Exercício 9.2 Valor: 40.0 (variável)		<ul style="list-style-type: none"> • Exercício 10 • Exercício 7 • Exercício 6 • Exercício 4
Exercício 7 Valor: 20.0 (variável)		
Exercício 8 Valor: 80.0 (fixo)	<ul style="list-style-type: none"> • Exercício 5 	
Exercício 10 Valor: 20.0 (variável)		
Exercício 9.1 Valor: 40.0 (variável)		<ul style="list-style-type: none"> • Exercício 7 • Exercício 6 • Exercício 4 • Exercício 10
Exercício 6 Valor: 20.0 (variável)		
Exercício 5 Valor: 40.0 (variável)	<ul style="list-style-type: none"> • Exercício 3 • Exercício 2 	
Exercício 1 Valor: 80.0 (fixo)	<ul style="list-style-type: none"> • Exercício 9.2 • Exercício 9.1 	

Figura 4.16: Página com a representação visual das dependências e pontuações de uma lista de exercícios na FARMA-ALG gamificada;

5. Experimento e Resultados

Este capítulo descreve o experimento realizado para validação da gamificação na FARMA-ALG, mostrando a visão dos alunos sobre a ferramenta e conclusões às quais é possível chegar verificando os dados coletados, incluindo algumas comparações com dados de semestres anteriores.

O capítulo encontra-se organizado da seguinte forma: a Seção 5.1 descreve os detalhes do experimento realizado, explicando a maneira como foi organizado e executado, e também descrevendo algumas dificuldades enfrentadas. A Seção 5.2 trata de expor os resultados obtidos através do experimento, relacionados aos (1) dados de utilização da ferramenta; (2) questionário feito para que os alunos avaliassem sua experiência com a ferramenta e seus elementos de gamificação; e (3) dados históricos da disciplina onde a ferramenta foi aplicada. Por fim, a Seção 5.3 trata de sumarizar os resultados da Seção 5.2, verificando se os objetivos traçados para o presente trabalho foram alcançados.

5.1 Detalhes do Experimento

A ferramenta foi aplicada em duas turmas da disciplina inicial de Algoritmos e Estrutura de Dados da UFPR, tendo um total inicial de 54 alunos. Essa disciplina compõe a matriz curricular do primeiro semestre dos cursos de Bacharelado em Ciência da Computação e Informática Biomédica. Dessa forma, as turmas são formadas, em geral, por alunos recém chegados no ensino superior e repetentes dos semestres anteriores.

As turmas possuem o mesmo conteúdo programático e são sincronizadas em questões de datas de avaliações e entrega de exercícios. Dentro da FARMA-ALG, os alunos estão distribuídos nas turmas denominadas A, B, C e D, tendo o total de 11, 14, 15 e 14 alunos, respectivamente. Esta divisão foi realizada por causa da necessidade levantada pelos professores em passar listas de exercícios diferentes para determinados grupos de alunos, algo que eles afirmam ter diminuído a ocorrência de cópias em outros semestres.

Não foi possível chegar num consenso com os professores sobre uma estratégia para utilização integral dos elementos de gamificação propostos no Capítulo 4, tendo eles optado por seguir uma estratégia convencional de aplicação das listas de exercícios: os alunos são livres para responderem as questões na sequência que desejarem, e a resposta correta é sempre recompensada com uma pontuação fixa de um ponto (i.e., os elementos de variação de pontuação e dependência entre questões foram descartados). Esse foi o esquema adotado para utilização da gamificação nas turmas A, B, C e D.

As atividades aplicadas nas turmas A, B, C e D eram de baixa dificuldade, e para preparação dos alunos para as provas da disciplina, os professores optaram então pela criação de uma lista de exercícios extras antes de cada avaliação, tendo nelas incluídas questões com níveis de dificuldades maiores, que se assemelhassem às questões que seriam cobradas nas avaliações. Para aplicação destas listas extras, foi criada uma turma separada, com todos os

54 alunos fazendo parte dela. As listas de exercícios desta turma são de caráter opcional aos alunos, não prevendo nenhuma punição em caso de ausência destes. Devido a essa característica, os professores concordaram na utilização de todos os elementos de gamificação propostos no capítulo 4, com uma ressalva: assim como os alunos não seriam punidos por não responderem as listas, também não seriam recompensados por respondê-las. A *recompensa* aqui mencionada se refere a recompensas na disciplina (i.e., pontos extras ou qualquer tipo de vantagem em relação a nota), os alunos continuam com as recompensas intrínsecas aos elementos de gamificação utilizados (e.g., aparecer no topo do ranqueamento, quando seu desempenho for suficiente para isso). No entanto, embora não seja previsto nenhum tipo de recompensa com pontos na disciplina, as avaliações são compostas por questões das listas extras, com os alunos cientes deste fato.

Com exceção do que já foi mencionado, não há outros detalhes relevantes a respeito das listas de exercícios das turmas A, B, C e D. Para as listas extras porém, buscou-se categorizar as questões como de baixa, média e alta complexidade. Essa categorização foi feita com base na análise dos enunciados, e levando em consideração uma classificação prévia sugerida pelos monitores da disciplina, que por estarem em constante contato com os alunos, tinham maior compreensão das nuances de suas dificuldades.

Com a categorização das questões, elaborou-se então o esquema de dependências entre as questões. Quanto mais alta a complexidade da questão, maior a pontuação atribuída a ela, e todas com exceção daquelas classificadas com a mais alta complexidade, tem sua pontuação variável. As questões com a maior quantidade de dependências possuem uma pontuação fixa e consideravelmente maior que as que a antecederam. Além disso, os esquemas de dependências foram propostos de maneira que houvessem dois caminhos para se chegar numa das questões de maior pontuação, sendo um relativamente mais curto que o outro.

5.2 Resultados

Esta seção apresenta os dados obtidos com o experimento realizado, analisando pontos de interesse para o presente trabalho. Cabe ressaltar que estes dados são de um semestre parcial, que abrange a realização de duas provas (de um total de três) na disciplina, pois devido ao prazo para o término do presente trabalho, os resultados aqui apresentados tiveram de ser escritos antes do término do semestre letivo.

A Seção 5.2.1 mostra os dados obtidos durante a aplicação das listas de exercícios obrigatórias, com questões de nível introdutório aos tópicos cobertos durante a disciplina, e com um nível de dificuldade menor. A Seção 5.2.2 mostra os dados obtidos durante a aplicação das listas de exercícios opcionais, com questões de maior nível de complexidade e onde todos os elementos de gamificação propostos foram aplicados. A Seção 5.2.3 mostra os resultados obtidos com a aplicação de um questionário aos alunos, referente a experiência de usarem a FARMA-ALG gamificada. A Seção 5.2.4 mostra alguns dados brutos de utilização da FARMA-ALG, comparando-os com os dados obtidos na utilização da versão anterior à FARMA-ALG gamificada. A Seção 5.2.5 mostra as notas obtidas pelos alunos nas provas da disciplina, comparando-as com as notas obtidas na aplicação da versão anterior à FARMA-ALG gamificada. Por fim, a Seção 5.2.6 mostra a porcentagem de evasão dos alunos, comparando-os com os dados dos últimos anos da disciplina em questão.

5.2.1 Listas de Exercícios Obrigatórias

Esta seção destina-se a expor alguns dados de utilização da ferramenta nas listas de exercícios das turmas A, B, C e D. O que se busca entender nesta seção é se a quantidade

de tentativas de resposta, bem como a de visualizações de resposta, afeta o total de questões respondidas corretamente pelo aluno. Referente ao número de questões respondidas corretamente, verifica-se qual sua porcentagem média, pois porcentagens baixas podem exigir uma análise aprofundada para verificar se o causador de tal número pode ser a FARMA-ALG gamificada. Além disso, busca-se comprar o total de respostas submetidas no período de uma avaliação da disciplina para outra, observando através dos números se o interesse dos alunos arrefeceu ou não neste intervalo de tempo.

Todas as turmas contaram com sete listas de exercícios, de seis a 12 questões, sendo que cada lista tinha o mesmo número de questões que a sua correspondente nas demais turmas. A Figura 5.1 mostra as porcentagens de questões respondidas corretamente pelos alunos, bem como a quantidade de questões com tentativas de resposta. Os alunos obtiveram uma média de 65,18% de questões respondidas corretamente, sendo que 70,37% dos alunos conseguiram responder mais do que 50% das questões corretamente. Os alunos obtiveram uma média de 69,73% de questões com tentativas de resposta, enquanto que 77,77% dos alunos tentaram responder mais do que 50% das questões. A variação entre respostas corretas e tentativas de resposta é baixa, inclusive nos alunos com o menor desempenho nessas listas de exercícios. Com isso também é possível verificar um perfil predominante entre os alunos, que é o do aluno que ao não conseguir resolver alguma questão, pouco tenta responder as demais, normalmente desistindo em seguida.

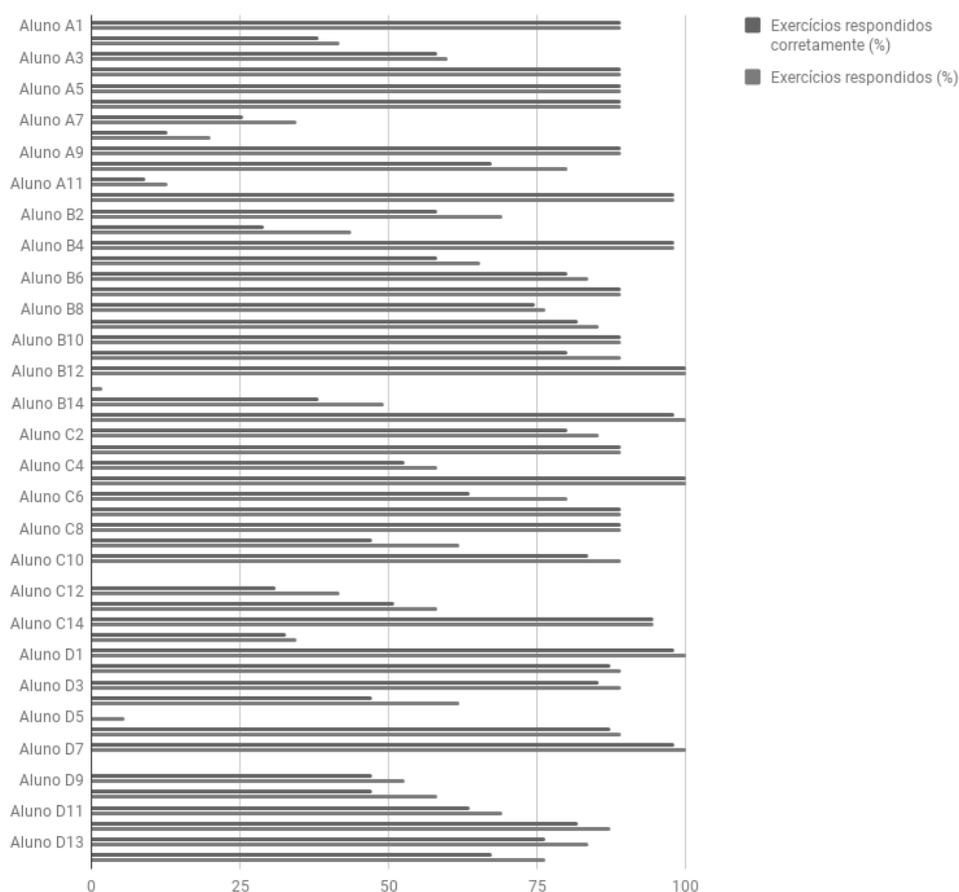


Figura 5.1: Porcentagens de questões respondidas corretamente e com tentativas de respostas dos alunos na listas de exercícios obrigatórias.

Embora que, para o presente trabalho, não se obteve acesso a dados referentes a resolução de listas de exercícios em semestres anteriores, pode-se presumir que uma porcentagem acima de 50% de exercícios respondidos corretamente não é um número alarmante sobre baixo desempenho, e também pode-se presumir que a porcentagem acima de 50% de exercícios com tentativas de resposta não é um número alarmante sobre o comprometimento dos alunos na resolução dos exercícios. Uma comparação com dados de mais semestres se faz necessária para validar essa afirmação, mas inicialmente pode-se concluir que, assim como nas notas das provas da disciplina, a ferramenta gamificada não contribuiu negativamente na resolução dos exercícios.

Entende-se que disciplinas de programação contam com um elevado número de erros dos alunos na resolução de exercícios, e que rever respostas fornecidas anteriormente, corretas ou não, é um comportamento comum e necessário para o aprendizado. As Figuras 5.2 e 5.3 buscam verificar isso, apresentando a média de tentativas de resposta e visualizações de resposta dos alunos, que se encontram agrupados de acordo com a porcentagem de exercícios respondidos corretamente. Alunos que não realizaram nenhuma tentativa de resposta foram desconsiderados neste gráfico.

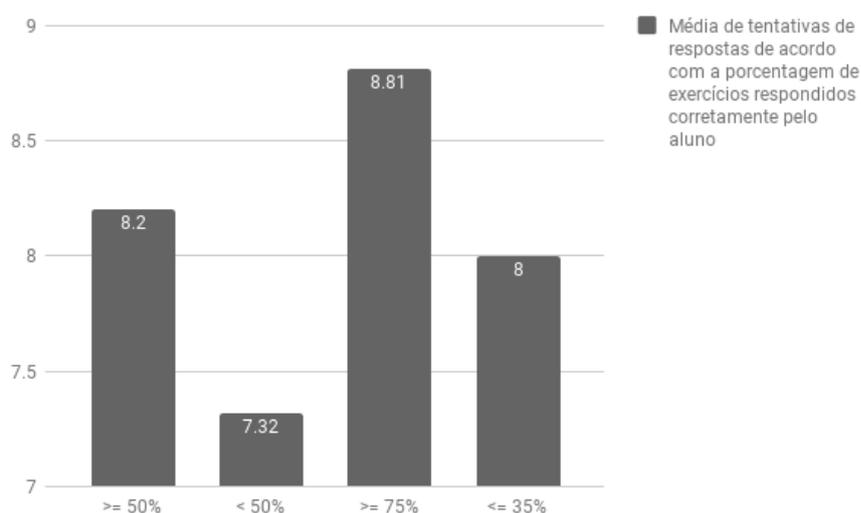


Figura 5.2: Média de tentativas de respostas dos alunos.

Embora por uma diferença pequena, a média de respostas fornecidas pelos alunos com desempenho inferior é, também, inferior. O mesmo se aplica a visualização de respostas, porém com uma diferença maior. As médias dos alunos com 35% ou menos acertos, e daqueles com 75% ou mais de acertos, visa verificar se a diferença nesses dados aumenta de acordo com a diferença de desempenho dos alunos. Os dados não confirmam essa tendência na quantidade de respostas, mas há uma grande diferença na média de visualização de respostas, o que pode indicar que este seja um fator determinante no desempenho dos alunos e no qual a gamificação pode ajudar.

Outro dado a ser observado é a utilização da ferramenta no intervalo de uma avaliação da disciplina para outra, medida pelo número de respostas dadas. Para a primeira avaliação da disciplina, cada turma teve um total de quatro listas de exercícios para serem resolvidas, 36 questões por turma somando um total de 144 questões. Da data de início da utilização da ferramenta até a data da primeira avaliação 34 dias se passaram, e nesse intervalo de tempo um total de 16838 tentativas de resposta foram registradas na ferramenta. Na segunda avaliação da disciplina, três listas foram utilizadas em cada turma, 21 questões por turma somando um total de

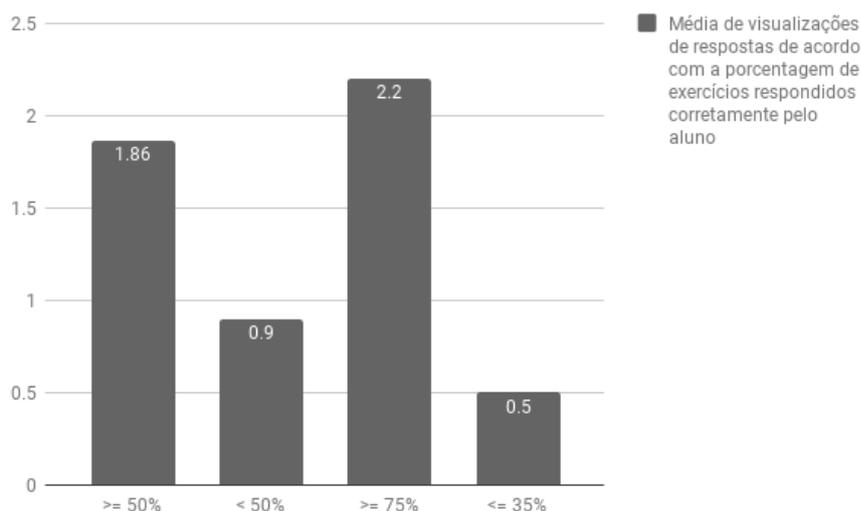


Figura 5.3: Média de visualizações de respostas dos alunos.

84 questões. Da data da primeira para segunda avaliação, 44 dias se passaram, e nesse intervalo de tempo, um total de 16593 tentativas de resposta foram registradas.

Pode-se afirmar que o número de respostas continuaram equivalentes ao longo das duas avaliações da disciplina. Isso fortalece a hipótese de que o interesse dos alunos pela ferramenta não arrefeceu com o passar do tempo, o que indica uma melhora no aspecto motivacional do aluno ocasionada pelo uso da ferramenta. Um ponto a se considerar, no entanto, é que estas listas valiam nota dentro da disciplina, o que levanta outra hipótese para justificar os números equivalentes: os alunos respondiam por obrigação.

5.2.2 Listas de Exercícios Opcionais

Esta seção destina-se a verificar os resultados obtidos nas listas de exercícios opcionais aplicados na turma de exercícios extras, dentro da FARMA-ALG. O que se busca verificar é se os alunos se interessaram em respondê-las, uma vez que eram opcionais, comparando a quantidade de respostas e alunos que tentaram resolver cada uma das listas. Além destes números, uma análise diretamente no resultado das tentativas de respostas de cada aluno para cada questão é realizada (i.e., se o aluno respondeu corretamente, incorretamente ou não respondeu determinada questão), verificando o comportamento deles ao responder para identificar se as estratégias de pontuação e o esquema de dependências influenciaram em sua escolha de questões para responder. Referente ao desempenho individual dos alunos, busca-se comparar o número de tentativas de respostas e visualizações de respostas obtidas em cada lista, pelos alunos que tentaram responder ambas, observando o saldo final desta comparação para verificar se houve alguma diferença de desempenho e esforço.

Como mencionado anteriormente, as listas de exercícios extras são onde todos os elementos de gamificação propostos foram aplicados, o que as tornam um ponto de análise interessante no sentido de verificar o aspecto motivacional dos alunos. Duas listas extras foram aplicadas, começando pela lista apresentada na Figura 5.4¹, com suas dependências representadas.

De um total de 54 alunos, 15 realizaram tentativas de resposta para primeira lista extra. A Figura 5.5 mostra as porcentagens de alunos que responderam corretamente os exercícios, e

¹O enunciado dos exercícios pode ser consultado no Anexo 6.1.

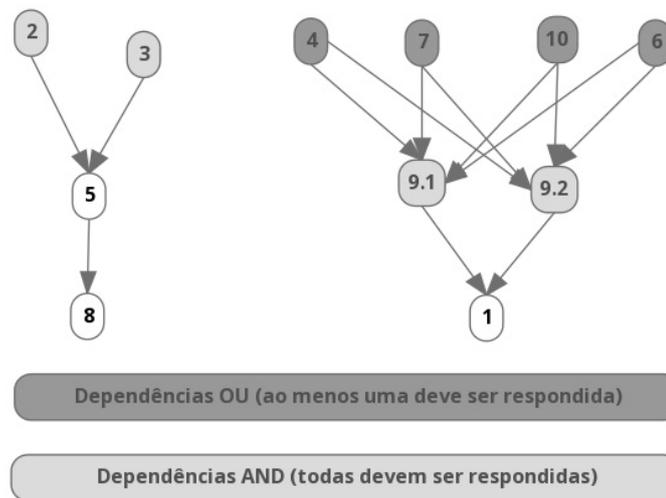


Figura 5.4: Dependências da primeira lista extra de exercícios

a Figura 5.6 por sua vez, mostra as porcentagens de alunos que tentaram responder a cada um dos exercícios. Aqui é possível verificar um aumento moderado nas porcentagens, o que indica certo grau de esforço para responder as questões. No entanto, estes números ainda podem ser considerados baixos.

A quantidade de alunos que responderam a primeira lista representa apenas 27,77% do total de alunos, enquanto que desta porcentagem, apenas três questões tiveram tentativas de respostas de mais de 50% dos alunos. As dependências são um fator a se considerar para o resultado desta análise, pois algumas questões permanecem bloqueadas para tentativas de respostas enquanto que as questões dependentes não são corretamente respondidas. No entanto, as três questões com tentativas de respostas de mais de 50% dos alunos são questões iniciais sem dependências, e a lista contém seis questões deste tipo.

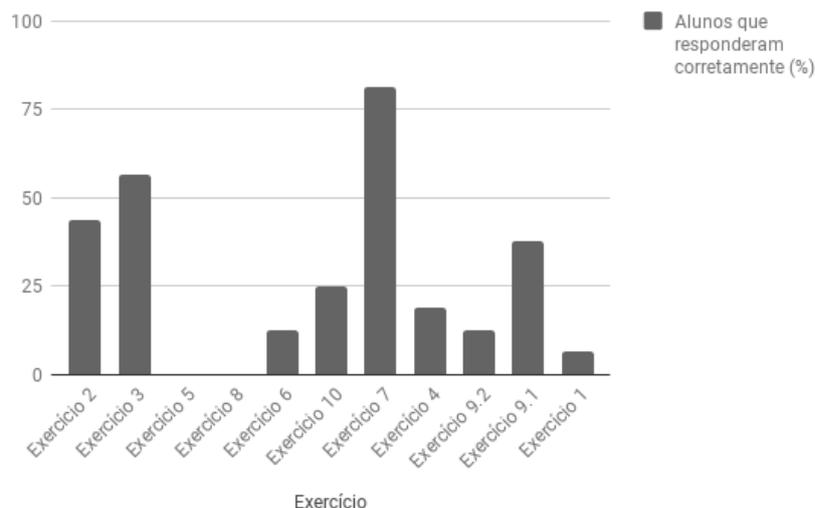


Figura 5.5: Porcentagem de alunos que responderam corretamente cada um dos exercícios da primeira lista extra.

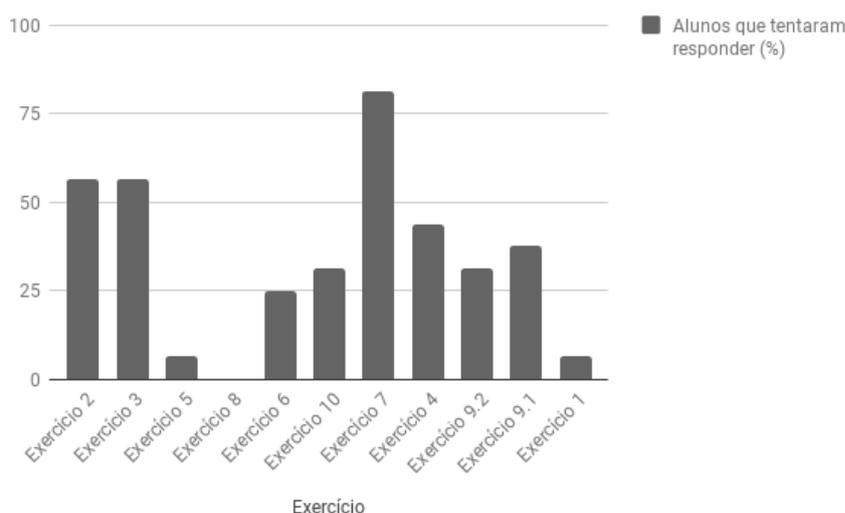


Figura 5.6: Porcentagem de alunos que realizaram tentativas de resposta em cada um dos exercícios da primeira lista extra

A Tabela 5.1² mostra o mapeamento de respostas dadas por cada aluno para cada exercício, informando se ela foi (1) respondida corretamente, (2) respondida embora não corretamente ou (3) sem tentativas de resposta (opções representadas na tabela como *C*, *I* e *N*, respectivamente). A identidade dos alunos permanece anônima, portanto são representados simplesmente como *Aluno "X"*. Adicionalmente à observação feita no parágrafo anterior, é possível notar que os exercícios 9.1 e 9.2 possuem poucos alunos que tentaram respondê-los, apesar de que dos 15 alunos listados, apenas dois não tenham respondido corretamente alguma de suas dependências (que são do tipo *OU*). O mesmo se aplica ao exercício 5, onde dos cinco alunos que o desbloquearam, apenas um tentou respondê-lo. Inicialmente com esses dados, é possível considerar a hipótese de que o esquema de dependências sozinho não estimulou o aluno a avançar.

Dando continuidade para segunda lista extra, a Figura 5.7 apresenta ela, com suas dependências representadas³. Ela contém 10 exercícios, e do total de 54 alunos, 27 realizaram tentativas de resposta, o que representa um aumento de 80% na quantidade de alunos em relação à primeira lista extra.

Seguindo o mesmo protocolo de análise da primeira lista extra, a Figura 5.8 mostra a porcentagens de alunos que responderam corretamente os exercícios, enquanto que a Figura 5.9 mostra a porcentagem de alunos que tentaram responder cada um dos exercícios. Diferente da primeira lista extra, as porcentagens pouco se alteraram, e há um aumento para o total de quatro exercícios onde mais de 50% dos alunos realizaram tentativas de resposta, e se tratam dos mesmos exercícios onde houve a maior porcentagem de acertos. Considerando o aumento no número de alunos que realizaram tentativas de resposta, e um menor número de exercícios em relação à primeira lista extra, este é um resultado considerado melhor que o da primeira lista extra.

²As questões são representadas por um número simplesmente porque dessa forma foram cadastradas na ferramenta. Esses números devem ser vistos apenas como uma identificação, e não representam uma ordem numérica que deva ser levada em consideração.

³O enunciado dos exercícios pode ser consultado no Anexo 6.1.

Tabela 5.1: Mapeamento de respostas da primeira lista extra de exercícios

	Exercício										
	1	5	6	9.1	10	8	7	9.2	4	3	2
Aluno A	C	N	C	C	C	N	C	C	C	C	C
Aluno B	N	N	C	C	N	N	N	N	N	C	N
Aluno C	N	N	N	C	C	N	C	I	I	C	N
Aluno D	N	N	N	C	I	N	C	I	I	C	C
Aluno E	N	N	I	C	C	N	C	I	C	C	C
Aluno F	N	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N
Aluno G	N	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N
Aluno H	N	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N
Aluno I	N	I	I	N	N	N	C	N	C	C	C
Aluno J	N	N	N	N	N	N	C	N	N	C	I
Aluno K	N	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N
Aluno L	N	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N
Aluno M	N	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N
Aluno N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	C	C
Aluno O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	C

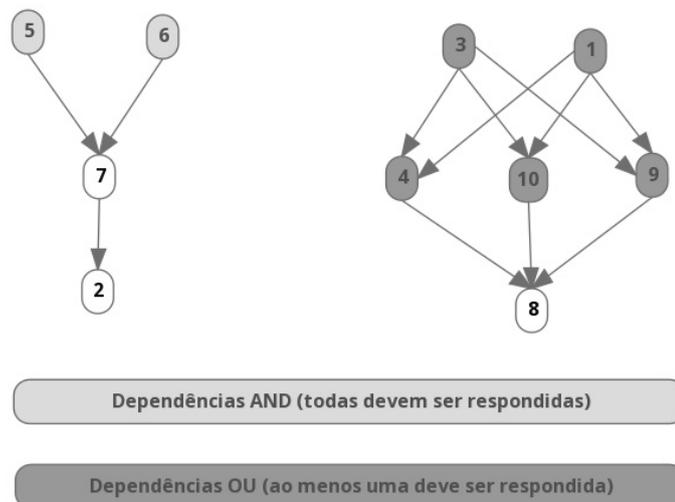


Figura 5.7: Dependências da primeira lista extra de exercícios

Seguindo o mesmo modelo da Tabela 5.1, a Tabela 5.2⁴ mostra o mapeamento de respostas na segunda lista extra. Afim de possibilitar a identificação dos alunos que responderam

⁴As questões são representadas por um número simplesmente porque dessa forma foram cadastradas na ferramenta. Esses números devem ser vistos apenas como uma identificação, e não representam uma ordem numérica que deva ser levada em consideração.

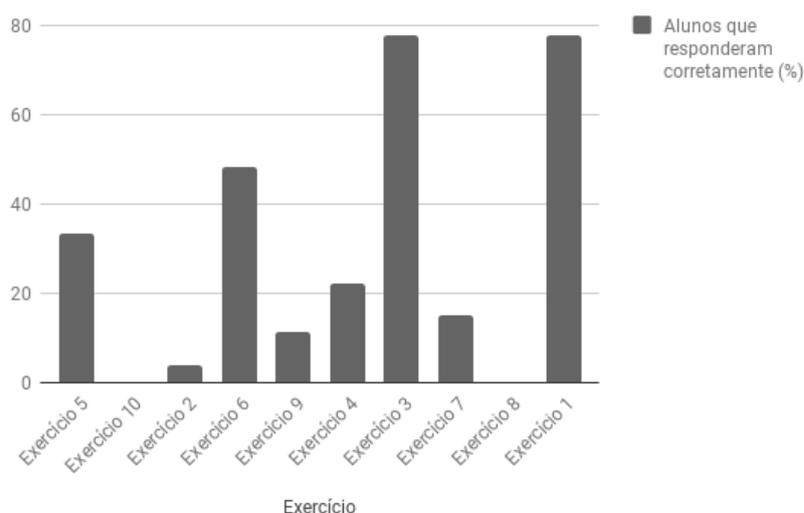


Figura 5.8: Porcentagem de alunos que responderam corretamente cada um dos exercícios da segunda lista extra

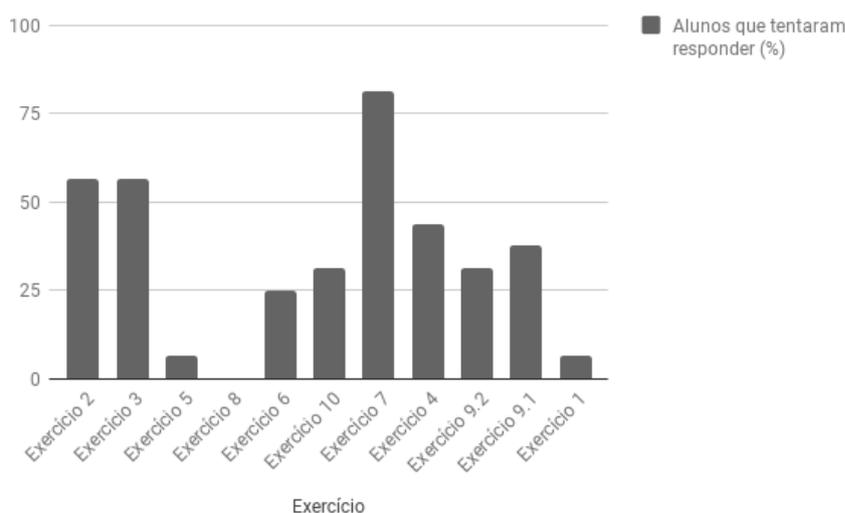


Figura 5.9: Porcentagem de alunos que realizaram tentativas de resposta em cada um dos exercícios da segunda lista extra

a primeira e a segunda lista extra, a tabela apresenta estes alunos utilizando o mesmo identificador utilizado na Tabela 5.1, e os demais associados a um número. Ainda é possível observar pouco interesse pelas questões com maior pontuação: o exercício 2 foi desbloqueado por quatro alunos, onde apenas um tentou respondê-lo, e o exercício 8 foi desbloqueado por cinco alunos, dos quais nenhum tentou respondê-lo. Dos 15 alunos que realizaram tentativas de resposta na primeira lista extra, 14 voltaram a realizar novas tentativas na sequência. A Tabela 5.3 sumariza os dados desses alunos, subtraindo o total de questões respondidas na segunda lista pelo total de questões respondidas na primeira lista, bem como o total de questões respondidas corretamente na segunda lista pelo total de questões respondidas corretamente na primeira lista, verificando o saldo final destes comparativos. A subtração não leva em conta a diferença do número de exercícios, o que reforça a visão de que houve uma melhora nos resultados. É possível observar, em média,

Tabela 5.3: Comparativo de respostas dos alunos que responderam a primeira e segunda lista extra de exercícios

	Saldo de exercícios respondidos corretamente	Saldo de exercícios com tentativas de resposta
Aluno A	-5	-5
Aluno B	-2	-2
Aluno C	4	2
Aluno D	3	0
Aluno E	1	-1
Aluno F	3	3
Aluno G	1	1
Aluno H	-1	-1
Aluno I	0	-1
Aluno J	0	-1
Aluno K	2	3
Aluno L	1	4
Aluno M	0	0
Aluno N	1	1
Aluno O	0	1

A pontuação das questões aparenta ser um elemento desconsiderado pelos alunos, pois são muitos os casos de alunos que desbloquearam uma questão com maior pontuação atribuída, e não realizaram nem ao menos uma tentativa de resposta nela. Uma vez que a pontuação das questões se mostra ignorada, se faz válida a afirmação que a variação de pontuações de acordo com o número de respostas corretas e incorretas na questão não influenciou na escolha dos alunos pela ordem de questões a serem respondidas.

Um breve comentário sobre os ranqueamentos nestas listas de exercícios opcionais se faz necessário. É difícil fazer qualquer afirmação a respeito destes elementos de gamificação antes da análise qualitativa do ponto de vista dos alunos, mas com base nos dados aqui demonstrados, é possível levantar a hipótese de que eles contribuíram para o grande aumento de números de alunos que realizaram tentativas de respostas na segunda lista de exercícios extras, como uma forma de manifestação de interesse tardia para melhorarem suas posições nos ranqueamentos.

5.2.3 Visão dos Alunos Sobre o Experimento

Com o intuito de verificar a aceitação da ferramenta pelos alunos e o quão importante eles consideraram a utilização de cada elemento de gamificação aplicado, um questionário *online* foi utilizado⁵. A realização do questionário era voluntária, apenas foram enviados *emails* incentivando a participação dos alunos. Dos 54 alunos que participaram do experimento, 16 contribuíram com suas respostas ao questionário. É uma amostra relativamente baixa, e deve-se ter isso em mente ao ler as observações feitas na sequência.

Dividido em quatro seções, o questionário possuía um total de 15 questões, sendo sete de resposta obrigatória e oito não obrigatórias, onde as respostas eram do tipo descritivas, múltipla escolha e escala linear de um a cinco (onde cinco é a resposta mais positiva). A primeira

⁵As perguntas são descritas na sequência desta seção, mas também podem ser consultadas no Anexo 6.1.

seção era apenas introdutória com uma única questão, visando verificar o interesse dos alunos pela atividade de programação no contexto de seus cursos. A segunda seção tratou especificamente dos ranqueamentos utilizados na ferramenta, validando sua utilização. A terceira seção tinha o intuito de validar a utilização das estratégias de pontuação aplicadas, juntamente com o esquema de dependências entre questões, e era de resposta opcional pelos alunos, pois quem participou apenas da resolução das listas de exercícios obrigatórias, não fez a utilização destes elementos de gamificação. Por fim, a quarta seção buscou verificar aspectos gerais da ferramenta, para compreender o quanto ela contribuiu para manter os alunos motivados ao longo do semestre letivo.

Conforme mencionado no parágrafo anterior, a primeira questão estava desassociada à utilização da ferramenta, e queria apenas verificar se a atividade de programação por si só é automaticamente interessante para os alunos. Os resultados apresentados na Figura 5.10 mostram ampla aceitação de disciplinas que envolvam programação. Isso implica que os alunos já estavam próximos à motivação intrínseca para esta atividade, ou mesmo já possuíam este tipo de motivação.

Para iniciar: quando o assunto é programação (no contexto do seu curso), isso inicialmente lhe motiva a estudar?

16 respostas

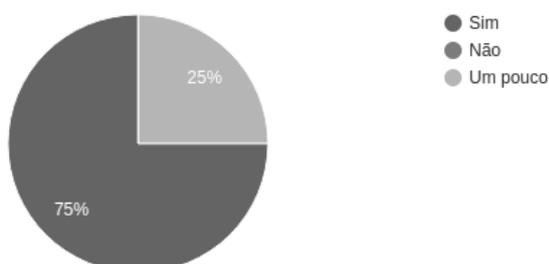


Figura 5.10: Sumário das respostas dos alunos para primeira pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG.

Entrando no aspecto das tabelas de ranqueamento utilizadas, a segunda pergunta questionava os alunos sobre quão importante eles consideravam a estratégia de ranqueamento anônimo, para omitir sua identidade ante os demais. Diante de respostas negativas e positivas apresentadas na Figura 5.11, as positivas se destacam, mostrando que para a maioria, este é um aspecto importante na ferramenta. Porém, é importante observar que pela quantidade de votos nas escalas intermediárias, existe um nível de incerteza quanto a isso, o que pode colocar esta estratégia como algo importante, embora não seja considerado essencial pela maioria. Algumas respostas dadas pelos alunos para a terceira questão, descritas no parágrafo seguinte, ajudam a reforçar essa hipótese.

A terceira questão era de resposta descritiva e opcional aos alunos, pedindo que aqueles que consideram o ranqueamento anônimo como pouco relevante, descrevem os motivos que os fazem pensar assim. As respostas reafirmam o aspecto levado em consideração ao se propor o ranqueamento anônimo: o aluno não gosta de ver seu nome associado a uma baixa pontuação, disponível para consulta pelos demais. No entanto, um dos alunos que reforça este argumento, menciona também que a ausência do anonimato poderia servir de incentivo para que este aluno melhorasse. Outro argumento apresentado menciona que ter acesso ao nome dos

Um conceito utilizado foi o de ranqueamento anônimo (na sua conta visualizando o ranqueamento, não era possível identificar seus colegas de turma pelo nome). Quão importante você acredita que seja o papel disso na ferramenta?

16 respostas

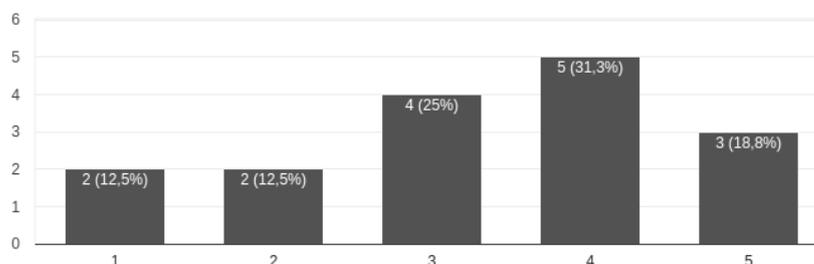


Figura 5.11: Sumário das respostas dos alunos para segunda pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG.

alunos com as melhores pontuações é importante, pois assim se sabe a melhor pessoa a quem recorrer caso esteja tendo dificuldades em responder alguma questão.

Voltando a atenção para o ranqueamento geral e semanal, a quarta questão busca verificar se estes ranqueamentos incentivaram os alunos a buscar resultados para aparecer entre os melhores da turma, fortalecendo a competição entre eles. Das respostas fornecidas na Figura 5.12, é importante mencionar que a única realmente à favor desses ranqueamentos como algo competitivo é a resposta destacada na cor laranja. As porcentagens são balanceadas, com uma pequena superioridade para opção em cor laranja, o que reforça a hipótese de que estes ranqueamentos cumpriram os seu objetivo principal para uma maioria de alunos.

Os ranqueamentos inseridos na ferramenta foram uma aposta para tentar introduzir um pouco de competição na disciplina. Você prestava atenção nos ranqueamentos e se sentia motivado pela ideia de aparecer entre os melhores nas turmas em que participou?

16 respostas

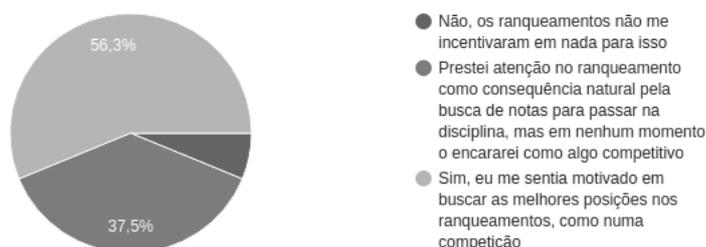


Figura 5.12: Sumário das respostas dos alunos para quarta pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG.

A quinta questão se refere ao ranqueamento de incentivo. Ela questiona os alunos se o ranqueamento de incentivo contribuiu para mantê-los motivados buscando subir posições nos ranqueamentos. As respostas apresentadas na Figura 5.13 apontam que para maioria, este elemento de gamificação trouxe, em algum nível, este efeito. O ranqueamento de incentivo deriva

do ranqueamento geral, e por esta característica se torna um elemento secundário na ferramenta⁶, o que o torna um elemento realmente passível de ser ignorado, caso não desperte o interesse dos alunos. Ter essa maioria é um resultado importante à favor deste elemento de gamificação.

O ranqueamento de incentivo (representado na figura abaixo) tem como função principal orientar principalmente os alunos que não aparecem no ranqueamento geral (que mostra apenas 50% dos alunos, com base em suas pontuações). Essa orientação visa mostrar ao aluno a situação de quem está logo acima e abaixo dele no ranqueamento. Este ranqueamento contribuiu, em algum nível, para que você continuasse motivado buscando subir posições no ranqueamento geral?

16 respostas

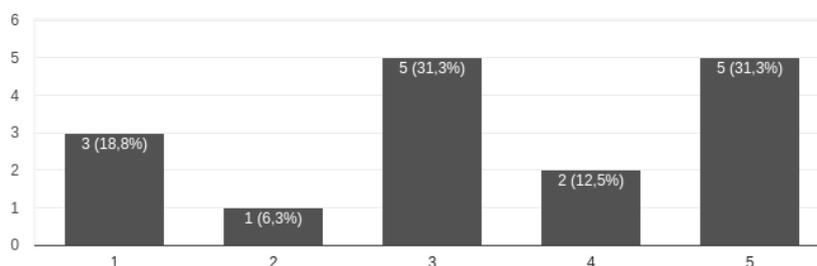


Figura 5.13: Sumário das respostas dos alunos para quinta pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

Finalizando as questões específicas sobre os ranqueamentos, a sexta questão é de resposta descritiva e opcional, deixando um espaço para que os alunos façam as observações que achem necessárias a respeito dos ranqueamentos, e contou com a resposta de três alunos. Um deles afirma que, para ele, os ranqueamentos não possuem nenhuma utilidade. As outras duas respostas fazem menção ao ranqueamento de incentivo, mencionando que seria mais divertido se todos os nomes ficassem à mostra. Um dos alunos sugere uma estratégia diferente para o ranqueamento anônimo: exibir os nomes daqueles que se encontram no meio da tabela, e esconder os nomes dos cinco melhores e cinco piores.

Entrando na seção do questionário referente ao esquema de pontuações e dependências entre questões, todas as questões com exceção da última, de resposta descritiva, contaram com 14 respostas registradas. A sétima questão diz respeito à utilização de pontuações variáveis e fixas, questionando se isso influenciou de alguma forma na escolha dos alunos de quais exercícios responder primeiro. A Figura 5.14 apresenta as respostas fornecidas, mostrando que este elemento de gamificação em nada influenciou a escolha dos alunos, o que confirma a análise feita sobre esse elemento na Seção 5.2.1. A oitava questão mais uma vez se refere às pontuações, mas agora questionando se a combinação de pontuações fixas e variáveis traz alguma contribuição positiva para ferramenta. A maioria dos alunos afirmaram que não, conforme apresentado na Figura 5.15. No entanto, oito dos alunos selecionaram opções intermediárias, indicando que, ao menos, esta é uma estratégia que pode contribuir em algum nível dentro da ferramenta. Levando em consideração a análise feita na Seção 5.2.1 sobre este elemento, é possível presumir que a baixa aceitação disso pode estar relacionada a maneira como foi inserida na ferramenta, e não ao elemento em si.

⁶Embora tenha um papel importante, pois trata da necessidade psicológica de competência, descrita na teoria da autonomia.

As questões cadastradas na ferramenta poderiam ser de dois tipos: pontuação fixa e variável. O tipo de cada uma estava visível no mapeamento de dependência das questões de cada exercício. As questões de pontuação variável tinham sua pontuação alterada de acordo com o número de respostas corretas e incorretas na questão. Isso de alguma forma influenciou na sua escolha de quais questões responder primeiro?

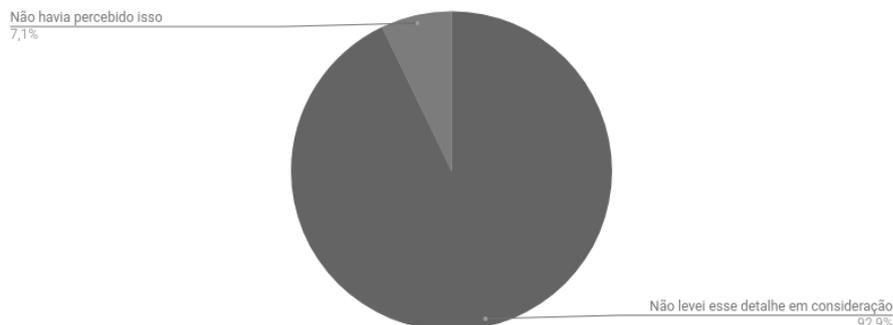


Figura 5.14: Sumário das respostas dos alunos para sétima pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

Quanto a combinação de questões de pontuação fixa e variável, você acredita que isso traz alguma contribuição positiva para ferramenta?

14 respostas

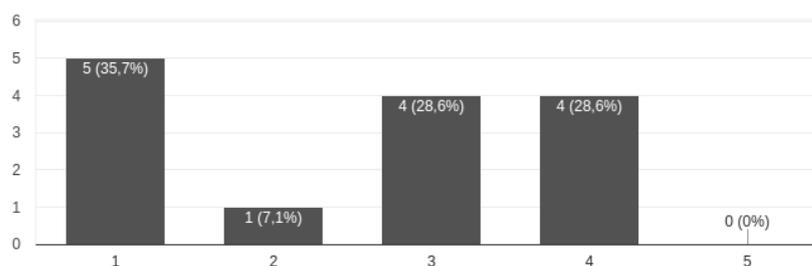


Figura 5.15: Sumário das respostas dos alunos para oitava pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

Referente ao mapeamento de dependências, a nona pergunta questiona os alunos se permitir algum grau de escolha em relação a qual atividade realizar dentro da ferramenta é importante para eles. As respostas são equilibradas, como apresentado na Figura 5.16, com uma maioria afirmando que sim. Ao observar os resultados dessa questão do questionário é importante lembrar a seguinte informação: as listas de exercícios que continham este elemento de gamificação eram as listas opcionais, que continham as questões que seriam cobradas nas provas. O esquema de dependências poderia ser um incômodo para alguns alunos devido a esse fato, pois eles não tinham acesso imediato ao enunciado de todas as questões. Isso que pode ser um motivo forte para as respostas negativas. Para finalizar esta seção do questionário referente às pontuações e esquema de dependências, a décima questão era de resposta descritiva e opcional, permitindo observações dos alunos à respeito desses elementos, mas não houve nenhuma resposta relevante registrada.

Referente aos aspectos gerais da ferramenta, a 11ª questão questiona os alunos sobre o quão útil eles consideraram a FARMA-ALG para o aprendizado. Conforme demonstrado na Figura 5.17, todos consideraram que a ferramenta contribuiu para o aprendizado, sendo que uma ampla maioria escolheu a maior escala, não deixando dúvidas do quão importante a ferramenta foi para eles. Na mesma linha da pergunta anterior, a 12ª questiona os alunos se a utilização da FARMA-ALG, quando comparada com uma maneira tradicional de ensino, os motiva mais

O mapeamento de dependências apresentava quais questões você deveria responder para que outras fossem liberadas. As questões que mais valiam pontos se encontravam no final desse conjunto de dependências, e no geral elas eram duas, com caminhos diferentes para se chegar nelas. Detalhes como esse, que lhe permitem algum grau de escolha no que realizar dentro da ferramenta, são importantes para você?

14 respostas

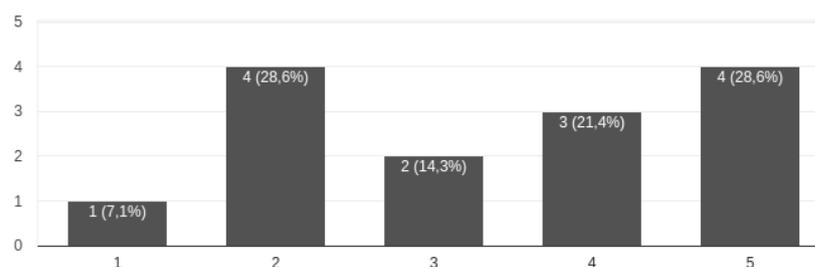


Figura 5.16: Sumário das respostas dos alunos para nona pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

a realizar as atividades da disciplina. Em conformidade com as respostas da 11ª questão do questionário, mais uma vez, uma ampla maioria responde que sim, conforme mostra a Figura 5.18.

Quão importante você considera que a FARMA-ALG foi para o seu aprendizado na disciplina?

16 respostas

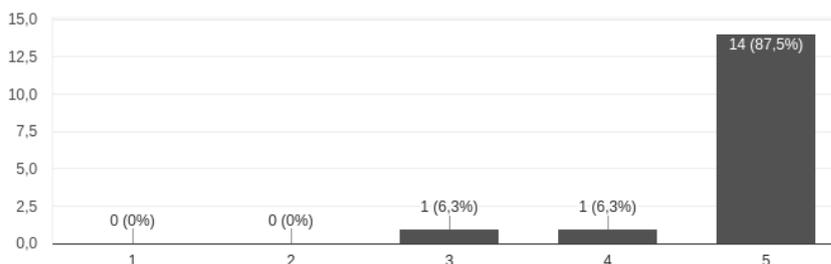


Figura 5.17: Sumário das respostas dos alunos para 11ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

Uma observação a ser feita sobre as duas questões anteriores é que os alunos podem ver utilidade na FARMA-ALG devido a ser uma ferramenta *online*, e não pelos elementos de gamificação utilizados. De resposta obrigatória para quem respondeu "sim" na questão anterior (14 alunos), a 13ª questão questiona os alunos sobre esse assunto, buscando entender o quanto dessa motivação se deve aos elementos de gamificação utilizados na ferramenta. Conforme mostra a Figura 5.19, se faz válida a observação de que os elementos de gamificação desempenharam um papel importante para isso.

Entrando mais a fundo na questão dos elementos de gamificação, a 14ª questão pede para que os alunos escolham os elementos de gamificação que mais gostaram (se limitando a um máximo de três). Esta questão era de resposta opcional, pois os alunos poderiam não ter gostado de nenhum elemento, sendo nesse caso incoerente forçá-los a uma escolha. Mesmo assim, todos

Você acredita que a utilização da FARMA-ALG lhe motive mais a realizar as atividades da disciplina, se comparada a maneira tradicional, sem o auxílio de uma ferramenta online?

16 respostas

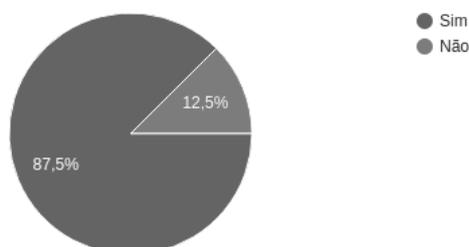


Figura 5.18: Sumário das respostas dos alunos para 12ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

Caso você tenha respondido "sim" na pergunta anterior, o quanto dessa motivação se deve aos elementos de gamificação utilizados na ferramenta?

14 respostas

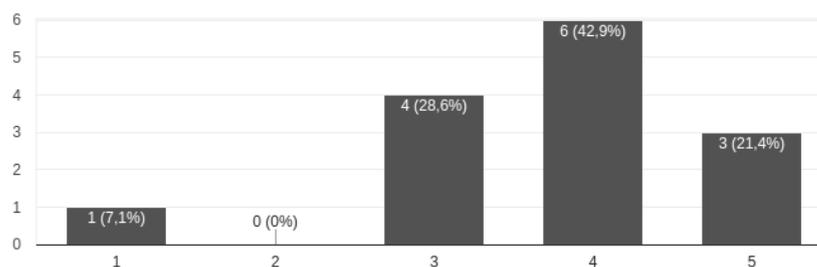


Figura 5.19: Sumário das respostas dos alunos para 13ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

os 16 alunos responderam, e a Figura 5.20 apresenta as escolhas feitas por eles. Com exceção da combinação de pontuações fixas e variáveis, que foi apontada pelos alunos anteriormente como pouco relevante, todos os elementos aparentam possuir um grau de aceitação razoável, destacando-se o ranqueamento geral com mais de 50% dos votos.

Para encerrar o questionário, a 15ª questão era de resposta descritiva e opcional, onde deixou-se em aberto para que o aluno realizasse algum comentário sobre a utilização da ferramenta. Ao total seis respostas foram fornecidas. Dentre as queixas que elas apresentam, destacam-se:

- Dificuldade de identificar erros de formatação nas respostas fornecidas dentro da ferramenta (i.e., o resultado da resposta está correto, mas ele não foi imprimido na tela no formato descrito no caso de teste, classificando assim a resposta como incorreta por causa da falta de um espaço em branco, por exemplo);
- Enunciados mal elaborados em alguns casos;

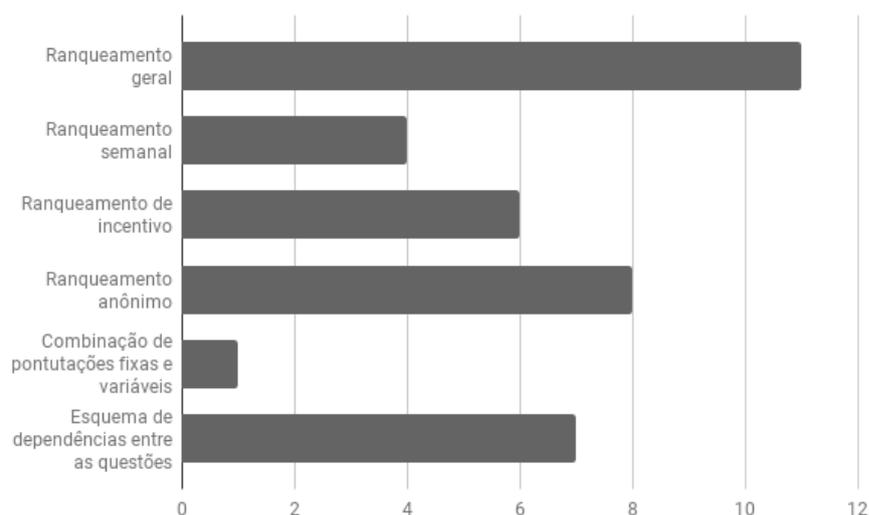


Figura 5.20: Sumário das respostas dos alunos para 14ª pergunta do questionário sobre a FARMA-ALG

- Detalhes de interface referente a pesquisa por informações (não foram mencionadas quais em específico), e também o editor onde as respostas eram fornecidas, solicitando a adição da funcionalidade de *intellisense*⁷;
- Falta de uma funcionalidade que permita a comunicação entre alunos dentro da ferramenta, para que se tornem menos dependentes dos monitores para tirar dúvidas;
- Poucos exercícios cadastrados. Alguns alunos se descreveram como muito motivados para responder as questões e continuar subindo no ranqueamento da sua turma, e essa vontade acabava se tornando frustração ao ver que já tinham resolvido todos os exercícios.

A dificuldade de identificar erros de formatação nas respostas é a reclamação mais recorrente. Visando resolver isso e também as falhas nos enunciados, alguns alunos propõe que a saída esperada em cada caso de teste das questões seja exibidas ao aluno, o que facilitaria a identificação de problemas desse tipo. Por fim, as respostas também incluíram comentários positivos sobre a ferramenta, mencionando que a experiência foi proveitosa e contribuiu para o aprendizado, inclusive os motivando a empregar mais esforços do que eles esperavam em seus estudos dentro da disciplina.

5.2.4 Utilização da FARMA-ALG

Esta seção trata de realizar uma breve comparação entre os dados brutos de utilização da FARMA-ALG no presente trabalho e na sua versão anterior, utilizada no trabalho de Kutzke [2015]. Como mencionado em capítulos anteriores, a FARMA-ALG gamificada procurou manter os mesmos princípios levados em consideração no seu desenvolvimento por Kutzke, como o grafo de respostas para facilitar e promover a mediação do erro. Infelizmente, nenhuma funcionalidade relacionada ao grafo foi utilizada pelos professores e monitores da disciplina, o que impossibilita a comparação desses dados de utilização. Portanto, uma informação importante é que, dentro da

⁷<https://code.visualstudio.com/docs/editor/intellisense>. Acessado em 03/12/2017.

ferramenta, não houve a mediação do erro para o aprendizado. Em todo caso, isso não possui um peso negativo grande para o presente trabalho, onde o foco é a gamificação. Os dados comparados nesta seção dizem respeito, por ordem de importância, a (1) quantidade de respostas submetidas, (2) quantidade de visualizações de respostas e (3) quantidade de buscas por respostas realizadas.

O que se busca responder com a comparação dos dados de ambos experimentos é se a FARMA-ALG gamificada foi mais utilizada que sua antecessora, pois uma das propostas da gamificação e também um dos objetivos específicos deste trabalho, é que a gamificação faça os alunos utilizarem mais a ferramenta. Os experimentos foram realizados com quantidades diferentes de alunos e total de questões disponíveis para resposta. Estes dados são listados abaixo:

- **FARMA-ALG gamificada:**
 - Quantidade de alunos: 54;
 - Quantidade total de questões 78.
- **FARMA-ALG não-gamificada:**
 - Quantidade de alunos: 63;
 - Quantidade total de questões: 24.

A diferença no número de alunos é pequena e será desconsiderada na posterior análise. Para diferença no total de questões, será levado em consideração a sua razão, que é de 30,76% (i.e., o experimento da FARMA-ALG não gamificada contou com apenas esta porcentagem do número total de questões utilizadas no experimento realizado na FARMA-ALG gamificada).

A Tabela 5.4 apresenta os dados brutos de utilização da FARMA-ALG em ambos os experimentos realizados. Conforme esperado, os números se demonstram superiores na FARMA-ALG gamificada, pois ela possuiu um maior número total de questões. Para verificar o quanto esse aumento nos números de fato representa na utilização da ferramenta, a última coluna da tabela traz a razão de diferença dos números apresentados pela FARMA-ALG gamificada em relação a FARMA-ALG não-gamificada (i.e., o quanto a utilização do item em questão no experimento não-gamificado representa em relação a utilização deste mesmo item no experimento gamificado). Com isso, estabelece-se um critério objetivo de análise: se esta razão for inferior a razão do número de questões em cada experimento (30,76%), isso significa que a funcionalidade descrita no item em questão foi mais utilizada na FARMA-ALG gamificada.

Tabela 5.4: Dados brutos de utilização da FARMA-ALG

	FARMA-ALG Kutzke [2015]	FARMA-ALG gamificada	Diferença (%)
Buscas por respostas	48	131	36,64
Visualizações de respostas	732	4856	15,07
Respostas submetidas	3693	19527	18,91

Apesar de que, seguindo o critério proposto, a funcionalidade de busca por respostas ser menos utilizada na FARMA-ALG gamificada, há um aumento notável de utilização nas outras duas funcionalidades, consideradas as mais relevantes. Portanto, levando em consideração apenas os números apresentados para as funcionalidades listadas, é possível verificar um aumento na motivação dos alunos ao usarem a versão da FARMA-ALG desenvolvida no presente trabalho.

5.2.5 Desempenho dos Alunos em Avaliações

Para avaliação do desempenhos dos alunos, uma comparação da média das notas obtidas em provas é feita, utilizando as notas obtidas no semestre em que o experimento do presente trabalho ocorreu e as notas obtidas no semestre em que Kutzke [2015] aplicou o seu trabalho. Conforme observado na Seção 2.1, apesar de trabalhos que envolvam gamificação não mostrem uma mudança estatisticamente relevante nas notas dos alunos, alguns autores mencionam que a diferença entre os alunos com maior e menor desempenho diminui. Para verificar este ponto, o desvio padrão foi adotado como métrica, e portanto também será apresentado junto às notas dos alunos.

Ambos experimentos foram realizados na disciplina inicial de Algoritmos e Estrutura de Dados da UFPR, com conteúdos programáticos similares. No presente trabalho, obteve-se acesso às notas das duas primeiras provas realizadas pelos alunos, e por isso serão utilizados do trabalho de Kutzke [2015] apenas as notas das duas primeiras provas.

Em sua tese de doutorado, Kutzke [2015] realizou seu experimento com dois grupos de alunos, denominados como *grupo experimental*, que contava apenas com alunos que fizeram uso da FARMA-ALG ao longo do semestre letivo, e *grupo de controle*, que contava com alunos que não utilizaram a FARMA-ALG. Observações foram feitas apontando algumas melhorias do grupo experimental em relação ao grupo de controle, mas o autor afirma que, estatisticamente, não existem diferenças significativas entre as notas das duas turmas. As notas das duas primeiras provas dessas turmas são apresentadas nas Tabelas 5.5 e 5.6.

Para comparação, portanto, as Tabelas 5.7 e 5.8 apresentam as notas obtidas nas duas turmas que participaram do experimento no presente trabalho, denominadas *turma A* e *turma B*, respectivamente. Os alunos desistentes da disciplina, que não chegaram a realizar nenhuma das provas, foram desconsiderados nessa tabela. Em relação as médias, a turma A mostra uma melhora relativamente alta nas médias de ambas as provas em relação às demais turmas. A turma B por outro lado mostra a maior queda nas notas da segunda prova, o que prejudicou sua média final, embora ainda permanecesse à frente do grupo experimental. No entanto, cabe ressaltar que o grupo experimental continua como o único a mostrar uma melhora nos resultados entre uma prova e a outra.

O menor desvio padrão foi alcançado na primeira prova da turma A. Em todo caso, essa diferença voltou a aumentar na segunda prova, alcançando números próximos aos da turma B e da turma do grupo de controle de Kutzke [2015]. Portanto pode-se concluir inicialmente que, diferente de alguns trabalhos citados na Seção 2.1, não é possível afirmar que a gamificação trouxe alguma diferença de desempenho significativa entre os alunos.

Analisando unicamente a turma A, é possível ver uma grande melhoria nas notas, mas ela é contrabalanceada pela turma B, onde ao final a média das duas provas se aproxima das médias alcançadas em Kutzke [2015]. Uma justificativa para o aumento considerável das notas na turma A pode ser o tamanho da amostra analisada, que somou um total de 16 alunos, enquanto que as outras turmas variaram de 24 a 38 alunos. Com isso, pode-se afirmar que estes dados não são conclusivos quanto ao aumento de desempenho dos alunos que utilizaram a ferramenta gamificada. Em todo caso, é importante observar que a gamificação também não contribuiu negativamente, atrapalhando o desempenhos dos alunos, pois no pior cenário a turma que fez uso da ferramenta gamificada ficou com notas proporcionais às das turmas anteriores na disciplina em questão.

Tabela 5.5: Notas dos alunos do grupo de controle no experimento de Kutzke [2015]

	Prova 1	Prova 2	Média (2 provas)
Aluno 1	60	68	64
Aluno 2	85	68	76,5
Aluno 3	86	68	77
Aluno 4	80	78	79
Aluno 5	79	90	84,5
Aluno 6	89	70	79,5
Aluno 7	0	90	45
Aluno 8	80	40	60
Aluno 9	67	40	53,5
Aluno 10	13	0	6,5
Aluno 11	37	15	26
Aluno 12	63	68	65,5
Aluno 13	88	53	70,5
Aluno 14	36	60	48
Aluno 15	71	80	75,5
Aluno 16	65	63	64
Aluno 17	59	94	76,5
Aluno 18	11	2	6,5
Aluno 19	80	80	80
Aluno 20	80	65	72,5
Aluno 21	20	49	34,5
Aluno 22	68	85	76,5
Aluno 23	80	60	70
Aluno 24	3	6	4,5
Médias	58,33	58	58,16
Desvio padrão	28,61	27,29	24,54

5.2.6 Evasão dos Alunos

Nesta seção será comparado a porcentagem de evasão dos alunos no semestre de aplicação do experimento do presente trabalho com as taxas obtidas nos últimos da disciplina em questão. O objetivo desta comparação vai de encontro ao objetivo específico destacado na introdução do trabalho, que visa diminuir a porcentagem de evasão dos alunos mediante o uso da gamificação, se tratando de uma característica alinhada ao foco da gamificação.

Para essa comparação, será levado em consideração a taxa de evasão obtida no experimento de Kutzke [2015] para os grupos de controle e o experimental⁸. O critério utilizado para determinar se o aluno é de fato um desistente se baseia no cumprimento de dois requisitos: (1) frequência em aulas inferior a 80%, pois segundo a informação fornecida pelos professores da disciplina no semestre em questão, isso já permite que o aluno seja reprovado por falta; (2) a não realização da segunda prova da disciplina. O presente autor pressupõe que uma vez que o aluno tenha a nota da segunda prova (última prova realizada até o momento da escrita destes resultados), não é possível considerá-lo como desistente, mesmo que possua frequência inferior a 80%. Outro critério levado em consideração é que alunos que não compareceram em ao menos

⁸A explicação de quem compõe esses grupos pode ser consultada na Seção 5.2.5.

Tabela 5.6: Notas dos alunos do grupo experimental no experimento de Kutzke [2015]

	Prova 1	Prova 2	Média (2 provas)
Aluno 1	30	50	40
Aluno 2	84	55	69,5
Aluno 3	73	25	49
Aluno 4	79	65	72
Aluno 5	59	40	49,5
Aluno 6	62	80	71
Aluno 7	49	20	34,5
Aluno 8	30	80	55
Aluno 9	29	60	44,5
Aluno 10	72	55	63,5
Aluno 11	58	85	71,5
Aluno 12	30	94	62
Aluno 13	24	90	57
Aluno 14	55	85	70
Aluno 15	63	80	71,5
Aluno 16	92	70	81
Aluno 17	30	30	30
Aluno 18	52	60	56
Aluno 19	64	80	72
Aluno 20	60	80	70
Aluno 21	65	55	60
Aluno 22	50	75	62,5
Aluno 23	39	55	47
Aluno 24	57	25	41
Aluno 25	30	70	50
Aluno 26	93	85	89
Aluno 27	49	80	64,5
Aluno 28	48	80	64
Aluno 29	11	50	30,5
Aluno 30	70	50	60
Aluno 31	22	45	33,5
Aluno 32	19	35	27
Aluno 33	63	60	61,5
Aluno 34	48	35	41,5
Aluno 35	63	65	64
Aluno 36	24	35	29,5
Aluno 37	30	45	37,5
Aluno 38	78	70	74
Médias	51,42	60,5	55,96
Desvio padrão	20,97	20,11	15,76

uma aula no semestre foram desconsiderados nos números. O presente autor pressupõe que a desistência do aluno nesse caso não está relacionada a disciplina, e sim a algum fator externo

Tabela 5.7: Notas obtidas na turma A

	Prova 1	Prova 2	Média (2 provas)
Aluno 1	76	36	56
Aluno 2	95	96	95,5
Aluno 3	65	59	62
Aluno 4	95	100	97,5
Aluno 5	95	89	92
Aluno 6	90	94	92
Aluno 7	85	96	90,5
Aluno 8	93	65	79
Aluno 9	91	92	91,5
Aluno 10	73	15	44
Aluno 11	100	100	100
Aluno 12	99	100	99,5
Aluno 13	87	92	89,5
Aluno 14	91	95	93
Aluno 15	74	49	61,5
Aluno 16	65	50	57,5
Médias	85,87	76,75	81,31
Desvio padrão	11,23	26,24	17,91

(e.g., problemas de horário, desistência do curso), o que afetaria uma avaliação acurada do efeito da FARMA-ALG na evasão dos alunos se levado em consideração.

A Tabela 5.9 apresenta a porcentagem de evasão de alunos nos últimos anos na disciplina inicial de Algoritmos e Estrutura de Dados da UFPR. Os resultados obtidos no semestre de aplicação deste experimento estão destacados na tabela, enquanto que o grupo experimental e grupo de controle de Kutzke [2015] estão indicados como GE e GC, respectivamente. A turma B obteve o melhor resultado dentre todas os semestres em que alguma versão da FARMA-ALG foi utilizada, enquanto que a turma A obteve um resultado intermediário em relação aos últimos anos. É importante ressaltar que a turma B obteve as médias de notas nas provas consideravelmente mais baixas que as obtidas pela turma A, conforme descrito na Seção 5.2.5. Isso levanta a hipótese de que a FARMA-ALG agiu como um contraponto para a motivação desses alunos frente a este fato.

5.3 Considerações Sobre os Resultados

As seções anteriores deste capítulo se encarregaram de analisar o experimento realizado sob quatro diferentes prismas: (1) desempenho dos alunos, (2) atratividade da FARMA-ALG, (3) retenção de alunos (4) e o aspecto motivacional destes. Os parágrafos seguintes tratam de sumarizar as conclusões às quais foi possível chegar, relacionando-as com os objetivos do trabalho.

Nenhuma das análises realizadas comprova uma diferença significativa de desempenho dos alunos, positiva ou negativa, causada pelo uso da FARMA-ALG gamificada. O mesmo pode ser dito a respeito da diferença de desempenho entre os alunos. Embora isoladamente (i.e., em uma prova específica) as turmas que utilizaram a FARMA-ALG gamificada apresentaram os melhores resultados, a FARMA-ALG de Kutzke [2015] mostrou um aumento de nota da primeira

Tabela 5.8: Notas obtidas na turma B

	Prova 1	Prova 2	Média (2 provas)
Aluno 1	87	80	83,5
Aluno 2	63	45	54
Aluno 3	84	43	63,5
Aluno 4	0	40	20
Aluno 5	55	43	49
Aluno 6	60	80	70
Aluno 7	83	60	71,5
Aluno 8	80	30	55
Aluno 9	83	65	74
Aluno 10	20	50	35
Aluno 11	75	53	64
Aluno 12	78	80	79
Aluno 13	82	70	76
Aluno 14	70	70	70
Aluno 15	23	45	34
Aluno 16	95	75	85
Aluno 17	59	5	32
Aluno 18	40	5	22,5
Aluno 19	40	10	25
Aluno 20	80	90	85
Aluno 21	60	5	32,5
Aluno 22	70	30	50
Aluno 23	78	70	74
Aluno 24	70	85	77,5
Aluno 25	83	65	74
Aluno 26	85	70	77,5
Aluno 27	45	40	42,5
Médias	64,74	52	58,37
Desvio padrão	22,95	25,11	21,09

para segunda prova que pode ser considerado um resultado mais benéfico aos alunos quando o assunto é o seu desempenho. Isso indica que mediante o uso da ferramenta, eles foram capazes de absorver o aumento da complexidade da disciplina entre uma prova e outra. Além disso, ainda mantiveram o desvio padrão das notas equivalentes em ambas as provas. Isso reforça as afirmações feitas na Seção 2.4 de que a gamificação não tem como propósito principal o aumento de desempenho, e aponta para a mediação do erro como uma alternativa mais viável para isso.

Um dos propósitos de trazer a gamificação para FARMA-ALG foi promover o uso da ferramenta, e isso diz respeito a atratividade da ferramenta. A Seção 5.2.3 mostrou nos resultados do questionário que, no geral, os elementos de gamificação tiveram a aprovação dos alunos, e isso foi reforçado pelos dados de utilização da ferramenta apresentados na Seção 5.2.4, que mostram um aumento considerável na utilização da ferramenta, se comparada com sua versão anterior.

Os resultados apontam que os ranqueamentos utilizados foram os elementos que mais contribuíram para atratividade da ferramenta. Os ranqueamentos clássicos em específico cumpriram com o objetivo principal para o qual foram propostos, introduzindo certo nível

Tabela 5.9: Porcentagem de evasão dos alunos na disciplina inicial de Algoritmos e Estruturas de Dados da UFPR

Turma	Taxa de desistência
2010/1-A	7,69%
2013/1-A	12,50%
2017/2-B	25%
2015/1-A (GE)	25,42%
2013/1-B	29,79%
2017/2-A	30,43%
2011/1-A	31,67%
2011/1-C	37,50%
2014/1-B	37,50%
2013/1-C	37,84%
2015/1-B (GC)	38,59%
2014/1-C	39,39%
2011/1-B	48,15%
2010/1-B	59,02%
2014/1-A	68,12%

de competição na disciplina. Conforme os resultados da Seção 5.2.4 apontam, os alunos se sentiram instigados a responder os exercícios para subir no ranqueamento, e é possível observar sinais que indicam que a competição ocorreu em um nível moderado, pois sugestões dos alunos incluem a retirada do ranqueamento anônimo, para que seja possível identificar os alunos com melhor desempenho para solicitar ajuda na resolução dos exercícios. Isso indica equilíbrio entre competição e colaboração para o aprendizado.

De acordo com as observações feitas no parágrafo anterior, o ranqueamento anônimo cumpriu com seu propósito, pois ele era uma aposta para promover o equilíbrio entre competição e aprendizado. Os resultados apontam que esse anonimato é uma característica valorizada pelos alunos, mas não se pode dizer que ela foi popular com todos. Em espaços reservados para o comentário dos alunos no questionário aplicado, o ranqueamento anônimo frequentemente vinha à tona, sendo criticado. Isso indica que ele pode ter sido muito restritivo para determinado grupo de alunos, tornando a experiência deles com a ferramenta menos interessante do que poderia ter sido. Pode-se concluir que ele foi uma peça importante na FARMA-ALG, mas deve-se estar ciente dessas ressalvas.

O ranqueamento de incentivo, por sua vez, se mostrou importante para uma parcela dos alunos, cumprindo o seu propósito de incentivá-los a tentar evoluir nos ranqueamentos, trabalhando o seu senso de competência. Isso valida a sua utilização na ferramenta, e o justifica como um elemento a ser explorado em maiores detalhes futuramente.

Na contra-mão dos ranqueamentos, as estratégias de variação de pontuação adotadas não demonstraram surtir os efeitos desejados, sendo a pontuação um elemento ignorado pela grande maioria dos alunos. Da mesma forma, a combinação de questões com pontuação fixa e variável não despertou o interesse dos alunos. Uma observação importante acerca da relação das pontuações com o elemento de ranqueamento de incentivo deve ser feita: apesar deste ranqueamento ter tido a aceitação dos alunos, ele não foi utilizado de maneira a "rastrear" as respostas dos colegas para determinar, com base na quantidade de acertos e erros, qual questão seria mais vantajosa de responder em seguida. Portanto, a variação de pontuação pode ter sido simplesmente um elemento que demandou de muito esforço para que pudesse ser acompanhado

pelos alunos, o que diminuiu o interesse deles por isso. Outra hipótese que não pode ser descartada, é que a interface pode não ter sido intuitiva o suficiente quanto a esses elementos, pois na questão do questionário aplicado aos alunos, referente as pontuações, houve uma minoria que informou não estar ciente desta característica da ferramenta.

Quanto ao esquema de dependências entre questões, pode-se afirmar que ele contribuiu proporcionando certo grau de autonomia aos alunos, mas não se pode afirmar que eles tenham tirado proveito desta característica. Embora os dados apresentados na Seção 5.2.3 demonstre um bom grau de aceitação deste elemento pelos alunos, os dados de utilização da ferramenta apresentados na Seção 5.2.2 mostram que muitos alunos simplesmente não aproveitaram dessa possibilidade de escolha de quais questões responder, seja não tentando uma questão diferente ao não conseguir responder outra, seja simplesmente abandonando a lista depois de ter avançado de nível no esquema de dependências.

É importante reforçar que as condições sob as quais o esquema de dependência entre questões foi utilizado não foram ideais, o que pode ter prejudicado a avaliação deste elemento. Dentro da metodologia adotada dentro da disciplina para responder as listas de exercícios opcionais (local onde o esquema de dependências foi aplicado), não houve nenhum incentivo para que o aluno seguisse em frente, pois não houve nenhuma recompensa reservada para os alunos com melhor desempenho. O único incentivo que eles tiveram para responder estas listas foi de que nelas estavam contidas as questões da prova, o que torna o esquema de dependências apenas um obstáculo para quem vai responder a lista apenas com esse objetivo de consulta, uma vez que ele não tem acesso imediato a todas as questões.

Outro objetivo que se buscou alcançar mediante o uso da gamificação foi diminuir a evasão dos alunos ao longo do semestre. Através dos resultados apresentados na Seção 5.2.6, é possível concluir que a gamificação trouxe alguma contribuição nesse sentido, superando com uma das turmas os resultados já positivos alcançados pela versão anterior da FARMA-ALG em Kutzke [2015]. Esses resultados aumentam o corpo de evidências sobre a utilidade da FARMA-ALG para combater o problema de evasão escolar na disciplina inicial de Algoritmos e Estrutura de Dados da UFPR.

Por fim, os resultados apresentados e discutidos no presente trabalho demonstram que a gamificação trouxe contribuições importantes para o aspecto motivacional no aluno. A maior utilização da FARMA-ALG e retenção dos alunos, apontados no Capítulo 1 como evidência explícita de melhora no aspecto motivacional do aluno, foram alcançados.

6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste estudo foi descrito como a gamificação é utilizada e vem sendo explorada cada vez mais na educação, apresentando resultados animadores. Descreve-se que seu foco principal é trabalhar o aspecto motivacional de quem venha a fazer uso dela através de uma ferramenta ou mesmo integrada a uma metodologia, e cita que a motivação é um problema recorrente no ensino, e está associada a problemas de rendimento acadêmico. Com isso, justifica seu uso no contexto educacional.

Entrando a fundo na problemática da motivação, traz a tona a teoria da autonomia, cujo foco é o estudo da motivação humana. Descreve-se os pilares da teoria da autonomia (autonomia, competência e relacionamento), que são necessidades psicológicas básicas, e os efeitos que suprir essas necessidades mostra-se ter em sala de aula. Com isso, chama-se a atenção para que antes da aplicação de estratégias que visem aumentar o rendimento dos alunos, deve-se trabalhar seu aspecto motivacional, tornando então o ambiente propício para isso.

Mais específico a este trabalho, cita-se a disciplina inicial de Algoritmos e Estrutura de Dados da UFPR, e destaca-se a alta porcentagem de evasão dos alunos ao longo do semestre, pontuando que deste problema pode estar relacionado ao aspecto motivacional do aluno. Tendo como base todas essas informações, propõe-se então a utilização da gamificação para melhora do aspecto motivacional dos alunos.

Com a proposta de uso da gamificação, descreve-se uma ferramenta educacional *online*, a FARMA-ALG, onde novas funcionalidades relacionadas à gamificação serão implementadas. Com isso, são propostos os objetivos do trabalho, cujos principais estão relacionados ao foco da gamificação¹: (1) diminuir a taxa de evasão dos alunos e (2) fazer com que eles utilizem a FARMA-ALG gamificada mais ativamente que na sua versão anterior.

Assim, o presente trabalho aprofunda-se nas pesquisas sobre gamificação, visando responder a pergunta de como gamificar de uma maneira correta um ambiente de aprendizagem de algoritmos e programação. Inicialmente observa-se uma série de trabalhos de gamificação no contexto de sala de aula, identificando pontos de interesse para gamificação da FARMA-ALG. Na sequência é feito um estudo mais específico sobre os principais elementos de gamificação descritos na literatura, e a maneira como foram utilizados em trabalhos anteriores. Com isso, identificam-se alguns potenciais usos deles dentro do contexto educacional, não explorados nos trabalhos analisados anteriormente.

Na sequência é feito um estudo aprofundado sobre os aspectos teóricos da gamificação. As teorias e taxonomias normalmente encontradas nos trabalhos de gamificação são descritas, dando ênfase na teoria da autonomia, no qual se baseia a *gamificação significativa*, que parte da premissa de que ao propor o uso de elemento de gamificação, sua estratégia de uso deve visar trabalhar alguma das necessidades psicológicas básicas descritos na teoria da autonomia. É descrito então a maneira como a motivação é categorizada dentro da teoria da autonomia, dividida

¹Atrair mais usuários para fazer o uso de determinada ferramenta ou serviço, e fazer com que eles a utilizem mais.

em duas categorias principais, a (1) motivação intrínseca e (2) extrínseca, sendo a gamificação focada na motivação extrínseca.

Frente a este estudo sobre a gamificação, propõe-se então os fundamentos para gamificação da FARMA-ALG. Descreve-se os elementos utilizados e o que se busca alcançar com eles, de acordo com a premissa da *gamificação significativa* descrita anteriormente. Os elementos propostos visam trabalhar dois dos pilares da teoria da autonomia: (1) competência e (2) a autonomia propriamente dita. Os elementos e a estratégia de gamificação em que estão inseridos são listados abaixo:

- Pontuações fixas e variáveis atribuídas aos exercícios;
- Esquema de dependência entre questões;
- Ranqueamento anônimo;
- Ranqueamento geral e semanal;
- Ranqueamento de incentivo.

A descrição de como esses elementos são utilizados na FARMA-ALG compõe os fundamentos para solução apresentada no presente trabalho, buscando a melhor maneira de inserir a gamificação na ferramenta. Na sequência, a arquitetura da solução é descrita, mostrando as funcionalidades presentes na versão anterior da FARMA-ALG, bem como são aplicados fundamentos descritos anteriormente. Dessa forma, ressalta-se que um dos pilares sob os quais a FARMA-ALG foi desenvolvida em sua versão anterior é prover uma visão sobre o erro do aluno diferente da convencional, buscando não puni-lo por errar. Este princípio foi mantido em todas as estratégias de gamificação propostas.

Na sequência, são dadas as informações de como o experimento de uso da FARMA-ALG gamificada foi executado, quais as dificuldades encontradas para realização do experimento, como os resultados são avaliados, mostrando com isso então os resultados propriamente ditos. Fazendo uso desses resultados, elaboram-se as conclusões às quais foram possíveis chegar, e relacionando-as aos objetivos propostos no presente trabalho. O desempenho do aluno não foi afetado, positivamente ou negativamente, pela gamificação. Os elementos de gamificação tiveram todos com exceção das estratégias que envolviam a combinação de pontuações fixas e variáveis, uma avaliação favorável da maioria dos alunos, destacando-se os ranqueamentos, mais especificamente o ranqueamento geral. A avaliação da utilização da FARMA-ALG gamificada mediante uma análise quantitativa mostra também indícios favoráveis sobre o uso da ferramenta, especificamente após a primeira prova realizada na disciplina em questão.

Ressalvas foram feitas quanto ao esquema de dependência entre questões e a estratégia de ranqueamento anônimo. A dependência entre questões mostrou a aprovação de uma maioria de alunos, mas a análise quantitativa do uso da ferramenta confirmou que o potencial deste elemento não foi aproveitado. Quanto a isso, destacou-se um aspecto do experimento que pode ter contribuído negativamente para avaliação deste elemento. O anonimato provido pela estratégia de ranqueamento anônimo, por sua vez, se mostrou como uma característica apreciada pelos alunos, mas também foi a estratégia com o maior número de críticas. Sumarizando, por fim, mostrou-se que (1) devido as condições do experimento, não se pode fazer nenhuma afirmação sobre a importância do esquema de dependência para o presente trabalho; (2) a estratégia de ranqueamento anônimo cumpriu com seu objetivo, embora tenha causado o descontentamento de alguns alunos; (3) a combinação entre pontuações fixas e variáveis atribuídas aos exercícios não causou nenhum efeito na motivação dos alunos; (4) a estratégia de ranqueamento de incentivo

contribuiu para trabalhar o senso de competência dos alunos e (5) os demais ranqueamentos contribuíram para introduzir um nível moderado de competição dentro da disciplina.

Quanto a utilização e retenção de alunos, expõe-se que a gamificação cumpriu o seu propósito, trazendo um considerável aumento na utilização da FARMA-ALG pelos alunos, e mostrando que uma das turmas² que fez o uso da FARMA-ALG gamificada conseguiu alcançar a terceira menor porcentagem de evasão nos últimos anos da disciplina, enquanto que a outra turma conseguiu um resultado intermediário, ainda à frente de semestres anteriores³ que não contaram com o apoio de alguma versão da FARMA-ALG.

O presente trabalho ampliou o corpo de evidências sobre o potencial da gamificação na educação, apresentando inclusive resultados sobre a aplicação de elementos de gamificação dos quais não foram encontrados registros sobre aplicação prática em sala de aula na literatura pesquisada. Por fim, evidenciou-se que o trabalho cumpriu com seu objetivo, promovendo uma melhora no aspecto motivacional do aluno, tendo como evidência explícita disso o aumento na utilização da FARMA-ALG gamificada em relação à sua versão anterior (não gamificada), e alcançando um resultado positivo na evasão dos alunos em relação ao histórico da disciplina onde o experimento foi aplicado.

6.1 Trabalhos Futuros

Diferentes trabalhos futuros são vislumbrados para esta pesquisa. Inicialmente, novos experimentos devem ser conduzidos com a FARMA-ALG gamificada. Nestes experimentos, deve-se inserir o uso de todos os elementos de gamificação já nas atividades principais da disciplina, além de incluir alguma recompensa para os alunos mais bem colocados nos ranqueamentos. Dessa forma, a gamificação assume um papel de maior destaque para alunos, e permite uma nova avaliação da gamificação aplicada dessa vez em condições mais adequadas que a do presente trabalho.

Novas abordagens com o ranqueamento anônimo também se incluem como intenções como trabalhos futuros. Um ponto de interesse para pesquisa é trabalhar com uma sugestão encontrada na literatura e inclusive mencionada por alunos que fizeram uso da FARMA-ALG gamificada, de um ranqueamento "do meio". Nesse ranqueamento, se mantém o anonimato nas duas extremidades da tabela (para uma certa quantidade de alunos), mas não para quem se encontra no meio dela.

Pode-se citar também um novo *design* do ranqueamento de incentivo. Mesmo com uma versão simples deste elemento utilizada no presente trabalho, ele obteve uma boa aceitação dos alunos. Deve-se pensar numa maneira de potencializar seu *feedback* ao aluno, possivelmente apresentando sugestões sobre quais questões responder para ultrapassar mais rapidamente quem está imediatamente à frente do aluno.

Outro ponto de interesse é inserir na FARMA-ALG algum elemento que trabalhe a necessidade psicológica de relacionamento, mais especificamente o relacionamento entre os alunos na ferramenta. Tem-se como ideia a criação de salas de discussão, que se tratam de um sistema de fóruns *online* iniciadas para determinado grupo de alunos com dificuldades semelhantes. Nessas salas, deve ser possível ao aluno criar perguntas e também respondê-las, e deve contar com um mecanismo onde os próprios alunos participantes da sala de discussão

²De um total de duas turmas.

³Com exceção de um semestre apenas.

avaliem as melhores perguntas e respostas, com a FARMA-ALG premiando com pontos os alunos criadores das perguntas e respostas mais bem avaliadas⁴.

O *design* da FARMA-ALG em si é outro ponto que merece atenção. A versão da FARMA-ALG utilizada no presente trabalho se trata de um protótipo, e por limitações de tempo, não teve a devida atenção no aspecto visual da ferramenta, dando prioridade principalmente para torná-la funcional. Alguns problemas sobre a interface foram relatados pelos alunos e confirmam que esse é ponto de interesse para trabalhos futuros. Acredita-se que uma remodelagem de UX (*User Experience Design*) tenha muito a contribuir para a motivação dos alunos em novos experimentos.

Por fim, uma vez que a versão da FARMA-ALG gamificada e sua antecessora, focada na mediação do erro entre alunos e professores, obtiveram resultados satisfatórios, almeja-se trabalhar na integração dessas duas versões, tornando a ferramenta mais abrangente.

⁴Na fase de proposta de projeto para o presente trabalho, previa-se a implementação das salas de discussão aqui mencionadas. No entanto, por limitações de tempo, elas foram descartadas da versão final. Porém, um material extra sobre este elemento de gamificação havia sido elaborado, e pode ser consultado no Anexo 6.1.

Referências Bibliográficas

- Aguiar, J. (2015). Experiência baseada em Gamificação no Ensino sobre Herança em Programação Orientada a Objetos. *Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação*.
- Amir, B. e Ralph, P. (2014). Proposing a theory of gamification effectiveness. *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering - ICSE Companion 2014*, páginas 626–627.
- Barata, G., Gama, S., Jorge, J. e Goncalves, D. (2013a). Engaging Engineering Students with Gamification. *2013 5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, páginas 1–8.
- Barata, G., Gama, S., Jorge, J. e Gonçalves, D. (2013b). Improving participation and learning with gamification. *Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications - Gamification '13*, páginas 10–17.
- Bosu, A., Corley, C. S., Heaton, D., Chatterji, D., Carver, J. C. e Kraft, N. A. (2013). Building reputation in StackOverflow: An empirical investigation. *IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories*, páginas 89–92.
- Brazil, A. L. e Baruque, L. B. (2015). Gamificação Aplicada na Graduação em Jogos Digitais. *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)*, (Sbie):677–686.
- Browne, K. e Anand, C. (2013). Gamification and Serious Game Approaches for Introductory Computer Science Tablet Software. *Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications*, páginas 50–57.
- Campos, A., Gardiman, R. e Madeira, C. (2015). Uma ferramenta gamificada de apoio à disciplina introdutória de programação. *Anais do 23^o WEI - Workshop sobre Educação em Computação*, 1.
- Deci, E., Vallerand, R., Pelletier, L. e Ryan, R. (1991). Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist*, 26(3):325–346.
- Deterding, S. (2015). Meaningful play: Getting gamification right. <http://talks.uipatterns.com/videos/meaningful-play-getting-gamification-right>. Acessado em 19/09/2016.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. e Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek '11*, páginas 9–11.

- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G. e Angelova, G. (2015). Gamification in Education : A Systematic Mapping Study Gamification in Education : A Systematic Mapping Study. *Educational Technology & Society*, 18(June):75–88.
- Ferraz, A. P. D. C. M. e Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, 17(2):421–431.
- Figueiredo, S. (2015). Proposta de Gamificação de Disciplinas em um Curso de Sistemas de Informação Alternative Title : Gamified Courses in Information Systems Program. *XI Brazilian Symposium on Information System*, páginas 603–606.
- Groh, F. (2012). Gamification: State of the Art Definition and Utilization. *Research Trends in Media Informatics*, páginas 39–46.
- Ibanez, M.-B., Di-Serio, A. e Delgado-Kloos, C. (2014). Gamification for Engaging Computer Science Students in Learning Activities: A Case Study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(3):291–301.
- Iosup, A. e Epema, D. (2014). An experience report on using gamification in technical higher education. *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education - SIGCSE '14*, (2008):27–32.
- Kutzke, A. R. (2015). *Informática educacional e a mediação do erro na educação: um estudo teórico-crítico e uma proposta de instrumento computacional*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná.
- Marczal, D. e Direne, A. (2012). *FARMA : Uma ferramenta de autoria para objetos de aprendizagem de conceitos matemáticos*. Tese de doutorado.
- Melrose, J., Perroy, R. e Careas, S. (2011). *Glued to Games: How Video Games Draw Us In and Hold Us Spellbound*, volume 1.
- Nah, F. F.-h., Zeng, Q. e Telaprolu, V. R. (2014). Gamification of Education : A Review of Literature. *Hcib/Hcii 2014*, páginas 401–409.
- Niemiec, C. P. e Ryan, R. M. (2009). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: Applying self-determination theory to educational practice. *Theory and Research in Education*, 7(2):133–144.
- Reynolds, L., Sosik, V. S. e Cosley, D. (2013). When Wii Doesn't Fit: How Non-Beginners React to Wii Fit's Gamification. *Gamification*, páginas 111–114.
- Ryan, R. M. e Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Academy of Management Learning and Education*, 8(2):225–237.
- Silva, R., Direne, A., Marczal, D., Borille, A. C., Guimarães, P., Cabral, A. e Camargo, B. (2015). Um Arcabouço Adaptivo para Objetos de Aprendizagem. (Sbie):1032.
- Thornton, D. (2014). Gamification of Information Systems and Security Training: Issues and Case Studies. *Information Security Education Journal*, 1(1):16–29.

- Turner, C. A., Dierksheide, J. L. e Anderson, P. E. (2014). Learn2Mine: Data Science Practice and Education through Gameful Experiences. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 4(3):243–248.
- Vahldick, A., Mendes, A. J., Marcelino, M. J. e Farah, P. R. (2016). Pensamento Computacional Praticado com um Jogo Casual Sérioo no Ensino Superior. *WEI - 24º Workshop sobre Educação em Computação*, (August).
- Zichermann, G. e Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O'Reilly Media.

Anexo A - Primeira Lista Extra de Exercícios

Exercício 2

Um comerciante quer dar duas categorias de desconto para seus produtos: ou de 30 ou de 40%. A vitrine de sua loja apresenta sempre os produtos com preço ORIGINAL, sem desconto. Se o produto custa (sem desconto) exatamente R\$ 87,00 (oitenta e sete Reais) ou mais, o desconto será de 40%, senão o desconto será de 30%.

Para definir o preço COM desconto, o comerciante define primeiro, secretamente, o preço de cada mercadoria já considerando o desconto. Devido a isso, o seu problema passou a ser o de determinar o preço original de cada mercadoria para divulgar na vitrine. Escreva um programa em linguagem Pascal que permite ler, a partir do teclado, um número Real positivo representando o preço COM DESCONTO de uma única mercadoria. O programa deve calcular e imprimir o preço a ser anunciado da mercadoria, de acordo com o que foi descrito anteriormente, junto da mensagem que diz o desconto que será aplicado. Veja os exemplos abaixo.

Ex de entrada: 51.37 Ex de saída: O preço original para 30% é: 73.39 Ex de entrada: 55.42 Ex de saída: O preço original para 40% é: 92.37

Exercício 3

Um número de Keith é um número inteiro, superior a 9, tal que os seus algarismos, ao começarem uma sequência de Fibonacci (formada por somas de 2-em-2 números, ou de 3-em-3, ou de 4-em-4, e assim por diante), alcançam posteriormente o referido número.

Um exemplo é 47, porque a sequência de Fibonacci que começa com 4 e 7 (4, 7, 11, 18, 29, 47) alcança o 47. Outro exemplo, mas que possui três algarismos, é 197: $1+9+7=17$, $9+7+17=33$, $7+17+33=57$, $17+33+57=107$, $33+57+107=197$. Alguns números de Keith conhecidos são: 14, 19, 28, 47, 61, 75, 197, 742, 1104, 1537, 2208, 2580, 3684, 4788, 7385, 7647, 7909, 31331, 34285.

Faça um programa em linguagem Pascal capaz de ler do teclado um número inteiro positivo de apenas dois algarismos. O programa deve determinar se o número lido é um número de Keith ou não. Veja exemplos abaixo.

Ex de entrada: 61 Saída esperada: Sim, é um número de Keith. Ex de entrada: 4 Saída esperada: Não é um número de Keith.

Exercício 4

Considere a soma infinita das parcelas apresentadas abaixo:

$$S = 1 + \frac{1}{2!} + \frac{2}{3!} + \frac{3}{4!} + \frac{4}{5!} + \frac{5}{6!} + \dots$$

Fazer um programa em linguagem Pascal que calcula o valor aproximado de S com uma quantidade de parcelas que deve obedecer a condição seguinte: o valor da menor parcela é maior ou igual a 10⁻¹⁵ OU número máximo de termos é igual a 10. Ao final, imprimir o resultado encontrado para S.

Obs: A saída deve ser impressa com quebra de linha e formatada em 20 casas decimais. Para a variável inteira que armazenará o fatorial, utilize o tipo int64; Para as variáveis float, utilize o tipo extended;

Exercício 9.2

Modifique a questão anterior acrescentando na simulação os seguintes fatos: * Há 8 (oito) CASAIS de pombas (16 pombas) que moram na propriedade do agricultor; * Cada pomba come 30 grãos por dia, durante os 30 dias do ano em que as espigas estão formadas antes da colheita; * A cada ano, cada casal gera 2 novos casais (4 pombas), que se alimentarão e reproduzirão no ano seguinte; * Uma pomba vive três anos; Ao final do programa, imprima também o número de pombas que vivem na propriedade quando o agricultor colher mais de 100T de milho.

Obs: A saída deve seguir o formato "A colheita ocorrerá em n anos"

Exercício 7

Escreva um programa que troque o conteúdo de duas variáveis inteiras sem utilizar variáveis auxiliares. Atenção: Você deve alterar o valor das variáveis e não apenas fazer a impressão trocada. Seja honesto consigo mesmo :)

Exercício 8

Fazer um programa em Pascal que leia do teclado dois números inteiros positivos e que imprima na saída um único número inteiro que é a soma dos dois primeiros. Entretanto, seu programa não pode utilizar o operador de soma (+) da linguagem Pascal para somar os dois inteiros lidos em uma única operação. Outrossim, o programa deve implementar a soma dos números dígito a dígito, iniciando pelo menos significativo até o mais significativo, considerando o “vai um”, conforme costumamos fazer manualmente desde o ensino fundamental.

Exercício 10

<p>Exemplo 1</p> <pre> 11 ("vai um") 40912 (primeiro número) 1093 (segundo número) ----- 42005 (soma)</pre>	<p>Exemplo 2</p> <pre> 1111 ("vai um") 52986 (primeiro número) 1058021 (segundo número) ----- 1111007 (soma)</pre>
---	--

Escreva um programa em (Free) Pascal para ler uma sequência de números inteiros, terminada em -1. Para cada número inteiro lido, o programa deve verificar se este número está na base binária, ou seja, se é composto apenas pelos dígitos 0 e 1. Caso o número esteja na base binária, o programa deve imprimir seu valor na base decimal. Caso contrário, deve imprimir uma mensagem indicando que o número não é binário. Ao final do programa deve ser impresso, em formato decimal, o maior número válido (binário) da sequência.

Dica: dado o número 10011 em base binária, seu valor correspondente em base decimal será dado por: $1.24 + 0.23 + 0.22 + 1.21 + 1.20 = 19$

Exemplo:

Entrada	Saída
10011	19
121	Número não binário <input type="checkbox"/>
1010	10
101010101	341
0	0
-1	O maior número binário foi 341

Exercício 9.1

Um agricultor possui 1 (uma) espiga de milho. Cada espiga tem 150 grãos, e cada grão pesa 1g (um grama). Escreva um programa em Pascal para determinar quantos anos serão necessários para que o agricultor colha mais de cem toneladas de milho (1T = 1000Kg, 1Kg = 1000g), sendo que: * A cada ano ele planta todos os grãos da colheita anterior; * Há apenas uma colheita por ano ; * 10* Cada grão que germina produz duas espigas de milho. Assuma que a quantidade de terra disponível é sempre suficiente para o plantio.

A saída deve seguir o modelo: "A colheita ocorrerá em n anos"

Exercício 6

Dois professores (PA e PB) combinaram de se encontrar no Centro Politécnico (CP) às 15h00 numa quarta-feira. Como os professores são grandes estudiosos de movimentos retilíneos uniformes pensaram em aplicar um de seus estudos mais recentes. Os dois professores dividiram o CP em um grande quadriculado e, a partir de uma posição inicial, escolhem uma direção (Norte, Sul, Leste ou Oeste) e andam até o quadrado imediatamente vizinho na direção escolhida. Dada uma sequência de passos, você deve dizer se os professores se encontraram em algum momento, i.e, se eles ficaram no mesmo quadrado, se algum professor saiu do CP ou se eles não se encontraram.

Entrada A primeira linha da entrada contém dois inteiros N e M que indicam respectivamente o número de colunas e o número de linhas do CP ($0 \leq N, M \leq 100000$). A segunda linha contém um inteiro P ($0 \leq P \leq 1000$) que indica quantos movimentos os professores fizeram. Depois são apresentadas P linhas contendo dois números inteiros A e B, indicando a direção tomada pelos professores PA e PB, respectivamente. Os inteiros A e B podem assumir os seguintes valores: 1 (Norte), 2 (Sul), 3 (Leste) e 4 (Oeste). O professor PA inicia seu trajeto sempre na posição (1,1), de um plano cartesiano, e o professor PB na posição (N, M).

Saída Seu programa deve imprimir: Caso os professores tenham se encontrado: as coordenadas do encontro e o passo em que ocorreu. Caso o(s) professor(es) tenha(m) saído do CP: as coordenadas em que saiu e o passo em que ocorreu. Caso nenhuma das anteriores ocorra, imprimir: “Não se encontraram”. Obs: Imprimir apenas a primeira situação que ocorrer.

Entrada	Entrada	Entrada
5 5	5 5	5 5
4	4	4
3 2	3 2	1 2
3 2	3 2	1 2
3 2	3 2	4 1
3 4	3 2	1 4
Saída	Saída	Saída
Não se encontraram	Encontraram-se na posição (5,1) no passo 4	PA saiu na posição (0,3) no passo 3

Exercício 5

Os agentes do CSI (Centro de Saúde Indispensável) mapearam áreas afetadas por uma epidemia e estão procurando o local onde ela começou. As regiões afetadas são definidas como retângulos cujos lados são todos verticais ou horizontais. As regiões foram divididas de tal forma que a interseção entre quaisquer duas regiões ou é um retângulo ou é vazia. Sua tarefa é encontrar o foco inicial da doença, definido como a interseção de todas as regiões afetadas.

Entrada Seu programa deve ler vários conjuntos de teste. A primeira linha de um conjunto de teste contém um inteiro não negativo, N, que indica o número de regiões (o valor N=0 indica o final da entrada). Seguem-se N linhas, cada uma contendo quatro números inteiros X, Y, U e V que descrevem uma região: o par X, Y representa a coordenada do canto superior esquerdo e o par U, V representa a coordenada do canto inferior direito de um retângulo no espaço cartesiano.

Saída Para cada conjunto de teste da entrada seu programa deve produzir duas linhas na saída. A primeira linha deve conter um identificador do conjunto de teste, no formato “Teste n”, onde n é numerado a partir de 1. A segunda linha deve conter as coordenadas do retângulo de interseção encontrado pelo seu programa, no mesmo formato utilizado na entrada. Caso a interseção seja vazia, a segunda linha deve conter a expressão “Nenhum”.

Exemplo de entrada: 3 0 6 8 1 1 5 6 3 2 4 9 0 3 0 4 4 0 3 1 7 -3 6 4 10 0 0

Saída esperada: Teste 1 2 4 6 3 Teste 2 Nenhum

Exercício 1

Uma sequência de n números inteiros não nulos é dita piramidal k -alternante se é constituída por k segmentos: o primeiro com um elemento, o segundo com dois elementos e assim por diante até o k -ésimo, com k elementos. Além disso, os elementos de um mesmo segmento devem ser todos pares ou todos ímpares e para cada segmento, se seus elementos forem todos pares (ímpares), os elementos do segmento seguinte devem ser todos ímpares (pares).

Por exemplo, a sequência com $n = 10$ elementos é piramidal 4-alternante: 12 3, 7 2, 10, 4 5, 13, 5, 11

A sequência com $n=3$ elementos é piramidal 2-alternante: 7 10, 2

A sequência com $n=8$ elementos não é piramidal alternante pois o último segmento não tem tamanho 4: 1 12, 4 3, 13, 5 12, 6

Escreva um programa em Pascal que dado um inteiro N , ($N \geq 1$) e uma sequência de N números inteiros, verifica se ela é piramidal k -alternante. Se for, o programa deve imprimir o valor de k . Caso contrário deve imprimir NÃO.

Anexo B - Segunda Lista Extra de Exercícios

Exercício 5

Fazer um programa em Pascal para ler uma sequência (não necessariamente ordenada) com uma quantidade arbitrária de números inteiros positivos do teclado. O último número lido é o zero. Após a leitura, o programa deve então alterar o vetor de forma que todos os elementos repetidos sejam movidos para o final do vetor, mas de maneira que estes últimos fiquem em ordem crescente. Veja os exemplos de execução abaixo:

Entrada: 5 3 8 2 3 9 8 9 7 5 3

Saída: 5 3 8 2 9 7 3 3 5 8 9

Entrada: 4 4 3 3 2 2

Saída: 4 3 2 2 3 4

Observe que sempre há um espaço em branco após a impressão de cada número, inclusive o último. E não há quebra de linha.

Exercício 9

Escreva um programa em linguagem Pascal para ler, a partir do teclado, uma sequência com uma quantidade arbitrária de valores. A sequência termina com o valor 0 (que não faz parte dela). Os valores lidos devem ser números inteiros entre 1 e 9 (incluindo 1 e 9). Os valores da sequência podem vir fora de ordem. Por definição, uma subsequência é aquela constituída por 2 (duas) ou mais ocorrências seguidas do mesmo valor-base. Por exemplo, o número 3 é o valor-base da subsequência 3 3. O programa deve determinar e imprimir o valor-base da subsequência mais frequente dos dados de entrada. Por exemplo, considere a entrada de dados abaixo:

2 5 5 5 5 8 8 2 5 5 5 3 8 8 5 1 1 2 8 8 2 5 2 8 8 2 5 5 5 7 0

Ao final da leitura e do cálculo, como a subsequência 8 8 ocorre quatro vezes (todas as demais são menos frequentes), o monitor de vídeo deverá mostrar seu valor-base como saída do programa:

8

Exercício 10

Considere vetores do tipo array $[1..MAX]$ of real. Dizemos que um vetor v está arrumado se existe j , $1 \leq j \leq n$, onde $1 \leq n \leq MAX$ tal que:

- $v[k] \leq v[j]$, para todo $1 \leq k \leq j - 1$; e
- $v[j] < v[k]$, para todo $j + 1 \leq k \leq n$.

Intuitivamente, um vetor está arrumado se existe um certo j para o qual o elemento $v[j]$ separa o vetor em duas partes de tal modo que todos os elementos a sua esquerda são estritamente menores do que todos os elementos a sua direita. Note que não é necessário que cada parte, direita ou esquerda, esteja ordenada. Observe que pode existir mais de um elemento que satisfaça a propriedade. Observe também que se o vetor estiver totalmente ordenado, então qualquer j serve. Escreva um programa completo e modular em Pascal que leia um vetor de n elementos e decida se ele está arrumado. Em caso afirmativo, o seu programa deve imprimir o valor do índice j que caracteriza um vetor arrumado, caso contrário, deve imprimir a mensagem “o vetor não está arrumado”. Se existir mais de um índice que sirva para caracterizar um vetor arrumado, imprima o primeiro que você encontrar. Inserir 0 para finalizar a leitura do vetor (não deve ser incluso nele).

Exemplos:

Entrada: 7 2 1 6 6 7 9 12 8 10 0

Saída: $j = 6$ e $v[6] = 7$

Entrada: 8 2 1 6 7 3 9 5 10 4 0

Saída: o vetor não está arrumado

Entrada: 5 2 1 6 6 7 9 12 8 10 0

Saída: $j = 5$ e $v[5] = 6$

Exercício 2

O objetivo deste exercício é simular o comportamento de formigas sobre um graveto. Suponha um graveto unidimensional de tamanho N no qual há X ($X \leq N$) formigas. A cada período, as formigas movem-se uma posição adiante, na direção para a qual estão voltadas, ou, caso colidam com outra formiga, mudam de direção. Quando chegam a uma das extremidades do graveto, caem e desaparecem. A simulação possui as seguintes regras:

- Duas formigas não podem ocupar a mesma posição no graveto;
- Um período consiste de X unidades de tempo, onde X é o número de formigas;
- As formigas não se movem todas ao mesmo tempo, elas se organizam para que a cada unidade de tempo apenas uma formiga se mova. A primeira formiga que se move é sempre a que está mais próxima do início do graveto (lado esquerdo), e

assim sucessivamente, até a última, que é a formiga que está mais próximo do fim do graveto (lado direito).

- Quando todas as formigas se moveram, um período termina e começa outro;
- A cada unidade de tempo, uma formiga tem duas opções de movimento:
- Caso o espaço em frente esteja vazio, move-se uma posição adiante, lembrando que, quando atinge a extremidade do graveto, a formiga “cai”;
- Caso encontre outra formiga na posição para a qual iria se mover, inverte a sua direção, mas não muda de posição no graveto.

A simulação termina quando não há mais formigas no graveto.

O programa deve imprimir a posição e direção de cada formiga a cada período (não a cada unidade de tempo), e ao final, imprimir quantos períodos passaram até que a última formiga tenha caído do graveto.

Entrada:

A entrada contém um único caso de teste. A primeira linha da entrada contém dois inteiros N , X ($0 \leq N \leq 105, 0 \leq X \leq 104$), indicando respectivamente o número de posições do graveto e o número de formigas que estão no graveto no início da simulação. As X linhas seguintes contêm, cada uma, dois inteiros A e D , onde A indica a posição inicial de uma formiga ($0 \leq A \leq 105$) e D é um inteiro representando a direção inicial daquela formiga ($D \in \{-1, 1\}$). Convencionamos que 1 indica que a formiga se move para a direita e -1 indica que a formiga se move para a esquerda.

Exemplo de entrada:

```
9 4
3 1
6 -1
7 1
9 -1
```

Saída:

A saída deve ser constituída de uma linha para cada período da simulação (e não para cada unidade de tempo). Uma linha mostra o estado do graveto ao final de cada período, isto é, a posição de todas as formigas no graveto. As formigas devem ser representadas pelos símbolos “<” e “>”, respectivamente indicando que a formiga está se movendo para a esquerda ou para a direita. As posições do graveto que não tem formigas devem mostrar um “_”. Ao término da simulação, deve ser impresso um número inteiro mostrando o número de períodos simulados.

Exemplo de saída para a entrada acima:

```
__>__<>_<
___><__>
```

```

____<>__<_
__<_><__
_<____>__
<____<_>_
____<____>
__<_____
_<_____
_<_____
<_____
_____
11

```

Exercício 8

Mateus, um engenheiro novato, está desenvolvendo uma notação posicional original para representação de números inteiros. Ele chamou esta notação de UMC (Um método curioso). A notação UMC usa os mesmos dígitos da notação decimal, isto é, de 0 a 9. Para converter um número A da notação UMC para a notação decimal deve-se adicionar K termos, onde K é o número de dígitos de A (na notação UMC). O valor do i -ésimo termo correspondente ao i -ésimo dígito $a[i]$, contando da direita para a esquerda é $a[i]i \times i!$. Por exemplo, 719 UMC é equivalente a 5310, pois $7 \times 3! + 1 \times 2! + 9 \times 1! = 53$. Mateus está apenas começando seus estudos em teoria dos números e provavelmente não sabe quais as propriedades que um sistema de numeração deve ter, mas neste momento ele está apenas interessado em converter os números da notação UCM para a notação decimal. Você pode ajudá-lo?

Entrada: cada caso de teste é fornecido em uma linha simples que contém um número não vazio de no máximo 5 dígitos, representando um número em notação UMC. Este número não contém zeros a esquerda. O último teste é seguido por uma linha contendo um zero.

Saída: para cada caso de teste imprimir uma linha simples contendo a representação em notação decimal do correspondente número em UMC seguido do cálculo feito para a conversão. O programa: seu programa deve, para cada número da entrada, convertê-lo em um vetor de inteiros, sendo que cada dígito do número é um elemento do vetor, e fazer os cálculos usando este vetor.

Exemplo de entrada e saída:

Entrada:

```

719
1
15
110
102
0

```

Saída:

```

53 = 7 x 3! + 1 x 2! + 9 x 1!
1 = 1 x 1!

```

$$7 = 1 \times 2! + 5 \times 1!$$

$$8 = 1 \times 3! + 1 \times 2! + 0 \times 1!$$

$$8 = 1 \times 3! + 0 \times 2! + 2 \times 1!$$

Exercício 7

Uma sequência de n elementos, com n par, é dita balanceada quando a soma do maior elemento com o menor elemento é igual à soma do segundo maior elemento com o segundo menor elemento, que por sua vez é igual à soma do terceiro maior elemento com o terceiro menor elemento, e assim por diante. Escreva um programa modular em Pascal para ler, a partir do teclado, uma quantidade arbitrária de números inteiros positivos. O número zero é o último número fornecido como dado de entrada e não deve fazer parte dos cálculos. Depois da leitura dos dados, o programa deve verificar e imprimir se os valores lidos formam ou não uma sequência balanceada. Veja os exemplos de execução abaixo:

Entrada:

1 11 3 7 17 15 0

Saída:

Sim, eh balanceada.

Entrada:

1 5 3 10 11 9 45 32 8 27 51 44 0

Saída:

Nao eh balanceada.

Exercício 6

Escreva um programa em linguagem Pascal que faz a leitura de 2 vetores de 10 valores inteiros entre 0 a 255 e determina se estes vetores são parecidos nos seus valores, dado um grau de tolerância, que também será fornecido como entrada do programa. Por exemplo, se o valor de cada posição do segundo vetor lido varia no máximo em 5, para mais ou para menos, em relação aos valores das respectivas posições no primeiro vetor, então seu programa deve responder que os vetores são parecidos. Caso contrário, seu programa deve responder que são diferentes com x posições discrepantes, como mostram os exemplos de execução:

Entrada:

3 3 3 8 8 8 2 2 2 1

2 3 3 7 9 9 2 2 1 1

3

Saída:

PARECIDOS

No exemplo anterior todas as posições dos vetores apresentaram variação menores que o grau de tolerância de 3.

Entrada:

```
3 3 3 8 8 8 2 2 2 1
2 3 3 5 9 9 2 2 6 1
2
```

Saída:

DIFERENTES com 2 discrepante(s)

No exemplo anterior as posições 4 e 9 dos vetores tiveram variação maior que o grau de tolerância de 2.

Exercício 4

Considere as seguintes definições:

```
const max = 20;
type cores = 1..30; (* faixa de números entre 1 e 30, subtipo de integer *)
vetor = array [1..max] of cores;
```

Escreva, em Pascal, procedimentos ou funções para:

- (a) Ler um vetor de n , $n \leq \text{max}$, posições de elementos do tipo cores, garantindo que todos os elementos pertencem a faixa válida e que não haja nenhum elemento repetido no vetor;
- (b) Receba como parâmetros dois vetores do tipo vetor e conte quantas vezes os elementos do segundo vetor aparecem no primeiro, mas em posições diferentes;
- (c) Receba como parâmetros dois vetores do tipo vetor e conte quantas vezes os elementos do segundo vetor aparecem no primeiro, mas nas mesmas posições;

Escreva um programa em Pascal que use estes subprogramas para realizar as seguintes tarefas:

- (a) Ler tamanho n dos vetores;
- (b) Ler um vetor S de n cores;
- (c) Ler um conjunto de vetores V , de n cores cada um, e para cada um deles imprimir quantas cores estão no mesmo lugar do vetor S e quantas cores estão fora de lugar no vetor S .
- (d) A leitura de vetores termina quando for dado como entrada um vetor de cores que tem exatamente as mesmas cores e na mesma ordem que o vetor S .

(e) Ao final, imprimir quantos vetores V foram lidos.

Exemplo:

Entrada:

```
4
7 3 5 6
7 4 3 2
1 4 3 5
7 3 6 5
7 3 5 6
```

Saída :

```
Cores no lugar certo: 1, cores no lugar errado: 1.
Cores no lugar certo: 0, cores no lugar errado: 2.
Cores no lugar certo: 2, cores no lugar errado: 2.
Cores no lugar certo: 4, cores no lugar errado: 0.
Foram lidos 4 vetores.
```

Exercício 3

Fazer um programa em Pascal que calcule a média dos dígitos de um número inteiro com qualquer quantidade de dígitos. Use o tipo `longint` para o número de entrada.

Exemplo:

Entrada:

```
19825
```

Saída (usar `writeln()`):

```
5.00
```

(que é o valor da expressão $(1+9+8+2+5)/5$, com duas casas depois da vírgula)

Exercício 1

Um número natural pode ser classificado como simétrico (ou palíndromo) quando a ordem e seus algarismos coincide com a sua ordem inversa. Por exemplo, o número 31513 é simétrico e o número 2121 NÃO é simétrico. Escreva apenas uma função em Pascal chamada de `eh simétrico`, que recebe como único parâmetro um número natural de qualquer quantidade de algarismos. A função deve retornar verdadeiro (`true`) se o parâmetro dado for simétrico e falso (`false`) se ele não for.

Entrada:

31513

Saída (usar writeln()):

31513 eh simetrico

Entrada: 2121

Saída (usar writeln()):

2121 nao eh simetrico

Anexo C - Formulário para avaliação da FARMA-ALG gamificada

Avaliação da utilização da FARMA-ALG

Este formulário tem como objetivo avaliar sua experiência com a FARMA-ALG. Mais especificamente, as perguntas são direcionadas a verificar a aceitação que os elementos e estratégias de gamificação (e.g., ranqueamentos e pontos) tiveram com você, e se eles cumpriram com o propósito principal com base no qual foram pensados.

Tenha em mente o seguinte: o que se busca avaliar é se a ferramenta trouxe alguma contribuição, mesmo que parcial. A versão da FARMA-ALG utilizada neste semestre é, ainda, um protótipo. Como tal, existem muitos detalhes a serem aprimorados. Um passo necessário antes disso é entender quão útil as funcionalidades presentes hoje na FARMA-ALG são para você.

As suas respostas serão utilizadas para a auto-avaliação do meu trabalho, mas mantereí sua identidade anônima.

Sua participação neste questionário é importante para decidir quais os rumos a serem seguidos aqui futuramente. Obrigado pela atenção e colaboração!

*Obrigatório

1. Para iniciar: quando o assunto é programação (no contexto do seu curso), isso inicialmente lhe motiva a estudar? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Um pouco

Ranqueamentos

2. Um conceito utilizado foi o de ranqueamento anônimo (na sua conta visualizando o ranqueamento, não era possível identificar seus colegas de turma pelo nome). Quão importante você acredita que seja o papel disso na ferramenta? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Não é importante	<input type="radio"/>	Muito importante				

3. A ideia por trás do ranqueamento anônimo é garantir ao aluno a privacidade quanto a informação de seu desempenho na disciplina. Caso você tenha respondido anteriormente que isso é pouco importante dentro da ferramenta, descreva resumidamente as razões disso.

4. Os ranqueamentos inseridos na ferramenta foram uma aposta para tentar introduzir um pouco de competição na disciplina. Você prestava atenção nos ranqueamentos e se sentia motivado pela ideia de aparecer entre os melhores nas turmas em que participou? *

Marcar apenas uma oval.

- Não, os ranqueamentos não me incentivaram em nada para isso
- Prestei atenção no ranqueamento como consequência natural pela busca de notas para passar na disciplina, mas em nenhum momento o encararei como algo competitivo
- Sim, eu me sentia motivado em buscar as melhores posições nos ranqueamentos, como numa competição
- Outro: _____

5. O ranqueamento de incentivo (representado na figura abaixo) tem como função principal orientar principalmente os alunos que não aparecem no ranqueamento geral (que mostra apenas 50% dos alunos, com base em suas pontuações). Essa orientação visa mostrar ao aluno a situação de quem está logo acima e abaixo dele no ranqueamento. Este ranqueamento contribuiu, em algum nível, para que você continuasse motivado buscando subir posições no ranqueamento geral? *

Sua situação atual		Você não avançou mas também não perdeu nenhuma posição no dia de hoje				
Aluno	Pontuação	Últimas respostas				
79653733	20	Exercício 7	Exercício 7			
» Rodrigo Walter Ehresmann	17	Exercício 7	Exercício 2	Exercício 2	Exercício 2	Exercício 2
77193eca	17	Exercício 7	Exercício 7	Exercício 7	Exercício 7	

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Não me motivou Me motivou constantemente

6. Possui alguma crítica ou sugestão quanto aos ranqueamentos? Fique a vontade para explicá-la abaixo.

Pontuação e atividades

Responda esta seção se você foi um aluno que tentou resolver a lista de exercícios extras, pois é onde os elementos que vou comentar a seguir foram aplicados!

7. As questões cadastradas na ferramenta poderiam ser de dois tipos: pontuação fixa e variável. O tipo de cada uma estava visível no mapeamento de dependência das questões de cada exercício. As questões de pontuação variável tinham sua pontuação alterada de acordo com o número de respostas corretas e incorretas na questão. Isso de alguma forma influenciou na sua escolha de quais questões responder primeiro?

Marcar apenas uma oval.

- Busquei responder todas questões desse tipo antes dos meus colegas, para garantir que eu receberia a pontuação integral definida a elas
- Não levei esse detalhe em consideração
- Aguardei mais tempo para responder estas questões, apostando que meus colegas tentassem antes e acumulassem mais erros e inflassem a pontuação da questão
- Outro: _____

8. Quanto a combinação de questões de pontuação fixa e variável, você acredita que isso traz alguma contribuição positiva para ferramenta?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Não faz diferença	<input type="radio"/>	Sim, torna a experiência mais interessante				

9. O mapeamento de dependências apresentava quais questões você deveria responder para que outras fossem liberadas. As questões que mais valiam pontos se encontravam no final desse conjunto de dependências, e no geral elas eram duas, com caminhos diferentes para se chegar nelas. Detalhes como esse, que lhe permitem algum grau de escolha no que realizar dentro da ferramenta, são importantes para você?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Não são importantes	<input type="radio"/>	São muito importantes				

10. Possui alguma crítica ou sugestão quanto a maneira como a pontuação e o esquema de dependências entre questões foi utilizado? Fique a vontade para explicá-la abaixo.

Aspectos gerais da ferramenta

11. Quão importante você considera que a FARMA-ALG foi para o seu aprendizado na disciplina? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Não foi importante	<input type="radio"/>	Muito importante				

12. **Você acredita que a utilização da FARMA-ALG lhe motive mais a realizar as atividades da disciplina, se comparada a maneira tradicional, sem o auxílio de uma ferramenta online? ***

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

13. **Caso você tenha respondido "sim" na pergunta anterior, o quanto dessa motivação se deve aos elementos de gamificação utilizados na ferramenta? ***

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Nada Muito

14. **Dentre os elementos e estratégias de gamificação utilizados, escolha aqueles que você mais gostou (escolha no máximo 3 opções): ***

Marque todas que se aplicam.

Ranqueamento geral

Ranqueamento semanal

Ranqueamento de incentivo

Ranqueamento anônimo

Combinação de pontuações fixas e variáveis nas questões

Esquema de dependências entre as questões

15. **Por fim, fique a vontade para fazer qualquer comentário a respeito da sua experiência utilizando a ferramenta.**

Powered by



Anexo D - Salas de Discussão

As salas de discussão visam suprir a necessidade de relacionamento dos alunos. Isto não é bom apenas sob a ótica da teoria da autonomia, como também pela taxonomia de Bart, uma vez que o tipo mais comum de jogadores são os socializadores (conforme mencionado na Seção 2.3). *Blogs* e fóruns onde os alunos possam interagir são elementos muitas vezes ignorados pelos próprios alunos, mas a Seção 2.1 mostra alguns dados muito favoráveis sobre o crescente uso destes elementos em um sistema gamificado. Também, na ausência disso, os alunos fazem uso de outras ferramentas para se comunicar (e.g., *Facebook*). Portanto, visto que o objetivo deste trabalho é utilizar a gamificação para aumentar a utilização de uma ferramenta pelos usuários, as salas de discussão podem ser a peça chave para isto.

Uma sala de discussão se trata de uma sala privada onde apenas os alunos convidados participam da discussão. Esta restrição é aplicada porque os alunos selecionados para participar são filtrados por dificuldades semelhantes em alguma atividade. Portanto, estas salas tem como objetivo sanar dúvidas imediatas relacionadas a determinada atividade, e são fechadas logo após isso. Adicionalmente, pode-se adicionar à sala algum aluno na função de mediador. Este aluno deve ser alguém que o professor acredite que possa responder mais facilmente as perguntas da atividade em questão, tentando evitar uma possível estagnação da sala em alguma dúvida.

A ideia é que o sistema identifique os alunos com erros similares e os apresente ao professor. O professor tem então como opção iniciar uma sala de discussão para estes alunos. O sistema também deve recomendar o aluno mediador e oferecer a opção para que o professor o adicione na sala. Como complemento, é deixado em aberto a opção do professor aceitar ou não as recomendações do sistema, adicionando por conta própria os alunos na sala. Em resumo, ao professor cabe apenas gerenciar estas funcionalidades do sistema.

As salas de discussão podem ser encerradas da seguinte maneira: (1) todos os participantes indicam que ela pode ser encerrada; (2) o aluno mediador pode encerrá-la, e neste caso aguarda-se a aprovação do professor para esta ação; (3) o professor opta por encerrar a sala, sem necessidade de aviso prévio. Seguindo a ideia proposta para as tabelas de ranqueamento (Seção 3.2), os alunos participantes das salas mantém sua identidade anônima.

A participação em salas de discussão é também recompensada com pontos de experiência. A dinâmica do sistema é similar à de sistemas já existentes e populares na comunidade *online* de desenvolvedores, como o *StackOverflow*: tanto a pergunta quanto as respostas podem receber votos positivos quanto negativos. Apenas perguntas bem avaliadas são recompensadas (i.e., é necessário ter como saldo ao menos uma avaliação positiva), e apenas a melhor resposta avaliada é recompensada. A pontuação que o aluno recebe ao ter sua respostas como a mais bem avaliada é um parâmetro definido no sistema, e o aluno que fez a pergunta recebe metade deste valor. Esta diferença é justa, pois para uma pergunta ser recompensada, teoricamente basta que ela seja relevante e bem formulada, enquanto que a resposta precisa de tudo isto e ainda ser melhor que as outras respostas informadas. A pontuação apenas é atribuída aos alunos no fechamento da sala de discussão.

Relembrando, as salas de discussão são voltadas principalmente para dúvidas referentes a uma única atividade⁵, portanto, elas tem como característica a brevidade. Não existe penalização para alunos com perguntas ou respostas mal avaliadas, logo nada impede uma dispersão de foco nas salas (i.e., caso comecem a falar de assuntos aleatórios, votos negativos não resultam numa punição aos usuários, e isto pode se estender por tempo indeterminado⁶). No entanto, como a pontuação apenas é atribuída aos alunos após o fechamento da sala, é do interesse deles manter esta característica de brevidade.

Nada impede que o aluno aja de maneira irresponsável, dando votos negativos apenas visando prejudicar seus colegas. No entanto, caso este tipo de comportamento seja praticado por uma minoria, e como todos os participantes podem votar, talvez o efeito de tal comportamento possa ser minimizado. Outra preocupação pode ser a da criação de grupos de amigos que, por exemplo, se ajudam trocando votos positivos e criando perguntas combinadas. Porém, é o sistema e, em última instância, o professor que escolhe os alunos para as salas. Incluindo ainda a característica do anonimato, isto é uma grande barreira para este tipo de comportamento. Em resumo, a ideia de sala de discussão aqui proposta é que ela seja, em grande parte, auto-gerenciável pelos alunos. A ação do professor é mínima, permitindo trazer a discussão para fora da sala de aula, sem que ele fique sobrecarregado com isto.

As salas de discussão possuem um *design* no estilo de um fórum, onde a comunicação não ocorre com mensagens corridas, mas sim na postagem de perguntas. A Figura 6.1 apresenta um esboço deste *design*. A ideia da página é que, de um lado sejam apresentadas as perguntas da questão, e do outro, a pergunta selecionada pelo aluno. A pontuação associada à pergunta e às respostas é definida com base na soma dos votos positivos e negativos recebidos por elas (que pode ser realizada pelas setas logo ao lado na figura). Para facilitar o diálogo, é permitido que os alunos comentem nas respostas.

A opção de postagem de pergunta redireciona o aluno para um formulário de criação da pergunta. A opção "Fechar" encerra a sala de discussão e é visível somente ao professor e o aluno mediador. Após encerrar uma sala, os pontos são atribuídos aos alunos com suas perguntas e respostas mais bem votadas.

O *design* original da FARMA-ALG provê uma via de comunicação entre aluno e professor (através de recomendações e comentários sobre respostas). Os elementos de sala de discussão adicionam uma nova via de comunicação, a de aluno para aluno, o que é de grande importância para sistemas gamificados. E para manter organização frente às funcionalidades já existentes na ferramenta, é possível que o professor acesse as salas de discussão e as gerencie, mas a comunicação nas postagens de perguntas acontece exclusivamente entre os alunos.

⁵Embora não exista nada que impeça a discussão dos alunos se estender a outras atividades também.

⁶Naturalmente, o professor agir fechando a sala também é uma possibilidade, conforme comentado anteriormente.

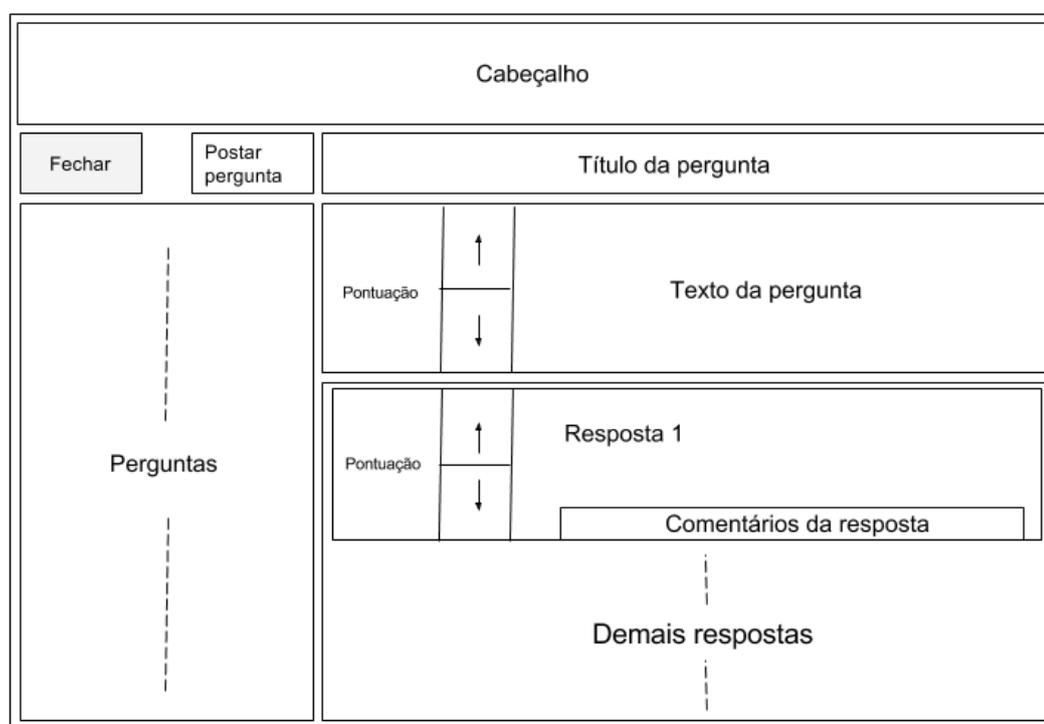


Figura 6.1: Esboço da página de uma sala de discussão.