

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO - IFSP
ÁREA DE INFORMÁTICA
TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS - ADS**

MARCO ANTÔNIO DE ULHÔA CINTRA

**APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS E
AVALIAÇÃO FORMATIVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

**CARAGUATATUBA
2013**

MARCO ANTÔNIO DE ULHÔA CINTRA

**APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS E
AVALIAÇÃO FORMATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo, do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Área de Informática, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

Orientador:
Prof. Me. Nelson Alves Pinto

CARAGUATATUBA

2013

C575a CINTRA, Marco Antônio de Uihôa.

Aprendizagem de Matemática Utilizando Jogos Digitais e Avaliação
Formativa / Marco Antônio de Uihôa Cintra – Caraguatatuba, SP: 2013.
51f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas) – Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia de São Paulo, Caraguatatuba, SP, 2013.

Bibliografia: f. 47-51.

1. Matemática – Estudo e Ensino. 2. Jogos digitais. 3. Avaliação
matemática – Didática.

CDD – 510.7



Ministério da Educação
**Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo**
Campus Caraguatatuba

Diretor: Adriano Aurélio Ribeiro Barbosa
Coordenador: Lineu Fernando Stege Mialaret
Curso: Tecnologia em Análise e Desenvolvimento
de Sistemas



TERMO DE APROVAÇÃO

APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS E AVALIAÇÃO FORMATIVA

por

MARCO ANTÔNIO DE ULHÔA CINTRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 17 de dezembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados, a qual após deliberação considerou o trabalho aprovado.

Prof. M^e Nelson Alves Pinto
Prof. Orientador

Prof. Dr. Lineu Fernando Stege Mialaret
Presidente

Prof.^a M^a Marta Senghi Soares
Membro

Dedico este trabalho à minha mãe Eliana
e ao meu padrasto Luis por sempre terem
me ajudado nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os professores do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas que me deram aula e que puderam transmitir um pouco do conhecimento de cada um.

Ao Prof. M^º. Nelson Alves Pinto por ter acreditado no meu potencial no programa de Monitoria e por todo o aprendizado proveniente, além do apoio e atenção em diversas ocasiões quando Coordenador da Área de Informática e também após. Ao Prof. Dr. Lineu Fernando Stege Mialaret pelo apoio em todos os momentos e pelo incentivo para que eu participasse do programa de Iniciação Científica. À Prof.^a Dra. Samara Salamene, pelo incentivo para que eu dê prosseguimento na área acadêmica. À Prof.^a M^º Juliana Matheus Gregio Pereira pela atenção em várias ocasiões. Ao ex-professor do Campus Prof. Dr. Alexandre Beletti Ferreira pelo apoio e incentivo em diversos momentos. Ao Prof. Dr. Ederson Rafael Wagner pelo apoio em muitos momentos. Ao Prof. Esp. Denny Paulista Azevedo Filho pela atenção e auxílio em diversas ocasiões. Aos colegas da Coordenadoria de Tecnologia da Informação-CTI, Luiz Gustavo Nicola Mendes, Leandro Oliveira da Silva, Thyago Nicollas de Santos Lima, Carlos Alberto de Araujo Barreto, Hugo Salles Cuba, e ao professor e ex-técnico em TI da CTI, Eduardo Pereira de Sousa.

A dúvida é o princípio da sabedoria.
(ARISTÓTELES)

RESUMO

O país possui uma das maiores economias do mundo, contudo, tem índices insatisfatórios em seus medidores de qualidade na área de Educação. Pode-se também apontar que, a capacidade do País de adaptação ao Mundo Digital tem um desempenho abaixo do desejado. Uma das maneiras de melhorar a qualidade da educação seria utilizar Tecnologias de Informação e Comunicação como ponto de apoio ao ensino; desse modo, propõe-se que a utilização da Tecnologia na Educação pode influenciar positivamente no aprendizado. Considerando-se tal panorama a proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso é elaborar um ambiente para a criação de jogos digitais cujo foco é a disciplina de Matemática no Ensino Médio, com o objetivo de melhorar a eficiência do aprendizado e avaliação dos alunos.

Palavras-chave: Jogo Digital. Avaliação. Ensino. Matemática. Didática.

ABSTRACT

Although Brazil has one of the biggest economies in the world, the country has poor education standards. In addition, it seems that the capability of the country to adapt to the digital world has not met expectations. One solution to improve the quality of education would be by using Information and Communications Technologies. Thus the use of technology in education may improve the learning process. Therefore, the aim of this course final paper is to use Information and Communications Technologies to develop an environment to design digital games to improve the learning of Mathematics in High School and the assessment of students.

Keywords: Digital Game. Assessment. Learning. Mathematics. Didactic.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 APRENDENDO MATEMÁTICA.....	11
1.2 JOGOS DIGITAIS COMO FERRAMENTAS DE ENSINO.....	12
1.2.1 Princípios Pedagógicos.....	13
1.2.2 Ambiente Virtual para Jogos	14
2. JOGOS DIGITAIS, APRENDIZAGEM E AVALIAÇÃO	17
2.1 JOGOS DIGITAIS	17
2.1.1 Jogos Versus Simulação.....	20
2.1.2 Jogos Digitais e Aprendizado.....	20
2.2 AVALIAÇÃO	21
2.2.1 Componentes da Avaliação	22
2.2.2 Subprocessos da Avaliação	22
2.2.3 Tipos de Avaliação	22
2.2.3.1 Avaliação Diagnóstica	23
2.2.3.2 Avaliação Somativa.....	23
2.2.3.3 Avaliação Formativa.....	23
2.2.3.3.1 Tecnologia Educacional e Avaliação Formativa	25
2.2.3.3.1.1 Avaliação Formativa em Jogos Digitais.....	26
3. ESTUDO DE CASO	27
3.1 TECNOLOGIAS	27
3.1.1 Banco de Dados.....	27
3.1.2 Linguagens de Programação	28
3.2 ARQUITETURA DO AMBIENTE	28

3.2.1 Padrões de Projeto.....	29
3.2.2 Camada de Interface Gráfica	30
3.2.3 Camada de Controle	30
3.2.4 Modelo Matemático	31
3.2.5 Motor XML.....	32
3.2.6 Rede.....	32
3.2.7 Camada de Acesso a Dados.....	33
3.2.8 Ambiente de Administração	34
3.2.9 Ambiente de Configuração.....	36
3.3 ESTUDO DE CASO: O JOGO REGRA DE TRÊS	37
3.3.1 Interface Gráfica.....	38
3.3.2 Ambiente de Administração do Jogo.....	42
3.3.3 Ambiente de Configuração do Jogo	43
3.4 O AMBIENTE E A AVALIAÇÃO FORMATIVA	44
4.CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	46
REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil tornou-se uma das sete maiores economias do Mundo (1), contudo, o país não consegue repetir o mesmo desempenho na área da Educação, principalmente nos resultados que envolvem o ensino de Matemática.

Resultados obtidos através do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (Saeb) mostram que os índices são preocupantes para o Ensino Médio, visto que tem piorado nos últimos anos. (2)

Em uma análise geral, entre as razões apontadas para explicar esse fraco desempenho destacam-se a dificuldade inerente ao aprendizado de Matemática e a exaustão dos modelos de ensino da Matemática utilizados atualmente. (41)

O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar o projeto de um ambiente de jogo digital, que compõe camadas de administração, configuração e do desenvolvimento do software. O ambiente possui elementos de avaliação formativa, o que potencializa a eficiência do aprendizado e ensino.

1.1 APRENDENDO MATEMÁTICA

O aumento substancial de sofisticadas tecnologias em nossa sociedade nos leva a refletir sobre como os sistemas educacionais devem se estruturar para preparar efetivamente seus alunos. (3) O desafio maior é preparar os alunos de hoje para empregos onde as novas tecnologias são usadas intensivamente, problemas do mundo real devem ser resolvidos rapidamente e são necessárias formas complexas de comunicação. (3)

Na atualidade, um dos objetivos da educação é preparar pessoas para tomarem decisões e estarem preparadas para aprender durante toda a vida.

Considera-se que o processo fica mais efetivo quando ocorre por múltiplas experiências perceptivas. (4)

Um dos autores que concordam com essa visão (5), chega a afirmar que “para aprender Matemática, é necessário fazer Matemática”. Desse modo, os conceitos e fórmulas passam a fazer sentido na vida real, se construindo assim o pensamento matemático. Para atingir esse pensamento, é necessário que se tenha as habilidades básicas que são adquiridas após muito esforço (5).

Contudo, para aprender adequadamente as habilidades básicas também é necessário utilizar o pensamento matemático. Aprende-se Matemática, portanto, conseguindo pensar matematicamente. (5)

Assim, um dos grandes desafios no ensino da Matemática é melhorar as experiências perceptivas que os alunos têm da mesma.

1.2 JOGOS DIGITAIS COMO FERRAMENTAS DE ENSINO

Tendo em vista a dificuldade do ensino da Matemática e o baixo desempenho do Brasil nesse quesito, o trabalho apresentado a seguir propõe o uso de jogos digitais como ferramenta de apoio ao ensino de Matemática.

Há um movimento em relação ao uso de jogos digitais educacionais como ferramentas de ensino nas escolas. (3) Em resposta a esse movimento, vários jogos comerciais e personalizados estão sendo utilizados em salas de aula ao redor do mundo para melhorar a experiência do aprendizado. (6) O relatório de 2011 da Horizon sugere que o aprendizado por meio de realidade virtual e por meio de jogos digitais tende a se difundir em poucos anos. (7)

Estudos recentes concluíram que muitas das habilidades necessárias para o sucesso nos jogos como pensamento, planejamento, aprendizado, e habilidades técnicas também são solicitadas por empregadores. (8)

Enquanto que no passado os educadores eram relutantes em utilizar jogos digitais nas salas de aula, atualmente existe grande interesse em todas as partes do Mundo, sendo que vários estabelecimentos educacionais visualizam os jogos digitais como ferramentas de ensino e de avaliação. Os

defensores do ensino baseado em jogos digitais citam que os mesmos reforçam habilidades, tais como colaboração, resolução de problemas, e comunicação. (3)

A conclusão que se toma por muitos pesquisadores é que os jogos digitais são apropriados para melhorar a instrução e o aprendizado diferenciado, ao mesmo tempo em que promove uma avaliação mais efetiva do que as avaliações tradicionais oferecem. (3)

1.2.1 Princípios Pedagógicos

O caminho para a aprendizagem efetiva por meio de jogos digitais deve atender a cinco princípios pedagógicos (5), listados a seguir:

- Aprender fazendo: o aprendizado é atingido jogando o jogo sem que seja necessário aprender o conteúdo para que se consiga jogar;
- Autoaprendizagem: uma vez que o jogador aprendeu o básico ele é encorajado a progredir. O jogo também deve respeitar o ritmo de aprendizado. Sempre haverá avaliação do jogador no percurso de modo que o mesmo sempre esteja no nível de dificuldade de acordo com os conteúdos aprendidos;
- Exploração: como os jogadores progridem a seus próprios passos é necessário que cada um possa jogar quantas vezes for necessário para o devido aprendizado;
- Uso imediato: quando o jogador aprende um novo fato ou habilidade este é colocado em uso imediatamente. É necessário que o jogo apresente novas habilidades a serem aprendidas somente quando ele precisa disso para progredir no jogo; e
- Testes regulares: É necessário que o jogo possua métricas de avaliação do jogador. A inteira progressão a partir de um típico jogo consiste de um ciclo repetitivo de aprendizado e teste. Tudo que é aprendido deve ser testado imediatamente e repetidamente. É o

divertimento de fazer e passar nos testes, frequentemente depois de muitas falhas que motiva os jogadores a aprender de modo que as falhas não sejam motivo de desmotivação.

1.2.2 Ambiente Virtual para Jogos

O projeto proposto visa elaborar um ambiente onde seja possível a professores e alunos participarem de atividades que envolvam jogos digitais criados especificamente para temas de Matemática do Ensino Médio.

Pretende-se que os professores participem das atividades acompanhando o desenvolvimento individual de cada aluno através de relatórios em tempo real, colaborem na elaboração de problemas para os jogos, bem como na sugestão de temas e propostas pedagógicas.

Espera-se que os alunos participem das atividades e sugiram melhorias tanto aos jogos quanto ao ambiente.

Outros pesquisadores podem participar do ambiente atuando no desenvolvimento dos jogos. Espera-se que essa tarefa possa ser dividida entre alunos de cursos de Matemática, Informática e outras áreas.

No ambiente proposto a criação de um jogo poderá ser feita por pessoas com conhecimento em programação. Para tal será criado um modelo de projeto com o esqueleto das principais funcionalidades o que facilitará a integração do jogo com o ambiente.

Entende-se que cada jogo possui muitos recursos em comum. Um dos objetivos da proposta é encontrar e documentar estes recursos a fim de que os mesmos sejam incorporados ao ambiente. Assim o processo de desenvolvimento de um jogo passa a ser mais simples e eficiente.

Deve ser observado que o trabalho proposto tem considerável relevância para o IFSP Campus Caraguatatuba, especialmente para os cursos de Licenciatura em Matemática e de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Para o curso de Licenciatura em Matemática pretende-se que jogos sejam propostos por professores e alunos e os resultados possam ser utilizados para estudo por docentes e discentes.

Alunos do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas podem projetar jogos dentro de especificações propostas por outros participantes, usufruindo de um ambiente que facilita o desenvolvimento e a integração.

Com isso, pode-se pensar em temas interdisciplinares para objetivos baseados em problemas do mundo real.

Áreas de Interesse

Este Trabalho de Conclusão de Curso possui características interdisciplinares, integrando as seguintes disciplinas:

- Didática; que será utilizada nas práticas de ensino no jogo digital;
- Matemática; que será o conteúdo a ser ensinado com a utilização do jogo; e
- Ciência da Computação; que será o objeto de estudo no desenvolvimento do software (jogo digital).

Próximas Seções do Trabalho

As seções seguintes do presente Trabalho de Conclusão de Curso são descritas a seguir.

No capítulo 2 serão descritos os conceitos relativos a Jogos Digitais, Aprendizagem e Avaliação, e como esses elementos podem ser utilizados para que se potencialize a aprendizagem de Matemática, principalmente por meio da Avaliação Formativa.

No capítulo 3 será apresentado o estudo de caso, que compreende o ambiente de jogo digital e suas diversas camadas, englobando a parte administrativa e de configuração, que são utilizadas pelo professor, e a parte de desenvolvimento, que é utilizada pelo desenvolvedor do jogo digital. O ambiente ainda utiliza a avaliação formativa para melhorar o processo ensino-aprendizagem.

No capítulo 4. serão apresentadas as considerações finais do presente trabalho.

2. JOGOS DIGITAIS, APRENDIZAGEM E AVALIAÇÃO

A seguir serão abordados os conceitos de jogos digitais e suas relações entre aprendizagem e avaliação a partir de sua utilização.

2.1 JOGOS DIGITAIS

Um jogo consiste dos seguintes elementos: (9)

- Regras;
- Objetivos;
- Resultados e *feedback* (realimentação);
- Conflito (ou competição, desafio, oposição);
- Interação; e
- Representação (ou história).

REGRAS

As regras diferenciam os jogos de outros tipos de brincadeiras. Provavelmente a definição mais básica de um jogo é que se trata de uma brincadeira organizada, isto é, baseada em regras. As regras são importantes, pois impõem limites. Elas nos forçam a tomar caminhos específicos para alcançar objetivos e assegurar que todos os jogadores tomem os mesmos caminhos. Também permitem que saibamos o que está dentro dos limites do que é ou não permitido em relação às atividades propostas no jogo. (9)

OBJETIVOS

Os objetivos diferenciam os jogos entre si. Alcançar objetivos é o que faz acontecer a motivação. O objetivo é frequentemente colocado antes do começo das regras. Um objetivo pode ser atingir a mais alta pontuação, chegar

até o fim do jogo, etc. Os objetivos são motivadores para que se tenha sucesso em todas as atividades e desafios propostos no decorrer do jogo.

RESULTADOS E *FEEDBACK*

Os resultados são as medidas do progresso em relação aos objetivos. O *feedback* ocorre quando algo no jogo muda em resposta ao que foi feito, isto é, quando ocorre a interatividade. (9) O *feedback* permite saber imediatamente se o que foi feito é positivo ou negativo para o jogador; se as regras estão sendo seguidas; se o jogador está perto ou longe de atingir o objetivo; ou como o jogador está se saindo em relação ao seu desempenho.

A principal característica do *feedback* é que em quase todos os jogos ele é imediato. A partir de uma ação se tem o resultado. É a partir do *feedback* em um jogo que o aprendizado ocorre. Mesmo naqueles jogos que não tem o intuito de serem educativos, ainda assim há o aprendizado. O jogador está constantemente aprendendo sobre como o jogo funciona, como ter sucesso e como chegar ao próximo nível e vencer.

Pelo *feedback* o jogador é recompensado por ter sucesso ou recebe uma mensagem informando que ocorreu falha em alguma parte e deve tentar novamente. É também pelo *feedback* que o jogador pode optar por buscar ajuda para conseguir atingir o objetivo.

Prover a medida exata de *feedback* em um jogo é muito importante porque se houver pouco ou muito pode gerar rápida frustração ao jogador. Isso faz com que surja outra característica importante dos jogos digitais: a adaptação. Isso significa que o nível de dificuldade aumenta ou diminui automaticamente dependendo das diversas ações realizadas pelo jogador.

CONFLITO

Conflitos são problemas em um jogo os quais o jogador tenta resolver. (9) O conflito que produziu o problema a ser resolvido não necessita obrigatoriamente de um oponente ou de inteligência artificial. Pode ser um quebra-cabeça a ser resolvido ou qualquer coisa que fica no caminho do progresso. Manter o nível de conflito ou oposição em sincronia com as habilidades e progresso é chamado “balanceamento” do jogo e deve ser considerada uma habilidade chave no projeto do mesmo. O conflito ou desafio a ser resolvido também pode ser realizado por meio de cooperação com outros jogadores.

INTERAÇÃO

A interação possui dois aspectos importantes. (9) O primeiro é a interação do jogador com o computador, que ocorre através do *feedback*. O segundo é aquele que tem o aspecto inerentemente social dos jogos, ou seja, com outros jogadores.

REPRESENTAÇÃO

A representação significa que o jogo está relacionado a algo. (9) Este relacionamento pode ser abstrato ou concreto, direto ou indireto. Ela representa qualquer narrativa ou elementos de história no jogo. Alguns autores pensam que a representação está na essência do que define um jogo enquanto outros pensam que é apenas um adicional em torno do jogo. A representação também inclui o elemento da fantasia, a qual alguns autores colocam na definição de jogo.

2.1.1 Jogos Versus Simulação

Um jogo difere de uma simples simulação na medida em que o jogo é intrinsecamente motivador e envolve competição. Convém ressaltar que um formato competitivo não requer dois ou mais participantes. (10) Isso quer dizer que um formato competitivo pode ou não ser colaborativo, isto é, envolver mais de um jogador. É possível que um indivíduo possa competir contra ele mesmo, por exemplo, atingindo uma pontuação que tenha sido obtida em uma ocasião anterior. (11)

O segredo de um bom jogo não está em seus gráficos 3D e outros enfeites, mas em sua arquitetura subjacente onde cada nível está atrelado aos limites das habilidades do jogador, buscando a cada momento ser o mais difícil possível, porém realizável. (12)

2.1.2 Jogos Digitais e Aprendizado

Um elemento atrativo da experiência do jogo digital como uma ferramenta de aprendizado é que ele provê oportunidades para a prática continuada já que as consequências negativas não são tipicamente associadas com falha. (3) Em vez disso, falhas servem como uma parte integral da experiência do aprendizado. (13) Isto encoraja os jogadores a melhorar a partir de práticas repetidas ou jogando novamente partes de um jogo.

Os jogos possuem objetivos claros e proveem *feedback* imediato. (14) Isto permite que os jogadores alterem suas táticas de jogo de modo a melhorar desempenho e alcançarem os objetivos.

Os alunos melhoram suas tarefas quando recebem *feedback* construtivo. (15) Pode ser difícil para professores traduzir a performance dos alunos em *feedback* construtivo ou planejar suas lições para incorporar questões relacionadas e ações subsequentes. (16)

Este tipo de *feedback* contínuo, no entanto, é inerente em jogos principalmente porque os mesmos podem ser adaptados conforme as

necessidades dos alunos. Essa adaptação é realizada nos jogos por meio do uso de fases que são os níveis de dificuldade. O *feedback* contínuo é suportado nos jogos a partir do momento que fases mais fáceis são tipicamente jogadas primeiro, avançando para níveis mais complexos à medida que o jogador atinge a competência ou domínio necessário. O aumento da dificuldade em etapas reduz a frustração e permite aos jogadores formarem um conhecimento e estratégias que serão usadas mais tarde. (17)

Os jogos também reúnem as necessidades únicas de ensino e aprendizagem dos alunos quando novos conceitos são introduzidos como uma progressão lógica do aprendizado. Progressões do aprendizado são frequentemente descritas como o caminho que os alunos adotam para aprender um conjunto de conhecimento ou habilidades, isto é, a sequência em que estas habilidades são tipicamente desenvolvidas. (18)

Os elementos de um jogo podem aumentar o engajamento do jogador, e este engajamento é fortemente associado com o sucesso do mesmo. (19) Motivação é outro benefício dos jogos. Está relacionada à nossa crença de quão bom nós seremos e ao valor do objetivo final. (20) Apesar da motivação claramente parecer ser importante, não há um acordo claro sobre o que faz um jogo ou tarefa de aprendizagem ser motivante.

2.2 AVALIAÇÃO

Considera-se no trabalho proposto que uma das maiores contribuições ao ensino de Matemática ocorrerá através do uso de jogos digitais nos processos de avaliações dos alunos. Assim, convém que sejam definidos os conceitos relacionados ao processo de avaliação, o que será feito a seguir.

2.2.1 Componentes da Avaliação

A avaliação é um processo que envolve a coleção e interpretação de dados. (21) Existem quatro componentes na avaliação, apresentados a seguir.

O componente do uso de dados se refere ao uso dos resultados da avaliação como classificação dos estudantes, planejamento da instrução, melhoramento do currículo, e comparação de estudantes.

O componente de coleção de dados se refere ao objetivo pelo qual os dados da avaliação serão coletados, como sucesso dos estudantes e habilidade de investigação científica.

O componente de métodos para a coleta de dados se refere aos modos específicos de coleta de dados, como testes realizados em papel, entrevistas, e performance de tarefas.

O componente de usuários dos dados se refere às pessoas ou organizações que terão interesse em utilizar ou fazer uso dos dados, como os estudantes, professores, universidades e demais envolvidos no processo avaliativo.

2.2.2 Subprocessos da Avaliação

A avaliação inclui dois processos menores: medição e verificação: a medição é o processo de quantificar o grau em que o estudante possui certa qualidade ou característica, enquanto a verificação é o processo de interpretar a medição dos dados baseado em um conjunto de critérios de modo a realizar certos julgamentos a partir dos resultados daqueles que foram avaliados.

2.2.3 Tipos de Avaliação

Existem três tipos principais de avaliação: a avaliação diagnóstica, avaliação somativa e avaliação formativa. (22) Os três tipos serão analisados a seguir.

2.2.3.1 Avaliação Diagnóstica

A avaliação diagnóstica ocorre quando é planejada uma nova sequência de instrução educacional, como por exemplo, um novo conteúdo. (22)

O objetivo é verificar o estado atual de conhecimento que os estudantes possuem em relação aos padrões de aprendizado de determinado conteúdo. Em resumo, a avaliação diagnóstica serve para avaliar se os alunos possuem o conhecimento desejado para que se inicie o ensino da forma mais apropriada.

2.2.3.2 Avaliação Somativa

Avaliação somativa é uma avaliação compreensiva que fornece dados sobre o desempenho, e é utilizado para analisar o nível de aprendizado ao final do programa de estudos. As metas e objetivos do programa frequentemente refletem a natureza cumulativa do aprendizado. A avaliação somativa é conduzida ao final do programa para assegurar que os estudantes tenham cumprido as respectivas metas e objetivos do ensino. (23)

2.2.3.3 Avaliação Formativa

Se refere à avaliação que é especificamente direcionada a melhorar e acelerar o aprendizado. (24) A avaliação formativa ocorre quando professores ou sistemas instrucionais baseado em computadores sabem como os estudantes estão progredindo e onde eles estão tendo problemas. Eles podem utilizar estas informações para fazer ajustes no ensino em tempo real como reensinar, tentar abordagens instrucionais alternativas, alterar o nível de dificuldade das tarefas, ou oferecer mais oportunidades para a prática. (25) Tem sido utilizada para melhorar o sucesso dos estudantes. (15)

Além de fornecer aos professores evidências sobre como os estudantes estão aprendendo de modo que possam revisar a instrução

apropriadamente, avaliações formativas podem envolver diretamente os estudantes no processo de aprendizado, fornecendo *feedback* que irão auxiliar os estudantes a terem uma visão sobre como podem melhorar.

Feedback em avaliação formativa deve geralmente guiar os estudantes na direção de atingirem seus objetivos. O *feedback* mais efetivo geralmente deve possuir comentários específicos em relação aos erros dos estudantes e sugestões para a melhoria. Também encoraja os estudantes a focarem suas atenções na tarefa em vez de simplesmente obter a resposta correta. (26)

Um modo indireto de auxiliar os estudantes a aprenderem a partir de avaliação formativa inclui ajustes instrucionais baseado em resultados da avaliação.(27)

Diferentes tipos de avaliação formativa podem ser utilizados pelo professor ou ambiente de aprendizado para auxiliar o aprendizado, como informação diagnóstica relacionada aos níveis do entendimento do estudante, e fornecer informações de prontidão com o objetivo de indicar quem está pronto para iniciar um novo conteúdo de ensino.

As avaliações formativas podem fornecer aos professores ou a ambientes de aprendizado baseados em computador, suporte instrucional baseado nas informações dos estudantes. Alguns exemplos são: recomendações sobre como utilizar avaliações formativas para alterar a instrução (acelerar ou diminuir o ritmo de ensino do conteúdo, dar exemplos concretos), e prescrições sobre o que fazer em seguida para auxiliar o aprendizado dos estudantes. (28)

Existem os seguintes tipos de avaliação formativa: (29)

- Somente *feedback* fraco: os estudantes recebem somente sua pontuação ou nota;
- Somente *feedback*: os estudantes recebem sua pontuação ou nota, juntamente com objetivos claros para o prosseguimento na tarefa, ou *feedback* sobre as respostas corretas em relação às questões

realizadas, frequentemente descritas como o “conhecimento das respostas corretas”;

- Avaliação formativa fraca: os estudantes recebem informações sobre os resultados corretos, juntamente com alguma explicação;
- Avaliação formativa moderada: os estudantes recebem informações sobre os resultados corretos, alguma explicação, e algumas sugestões específicas para o melhoramento; e
- Avaliação formativa forte: os estudantes recebem informações sobre os resultados corretos, alguma explicação, e atividades específicas a serem realizadas com o objetivo de melhorar o aprendizado.

Da perspectiva dos professores e dos estudantes, auxiliado por tecnologia ou não, a avaliação formativa é um processo dinâmico e contínuo que está integrado à instrução contínua.

2.2.3.3.1 Tecnologia Educacional e Avaliação Formativa

Várias tecnologias recentes incorporam modos diferentes para avaliar o desempenho do estudante. (30) Estas tecnologias promovem o auxílio de:

- Rápida avaliação do entendimento do estudante;
- *Feedback* direto e imediato, maximizando o aprendizado;
- Aprendizado interativo e avaliação de habilidades de alto nível; e
- Acompanhamento do aprendizado do estudante em diferentes contextos e processos e ao longo do tempo do processo de aprendizagem.

A tecnologia pode proporcionar diferentes funcionalidades que facilitam e melhoram aspectos da avaliação formativa (31) (32), auxiliando no acesso às avaliações por diferentes interessados (professores, especialistas em educação) e permitindo que se meça de forma mais adequada o entendimento

dos estudantes. Nos casos onde o *feedback* seja insuficiente as tecnologias podem ajudar a corrigir equívocos rapidamente.

Através do *feedback* é possível rastrear, processar, visualizar e armazenar tanto os resultados quanto as ações de um estudante. Tais informações podem ser disponibilizadas para vários propósitos, tais como reflexões sobre um indivíduo ou grupo, ou até mesmo para avaliar e visualizar o progresso dos estudantes.

2.2.3.3.1.1 Avaliação Formativa em Jogos Digitais

Jogos digitais e simulações podem ser projetados e utilizados para auxiliar cada um dos estágios do processo de avaliação formativa (33) tais como:

- Recolher e analisar evidência do entendimento do estudante;
- Promover *feedback* individualizado e focado em relatórios de resultados; e
- Fornecer recursos para corrigir o aprendizado.

O ambiente proposto possui características predominantes da avaliação formativa. Ocorre o processo de avaliação no jogo digital no momento em que o jogador executa suas ações no jogo e, em seguida, o sistema envia o *feedback* ao jogador de acordo com os princípios da avaliação formativa.

Neste momento que ocorre o *feedback*, o professor recebe no ambiente de administração do jogo o relatório com as informações desta interação do jogador, podendo verificar os tipos de erros cometidos pelo aluno e aplicar atividades específicas.

3. ESTUDO DE CASO

Conforme descrito no capítulo anterior a proposta desse trabalho é apresentar um ambiente para o uso de jogos digitais no ensino de Matemática. Deve ser ressaltado que a implementação do ambiente descrito envolve um projeto complexo, multidisciplinar e fora do alcance dessa proposta. Contudo no intuito de validar a proposta apresentada foi desenvolvido um pequeno protótipo que reproduz as principais funcionalidades pretendidas.

Assim desenvolveu-se um programa na linguagem Java com o uso do Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL.

Também foi criado um pequeno jogo para testes. O jogo foi chamado de RDT e trabalha com problemas de regra de três. O roteiro do jogo é uma viagem que oito amigos fazem a uma cidade turística. Durante essa viagem o jogador incorpora um dos personagens e terá de fazer vários cálculos referentes a pagamentos, gorjetas, distâncias e preços, envolvendo regra de três.

3.1 TECNOLOGIAS

A seguir serão apresentadas as tecnologias computacionais utilizadas para a implementação do estudo de caso.

3.1.1 Banco de Dados

No estudo de caso foi utilizado o servidor de Banco de Dados MySQL. Utiliza-se o motor de armazenamento de dados InnoDB, que é um motor de armazenamento de uso geral que balanceia alta qualidade a alta performance. (34) É considerado o motor de armazenamento de dados padrão para o MySQL. A arquitetura do modelo InnoDB inclui o modelo ACID, que é um conjunto de princípios de padrões de Banco de Dados que enfatiza aspectos de qualidade que são importantes para a lógica de negócios e aplicações de

missões críticas. O motor de armazenamento InnoDB adere fortemente ao modelo ACID, de modo que os dados não são corrompidos e os resultados não são distorcidos por condições excepcionais como em falhas de software e mau funcionamento do hardware. O modelo ACID é um acrônimo para

- A: Atomicidade;
- C: Consistência;
- I: Isolamento; e
- D: Durabilidade.

3.1.2 Linguagens de Programação

Para a programação do protótipo utiliza-se a linguagem de programação Java dentro do ambiente de desenvolvimento NetBeans. Foi utilizada tal linguagem por conta da possibilidade da implantação em distintas plataformas, já que as aplicações escritas são compiladas em *bytecodes* (códigos binários) que independem da máquina, executando-se em qualquer plataforma.(36)

3.2 ARQUITETURA DO AMBIENTE

O ambiente foi projetado em camadas de software nas quais foram aplicados padrões de projeto específicos, o que permite maior versatilidade e reusabilidade de componentes. (37) Na Figura 1 há o exemplo da arquitetura proposta.

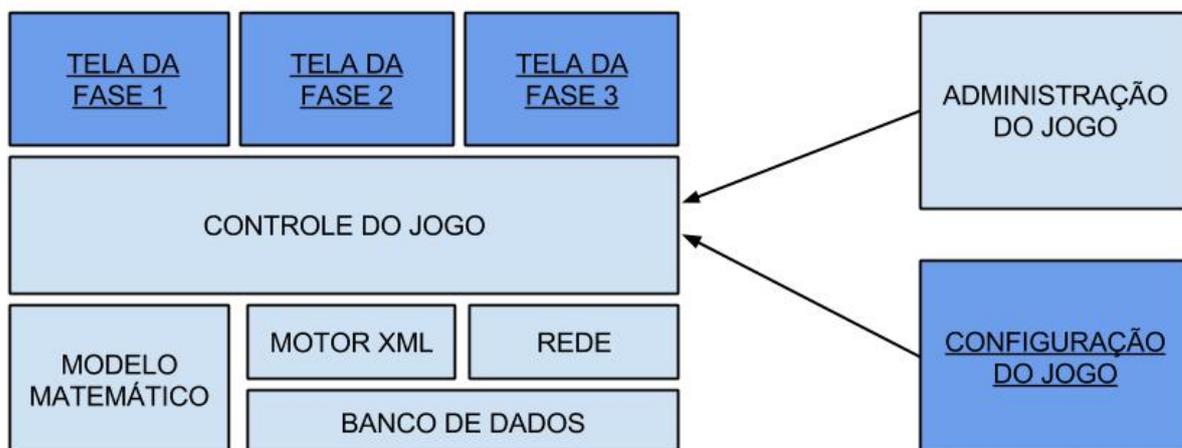


Figura 1 - Arquitetura proposta do ambiente

Na Figura 1, os componentes com o nome sublinhado indicam partes que são particulares de cada jogo e devem ser implementadas pelos desenvolvedores de um jogo. As demais partes são comuns a cada jogo e fazem parte do ambiente, sendo que os desenvolvedores podem acessá-las através de pacotes de classes Java.

Nas seções a seguir serão descritos todos os componentes do ambiente proposto.

3.2.1 Padrões de Projeto

A seguir serão definidos os padrões de projeto utilizados no ambiente (35):

- *Singleton*: tem como objetivo assegurar que uma classe possua somente uma instância, e prover um ponto global de acesso a ela;
- *Façade*: tem como objetivo prover uma interface unificada a um conjunto de interfaces em um subsistema e definir uma interface de alto nível que torna o subsistema mais fácil de ser utilizado; e
- *Template Method*: tem como objetivo definir o esqueleto de um algoritmo em uma operação, definindo algumas propriedades a

subclasses. Também permite que subclasses redefinam certos passos de um algoritmo sem alterar a estrutura do algoritmo.

3.2.2 Camada de Interface Gráfica

O ambiente de jogo proposto utiliza uma estrutura composta por quatro telas, cada uma delas equivalendo a uma fase. Inicialmente, o ambiente está preparado para jogos do gênero “perguntas e respostas”, onde a resposta envolva algum tipo de raciocínio matemático. O objetivo é avaliar um conteúdo matemático por meio de um enunciado, sendo este um problema a ser interpretado e resolvido em partes.

Particionar a solução permite que o jogador compreenda os vários passos necessários para a resolução de determinado problema matemático. Também permite que se possa avaliar formativamente em que ponto ocorre a deficiência do aprendizado. Assim, utilizando-se do processo da avaliação formativa, é possível auxiliar o estudante em seu aprendizado.

O sistema de fases segue o padrão de projeto *Template Method*, onde as fases são apresentadas na ordem crescente, desde que o jogador cumpra certos requisitos, tais como acertar um determinado número de questões seguidamente, por exemplo.

3.2.3 Camada de Controle

Todos os jogos a serem desenvolvidos executam tarefas básicas de comunicação em rede e envio de dados para ambientes externos. Assim, a camada de Controle de jogo é responsável por coordenar a conversa entre o jogo e as demais camadas.

Entende-se que para simplificar o trabalho dos programadores a interface com a camada de controle deve ser a mais simples possível, sendo feita preferencialmente através de uma única classe. Assim, optou-se por aplicar-se nessa camada o padrão de projeto *Façade*. Através do padrão

Façade todas as rotinas necessárias ficam disponíveis ao desenvolvedor através de uma única classe chamada Controle.

Outro padrão necessário é o *Singleton*, que permite que somente uma instância da classe execute por vez. Um exemplo do uso da classe seria:

```
Controle controle = Controle.getInstance();  
controle.enviarJogada();
```

Com isso, toda a complexidade do Banco de Dados e conexão com a rede fica transparente ao desenvolvedor.

3.2.4 Modelo Matemático

Para o pleno desenvolvimento de jogos matemáticos se faz necessário mapear a linguagem Matemática para objetos computacionais. Por exemplo, para representar a equação $\frac{1}{2} + \frac{3}{4} - \frac{1}{2} * 6^2$ será necessário criar um componente que entenda as frações, potências e operações matemáticas utilizadas. Para dar maior versatilidade aos jogos necessitou-se modelar alguns conceitos matemáticos. Os conceitos são apresentados a seguir:

- Expressão: é uma combinação de números, operadores, variáveis e símbolos gráficos agrupados de forma significativa. Uma expressão pode ser numérica ou algébrica;
 - Expressões numéricas contêm apenas números, sem variáveis; e
 - Expressões algébricas contêm variáveis em sua composição.
- Equação: conjunto de duas expressões que possuem igualdade; e
- Fração: conjunto de duas expressões onde a primeira é dividida pela segunda. A primeira é chamada numerador. A segunda é chamada denominador.

Todos os conceitos matemáticos citados anteriormente foram transformados em classes Java e podem ser acessados por qualquer desenvolvedor.

Nessa camada deve ser implementado um *parser* (analisador de sentenças) capaz de ler sentenças matemáticas válidas e transformá-las em objetos Java. Por se tratar de um assunto específico, a construção do *parser* foge do escopo desse trabalho, sendo apenas apontado dentro do protótipo.

3.2.5 Motor XML

O motor XML é responsável por transformar em linguagem de marcação os elementos matemáticos, tais como equações, gráficos, figuras geométricas, etc. Assim, uma figura geométrica complexa pode ser compartilhada por dois computadores, por exemplo. XML, ou Linguagem de Marcação Extensível, é constituída de unidades de armazenamento que contêm dados convertidos ou não. Dados convertidos são caracteres, algum dos quais formam dados de caracteres, e algum dos quais formam marcação. A marcação codifica uma descrição do visual do armazenamento do documento e sua estrutura lógica. O XML provê um mecanismo para impor limites ao visual do armazenamento e da estrutura lógica. (38)

Os objetos Java são mapeados para a linguagem XML e a seguir são transportados a outro computador. Assim que chegam a outro computador as tags XML são convertidas em objetos Java. Isso é feito usando ferramentas disponíveis pela própria linguagem Java.

3.2.6 Rede

Nessa camada fica a parte de comunicação via *sockets* (ponto final de um fluxo de comunicação entre processos através de uma rede de computadores) ou tecnologias para processamento paralelo, tais como Java RMI. Todos os dados enviados por *sockets* são encapsulados em XML e

convertidos pelo computador de destino. O Java RMI, ou Invocação Remota de Método Java, permite ao programador criar tecnologias distribuídas baseadas em Java para aplicações baseadas na tecnologia Java, nas quais os métodos dos objetos Java remotos podem ser invocados de outras máquinas virtuais Java, possivelmente em diferentes *hosts* (computadores da rede). (39)

3.2.7 Camada de Acesso a Dados

Os dados gerados pelos jogadores no ambiente de jogo são armazenados em um servidor de Banco de Dados centralizado que deve ser consultado periodicamente pelos participantes. Através desse banco é feita a sincronização de dados entre os envolvidos, bem como a comunicação entre as partes. Notadamente a comunicação ente diversos jogadores pode ter impacto negativo no desempenho do Banco de Dados.

A decisão por utilizar Banco de Dados se baseia em alguns aspectos particulares do projeto. O primeiro aspecto a ser levado em conta é o baixo uso da rede. Calcula-se que cada usuário envie uma requisição a cada intervalo de trinta segundos. Outro fator importante a ser levado em conta diz respeito à necessidade de se criar uma linguagem de controle e sincronização dos dados. Com o uso de Banco de Dados isso se torna desnecessário, visto que os sistemas SGBD possuem controle de transações. O ambiente de jogo está integrado em rede, já que possui acesso ao servidor de Banco de Dados MySQL. A rede pode ser tanto local, quanto remota, dependendo da localização do servidor de Banco de Dados. No caso da remota, a rede é considerada como sendo Internet.

Em caso de jogos onde seja necessário o uso intenso da rede foi projetada uma camada para armazenar as principais funcionalidades necessárias. Na Figura 2 é mostrado o modelo entidade-relacionamento do Banco de Dados, que abrange todo o ambiente do jogo.

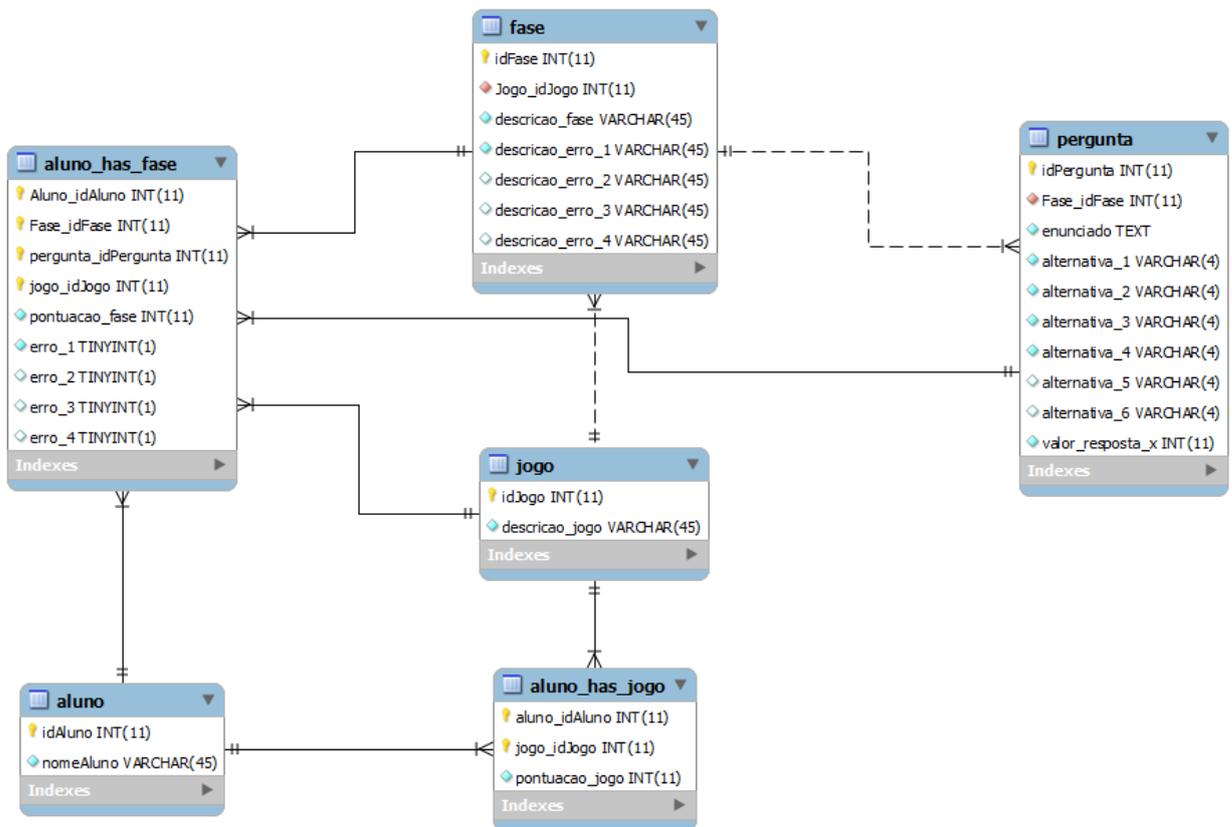


Figura 2 - Modelo entidade-relacionamento do Banco de Dados

3.2.8 Ambiente de Administração

O Ambiente de Administração do jogo é sempre o mesmo, uma vez que o relatório emitido não é dependente do jogo. Os desenvolvedores de novos jogos precisam apenas utilizar as classes de controle para enviarem dados ao Ambiente de Administração. Os erros cometidos pelos alunos são compostos pela coleção de colunas de erros, após a coluna fase. Esses erros são específicos para cada jogo.

O relatório é criado utilizando o ambiente de programação JavaFX, que consiste num conjunto de pacotes de mídia e gráficos que permitem ao desenvolvedor desenhar, criar, testar, depurar, e implantar aplicações de cliente ricas que operam consistentemente entre diversas plataformas(40).

O relatório é mostrado utilizando-se uma tabela que contém as seguintes colunas:

- Aluno - Nome do aluno que está jogando;
- Fase - Informação referente ao número da fase a qual foi jogada pelo aluno;
- Erros - Coleção de colunas contendo os erros ou acertos cometidos pelos alunos, relativos a um jogo específico;
- Pontuação da Fase - Informação referente à pontuação atingida pelo aluno durante a fase, relativo a um jogo específico; e
- Pontuação do Jogo - Informação referente à pontuação atingida pelo aluno durante o jogo.

O ambiente é destinado a ser utilizado pelo professor de Matemática, sendo também possível a avaliação de toda a turma que utilizou o jogo. O aproveitamento do aluno é verificado mediante a pontuação obtida em conjunto com a quantidade de erros cometida, e uma análise detalhada pode ser realizada pelo professor, considerando os tipos de erros cometidos pelo aluno. A avaliação não leva em consideração o tempo que o aluno leva para completar a fase, ou o jogo (conjunto das fases), já que é necessário ocorrer a exploração pelo jogador (5), onde os mesmos progridem a seus próprios passos, sendo necessário que cada um possa jogar o tempo e quantas vezes forem necessárias para o devido aprendizado. Cada jogo pode ter várias instâncias, chamadas de partidas. Cada partida deve ser administrada por um professor.

Na Tela de Administração o professor obtém os totais de acertos e erros de cada aluno. Com isso, pode-se traçar estratégias das aulas de reforços ou mesmo parar uma partida e explicar um conceito que seja erro comum à maioria dos jogadores, independentemente do *feedback* que os alunos já recebem a partir da interação com o jogo por meio da avaliação formativa. É importante ressaltar que para que haja a avaliação formativa, o

papel do professor é fundamental, já que é ele quem observa se o aprendizado está ocorrendo ou não e pode agir para que possa corrigir eventuais problemas no aprendizado.

3.2.9 Ambiente de Configuração

Conforme mostrado na Figura 1, cada jogo necessita de uma tela própria de configuração para ser configurado. Neste ambiente é possível realizar algumas tarefas básicas descritas nos tópicos a seguir.

Criação de novos enunciados

Para se criar um novo enunciado é necessário ter um texto descritivo para a questão, além de nomear todas as variáveis a serem utilizadas.

Configuração dos limites de variáveis

A fim de tornar mais dinâmico o jogo é necessário que as variáveis do enunciado assumam valores aleatórios, evitando que o jogador decore respostas certas. Por exemplo, supondo que o jogo sempre apresente o problema abaixo:

Enunciado: $7 + 2 = X$

Considerando o número 7 como sendo a variável A e o número 2 como sendo a variável B.

Fica repetitivo ao aluno resolver esse problema mais de uma vez. Por isso a opção é permitir que se trabalhe com variáveis que possuam intervalos mínimos e máximos.

Assim, os valores são escolhidos aleatoriamente dentro dos intervalos. Por exemplo:

Variável A: mínimo 1 e máximo 5.

Variável B: mínimo 0 e máximo 4.

Dessa maneira, as variáveis A e B limitam que a soma nunca seja menor que 1 (um) nem maior que 9 (nove).

Assim, o enunciado seria:

Enunciado: $A + B = X$

Considerando as variáveis A e B assumindo os limites mínimos e máximos.

Opções Adicionais

Em alguns enunciados pode ser necessário que o sistema teste as possibilidades para evitar um limite de intervalo que resulte em erros, como por exemplo, uma divisão por zero. Em outros casos se faz necessário trocar nomes, imagens, textos, etc. Todas essas são consideradas opções adicionais que devem fazer parte da configuração de cada jogo e disponibilizadas através dessa camada.

3.3 ESTUDO DE CASO: O JOGO REGRA DE TRÊS

No intuito de ilustrar os diversos componentes descritos anteriormente foi criado um jogo simples, chamado RDT, para a resolução de problemas de regra de três.

O jogo tem como enredo uma viagem entre oito amigos. Nessa viagem ocorrem certas situações onde será necessário realizar pequenos cálculos.

3.3.1 Interface Gráfica

O jogo é dividido em quatro fases básicas. Cada fase será tratada a seguir.

Na primeira fase a ênfase é dada na correta interpretação dos problemas propostos. O texto possui um número exato de quatro variáveis que devem ser distribuídas de forma correta na expressão a ser investigada. A partir da distribuição das variáveis entre numeradores e denominadores o próprio programa trata de resolver o exercício. Isso ocorre porque o objetivo da fase é concentrar o aluno a montar sua equação de forma correta.

A segunda fase difere da primeira por conta do número de variáveis que é aumentado para sete. Tal prática visa aprimorar a capacidade do aluno em ler um problema e retirar dele somente o essencial. Escolhidas as variáveis o programa resolve automaticamente a equação.

Na terceira fase, além do número alto de variáveis o aluno precisa resolver a parte da multiplicação na regra de três. Nessa fase são capturados erros de interpretação e erros de multiplicação.

Na quarta fase são capturados erros de divisão, ou seja, todos os passos de uma operação de regra de três são avaliados. A cada passo os resultados são avaliados e os erros são apontados ao jogador. Na Figura 3 há o exemplo da Tela da Fase 4, onde são apresentadas sete variáveis, exigindo que o jogador interprete o problema e utilize somente as variáveis necessárias.

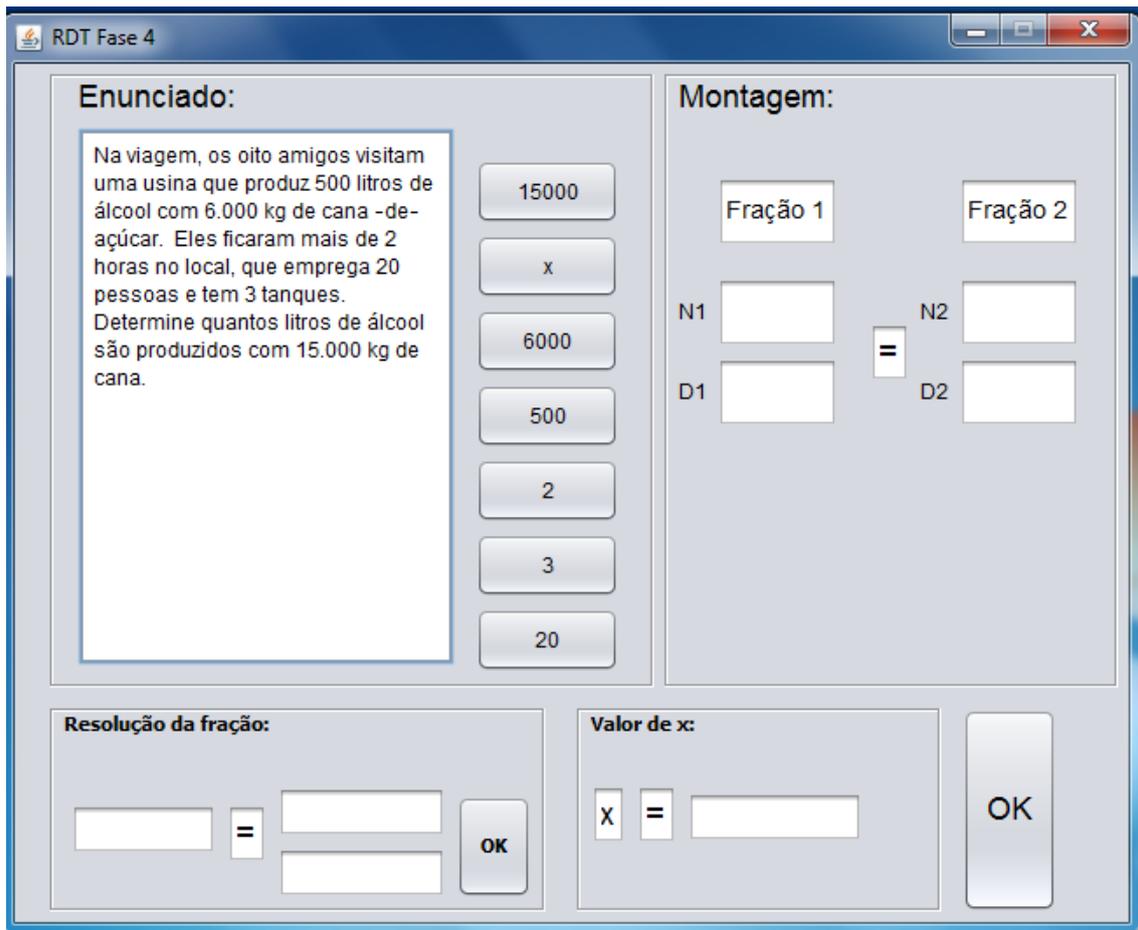


Figura 3 - Tela da Fase 4 do jogo RDT

O ambiente de jogo possui as seguintes funcionalidades:

- Enunciado: funcionalidade genérica ao ambiente de jogo, local onde é exibida a pergunta, que está relacionada com uma das 4 fases (níveis de dificuldade) disponíveis, que estão definidas no servidor de Banco de Dados;
- Montagem: funcionalidade específica da estrutura do jogo Regra de Três. É o local onde ocorre a primeira parte da resposta do jogo. Deve-se responder à pergunta conforme o enunciado, preenchendo-se os 4 campos - 2 numeradores e 2 denominadores, com um desses campos devendo obrigatoriamente ser a variável x - satisfazendo à regra de três. A resposta é realizada a partir de cliques feitos nos botões posicionados ao lado direito do enunciado.

Cada botão possui um número escrito, e o primeiro clique corresponde ao preenchimento do primeiro campo do numerador, o segundo clique corresponde ao preenchimento do primeiro campo do denominador, e o terceiro clique corresponde ao preenchimento do segundo campo do numerador. O último campo, o segundo campo do denominador, é preenchido automaticamente no caso da variável x ainda não ter sido selecionada. Na segunda, terceira e quarta fases, é possível ter até 3 alternativas (botões) adicionais, conforme a configuração realizada no ambiente de configuração do jogo, na funcionalidade de Acréscimos;

- Resolução da fração: funcionalidade específica da estrutura do jogo Regra de Três. É o local onde ocorre a segunda parte da resposta do jogo. Devem-se especificar os valores do numerador e do denominador obtidos multiplicando-se os termos em “cruz”. Na primeira e segunda fases essa resposta é preenchida automaticamente. Na terceira e quarta fases, a resposta é necessária; e
- Valor de x : funcionalidade genérica ao ambiente de jogo. É o local onde deve-se responder o valor de x da questão.

A captura de erros ocorre no momento que a resposta de qualquer parte da resolução é dada. A seguir serão analisadas as diversas possibilidades de erros e especificidades de acordo com cada fase. Na primeira fase, só é possível errar a primeira parte da resolução, que é a montagem da regra de três. As outras duas partes, “resolução da fração” e “valor de x ” são preenchidas automaticamente pelo programa. Na segunda fase, também só é possível errar a primeira parte da resolução, que é a montagem da regra de três. A diferença, portanto, entre a primeira e a segunda fase está apenas no aumento de nível de dificuldade, já que é possível ter mais de 4 alternativas para a resolução dos 4 valores (2 numeradores e 2 denominadores) referentes à regra de três.

Na terceira fase é possível errar a primeira e a segunda partes da resolução, que são a “montagem” e a “resolução da fração”, respectivamente. A terceira parte, “valor de x ”, é preenchida automaticamente. Existem 4 possibilidades:

- Acertar a primeira e segunda partes da resolução;
- Acertar a primeira parte da resolução e errar a segunda parte da resolução;
- Errar a primeira parte da resolução e acertar a segunda parte da resolução; e
- Errar a primeira parte da resolução e errar a segunda parte da resolução.

Na quarta fase é possível errar a primeira, segunda e terceira partes da resolução, que são a “montagem”, a “resolução da fração”, e o “valor de x ”, respectivamente. Existem as seguintes possibilidades:

- Acertar a primeira, segunda e terceira partes da resolução;
- Acertar a primeira e segunda partes da resolução, e errar a terceira;
- Acertar a primeira parte da resolução, e errar a segunda e terceira;
- Acertar a primeira e segunda parte, e acertar a terceira;
- Errar a primeira, segunda e terceira partes da resolução;
- Errar a primeira e segunda partes da resolução, e acertar a terceira;
- Errar a primeira parte da resolução, acertar a segunda e terceira; e
- Errar a primeira, acertar a segunda parte, e errar a terceira.

Todas essas 8 combinações de erros e acertos são capturadas pelo ambiente de jogo.

3.3.2 Ambiente de Administração do Jogo

O relatório é criado utilizando o ambiente Java, e é mostrado utilizando-se uma tabela que contém as seguintes colunas:

- Nome do aluno que está jogando;
- Fase;
- Erro na disposição das frações;
- Erro na resolução da fração;
- Erro no valor da variável X;
- Pontuação da Fase; e
- Pontuação do Jogo.

Na Figura 4 há a tela do Ambiente de Administração do jogo RDT.



Aluno	Fase	Erro na disposição	Erro na resolução	Erro no resultado	Pontuação da Fase	Pontuação do Jogo
1105094	1	false	false	false	600	3850
1105094	1	true	false	false	600	3850
1105094	1	false	false	false	600	3850
1105094	1	true	false	false	600	3850
1105094	2	false	false	false	100	3850
1105094	2	true	false	false	100	3850
1105094	2	true	false	false	100	3850
1105094	2	false	false	false	100	3850
1105094	3	true	true	false	1100	3850
1105094	3	true	false	false	1100	3850
1105094	3	true	false	false	1100	3850
1105094	3	false	false	false	1100	3850
1105094	3	true	false	false	1100	3850
1105094	4	true	true	true	2700	3850
1105094	4	true	false	false	2700	3850

Figura 4 - Ambiente de Administração do jogo RDT

3.3.3 Ambiente de Configuração do Jogo

Conforme a Figura 5, na coluna da esquerda é possível que cada professor realize configurações próprias em relação a cada jogo do ambiente. Após selecionar o perfil do professor, escolhe-se o jogo desejado para a realização das configurações deste. Em relação à configuração do protótipo do jogo RDT, é possível configurar os valores dos 2 numeradores e 2 denominadores do jogo, na seção “Intervalos Aleatórios de Variáveis”. É possível configurar para que esses valores sejam aleatórios ou fixos. Nesse caso definem-se os valores mínimos e máximos de determinada variável (numerador 1, por exemplo). Para que determinado valor seja fixo, define-se o valor mínimo como sendo o mesmo do valor máximo.

Variável	Valor Mínimo	Valor Máximo		Valor Mínimo	Valor Máximo
Numerador 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Acréscimo 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Numerador 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Acréscimo 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Denominador 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Acréscimo 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Denominador 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>			

Testar divisão por zero Randomizar posição das variáveis

Enunciado do problema:

SALVAR
Cancelar

Mudança de fase

Mudar a fase após X minutos de jogo:

Mudar a fase após obter X pontos:

Mudar a fase após X acertos:

SALVAR

Figura 5 - Tela de Configuração do jogo RDT

Também é possível configurar para que as variáveis sejam randomizadas em relação às posições dos numeradores e denominadores, ativando a opção “Randomizar posição das variáveis”; do mesmo modo, é possível a configuração de teste de divisão por zero, ativando a opção “Testar divisão por zero”. Define-se, em seguida, o enunciado do problema. Após a realização destas configurações, é necessário salvar as configurações clicando-se no botão “SALVAR”. Existem também 3 configurações relacionadas a critérios de mudança de fase, na seção “Mudança de Fase”:

- Mudar a fase após X minutos de jogo: é possível habilitar a opção de mudança de fase após determinada quantidade de tempo de jogo. Ativando-se a opção, define-se o tempo em minutos desejado;
- Mudar a fase após obter X pontos: é possível habilitar a opção de mudança de fase após determinada quantidade de pontos na fase. Ativando-se a opção, define-se a quantidade de pontos desejada; e
- Mudar a fase após X acertos: é possível habilitar a opção de mudança de fase após determinada quantidade de acertos na fase. Ativando-se a opção, define-se a quantidade de acertos desejada.

Após a realização das configurações desta seção, é necessário salvar as configurações clicando-se no botão “SALVAR” da seção “Mudança de fase”.

3.4 O AMBIENTE E A AVALIAÇÃO FORMATIVA

Conforme a seção 2.2.3.3 - Avaliação Formativa -, o tipo de avaliação formativa utilizado neste estudo de caso seria enquadrado em avaliação formativa forte (29), que ocorre quando os estudantes recebem informações sobre os resultados corretos, alguma explicação, e atividades específicas a serem realizadas de modo a melhorar o aprendizado sobre determinado conteúdo.

A Figura 6 mostra a avaliação formativa sendo utilizada no ambiente de jogo.

The screenshot shows a software interface titled "RDT Fase 4". It is divided into two main sections: "Enunciado:" and "Montagem:".

Enunciado: A text box contains the following text: "Na viagem, os oito amigos visitam uma usina que produz 500 litros de álcool com 6.000 kg de cana -de-açúcar. Eles ficaram mais de 2 horas no local, que emprega 20 pessoas e tem 3 tanques. Determine quantos litros de álcool são produzidos com 15.000 kg de cana." To the right of the text are four buttons: "15000", "x", "6000", and "500".

Montagem: This section contains two fraction boxes labeled "Fração 1" and "Fração 2". Below "Fração 1" are two input fields: "N1" with the value "20" and "D1" with the value "3". Below "Fração 2" are two input fields: "N2" with the value "2" and "D2" with the value "x". An equals sign "=" is positioned between the two fraction boxes.

Overlaid on the interface is a feedback dialog box with the following content:

Infelizmente você errou a disposição dos numeradores/denominadores!
Abaixo há a disposição correta:

The dialog box shows the correct arrangement of the fraction boxes:

Fração 1		Fração 2
500	=	6000
x		15000

Below the fraction boxes, a text box provides additional feedback: "Para a correta disposição dos numeradores e denominadores, é necessária a interpretação atenciosa ao enunciado para a identificação das variáveis. Para melhorar esse aprendizado, estude o capítulo 3 do livro Matemática - Contexto e Aplicações especialmente a seção 5."

Figura 6 - Exemplo de utilização da avaliação formativa no ambiente de jogo

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Espera-se que se tenham várias abordagens para se seguir em trabalhos futuros a partir da proposta apresentada pelo presente projeto. Algumas sugestões são:

- Criação de uma linha de pesquisa própria de utilização de jogos digitais com fins educacionais dentro do Campus Caraguatatuba do IFSP;
- Implementação e teste de jogos digitais seguindo o ambiente proposto;
- Aplicação da abordagem de aprendizagem baseada em jogos digitais para outros temas matemáticos ou de disciplinas de outras áreas;
- Utilização de outras formas de critérios de avaliação para verificação da aprendizagem dos alunos; e
- Aperfeiçoamento dos componentes do ambiente proposto.

Considera-se que a reusabilidade de desenvolvimento de software (jogo digital) proposta no ambiente definido neste trabalho juntamente com a possibilidade de aplicação de conteúdos matemáticos por professores, cujos problemas a serem resolvidos pelos alunos jogadores possam ser particionados de modo a garantir que se identifique, a cada etapa da resolução do problema, o nível de entendimento do aluno e sua devida avaliação formativa, de modo a auxiliar o aluno no seu processo de aprendizagem, possa contribuir com o processo ensino-aprendizagem e com a devida avaliação de um modo mais efetivo.

REFERÊNCIAS

- 1 THE WORLD BANK. Gross domestic product ranking table. **World Development Indicators, GDP Ranking**. 2013. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/data-catalog/GDP-ranking-table>>. Acesso em: 10 ago 2013.
- 2 INEP. **SAEB/Prova Brasil 2011 - primeiros resultados**. 2012. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/prova_brasil_saeb/resultados/2012/Saeb_2011_primeiros_resultados_site_Inep.pdf>. Acesso em: 10 ago 2013.
- 3 MCCLARTY, K. et al. A Literature Review of Gaming in Education. **Pearson Research Report**. Junho, 2012. Disponível em: <http://images.pearsonassessments.com/images/tmrs/Lit_Review_of_Gaming_in_Education.pdf>. Acesso em: 10 ago 2013.
- 4 DIVJAK, B; TOMIC, D. The impact of Game-based learning on the achievement of learning goals and motivation for learning mathematics - literature review. **Journal of Information and Organizational Sciences**, Varaždin, Varaždin County, Croatia, v. 35, n. 1, p. 15-30, 2011.
- 5 DEVLIN, K. **Mathematics Education for a New Era: Video Games as a Medium for Learning**. Natick, MA, USA: AK Peters, Ltd, 2011. 218 p.
- 6 WASTIAU, P.; KEARNEY, C.; & VAN DEN BERGHE, W. How are digital games used in schools?: Main results of the study - Synthesis report. **European Schoolnet**. Maio, 2009. Disponível em: <http://games.eun.org/upload/gis-synthesis_report_en.pdf>. Acesso em 01 dez 2013.
- 7 JOHNSON, L. et al. The 2011 Horizon Report. **NMC Horizon Reports**. 2011. Disponível em: <<http://www.nmc.org/system/files/pubs/1316814265/2011-Horizon-Report%28%29.pdf>>. Acesso em: 01 dez 2013.
- 8 FEDERATION OF AMERICAN SCIENTISTS. Summit on educational games: Harnessing the power of video games for learning. **National Summit on Educational Games**. Outubro, 2005. Disponível em: <<http://www.fas.org/gamesummit/Resources/Summit%20on%20Educational%20Games.pdf>>. Acesso em 01 dez 2013.

9 PRENSKY, M. **Digital game-based learning**. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2001. 464 p.

10 DEMPSEY, J. et al. Forty simple computer games and what they could mean to educators. **Simulation and Gaming**. Thousand Oaks, CA, USA, v. 33, n. 2, p.157-168, jun. 2002.

11 WHITTON, N. **Learning with Digital Games: A Practical Guide to Engaging Students in Higher Education**. New York, NY, USA: Routledge, 2009. 232 p.

12 GEE, J. P. **What digital games have to teach us about learning and literacy**. New York, NY, USA: Palgrave Macmillan. 2003a. 256 p.

13 GEE, J. P. Deep learning properties of good digital games: How far can they go?. In: RITTERFELD, U.; CODY, M.; VORDERER, P. **Serious Games: Mechanisms and Effects**. New York, NY, USA: Routledge - Taylor and Francis, 2009. p. 67–82.

14 DICKEY, M. D. Engaging by design: How engagement strategies in popular computer and video games and inform instructional design. **Educational Technology Research and Development**, v. 53, n. 2, p. 67–83, 2005.

15 BLACK, P. J.; WILLIAM, D. Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. **Phi Delta Kappan**, v. 80, n.2, p. 139-148, 1998b.

16 BLACK, P. et al. **Working inside the black box - Assessment for Learning in the Classroom**. London, UK: King's College London School of Education, 2002. 24 p.

17 GEE, J. P. What video games have to teach us about learning and literacy. **ACM Computers in Entertainment**, v. 1, n. 1, p. 1–4, 2003b.

18 MASTERS, G; FORSTER, M. Progress maps. **Assessment Resource Kit**. Melbourne, Australia. 1996.

19 SHUTE, V. J. et al. Melding the power of serious games and embedded

assessment to monitor and foster learning: Flow and grow. In: RITTERFELD, U.; CODY, M.; VORDERER, P. **Serious Games: Mechanisms and Effects**. New York, NY, USA: Routledge - Taylor and Francis, 2009. p. 295–321.

20 JALONGO, M. R. Beyond benchmarks and scores: Reasserting the role of motivation and interest in children's academic achievement. **Childhood Education**, v. 83, n. 6, p.395–407, 2007.

21 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National science education standards**. Washington, DC, USA, National Academy Press, 1996. 272 p.

22 LIU, X. **Essentials of Science Classroom Assessment**. Thousand Oaks, California, USA: SAGE Publications, 2010. 216 p.

23 SHUTE, V. J. Tensions, trends, tools, and technologies: Time for an educational sea change. In: DWYER, C. A. **The future of assessment: Shaping teaching and learning**. New York, NY, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Taylor and Francis, 2007b. p. 139-187.

24 SADLER, D.R. Formative assessment: revisiting the territory. **Assessment in Education: Principles, Policy & Practice**, v. 5, n. 1, p. 77-84, 1998.

25 BLACK, P; WILLIAM, D. Assessment and classroom learning. **Assessment in Education: Principles, Policy & Practice**. v. 5, n.1, p. 7–71, 1998a.

26 BANGERT-DROWNS, R. L. et al. The instructional effect of feedback in test-like events. **Review of Educational Research**, v. 61, n. 2, p. 213–238, 1991.

27 STIGGINS, R. J. Assessment crisis: The absence of assessment FOR learning. **Phi Delta Kappan Professional Journal**, v. 83, n.10, p. 758–765, 2002.

28 SHUTE, V. J; VENTURA, M; BAUER, M.; ZAPATA-RIVERA, D. Monitoring and fostering learning through games and embedded assessments. **ETS Research Report No. RR-08-69**. Princeton, NJ, USA: ETS, dez, 2008.
Disponível em: <http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute%202008_e.pdf>.
Acesso em: 01 dez. 2013.

29 NYQUIST, J. B. **The benefits of reconstructing feedback as a larger system of formative assessment: A meta-analysis.** Unpublished master's thesis. Vanderbilt University, Nashville, TN, USA, 2003.

30 LOONEY, J. Making it Happen: Formative Assessment and Educational Technologies. **Promethean Thinking Deeper Research Papers.** Dezembro, 2010. Disponível em: <http://www.prometheanworld.com/rx_content/files/PDF/MakingitHappenFormativeAssessmentEducationalTechnologies-169721.pdf>. Acesso em: 30 nov 2013.

31 JISC - Joint Information Systems Committee. Effective Practice with e-Assessment: An overview of technologies, policies and practice in further and higher education. **Effective Practice with e-Assessment guide.** 2007. Disponível em: <<http://www.jisc.ac.uk/media/documents/themes/elearning/effpraceassess.pdf>>. Acesso em: 30 nov 2013.

32 PACHLER, N. et al. Formative e-assessment: Practitioner cases. **Journal Computers & Education**, Oxford, UK, v. 54, n. 3, p. 715-721, abr 2010.

33 HERMAN, J. Formative assessment for next generation science standards: A proposed model. **CRESST Resource Paper**, Los Angeles, CA, USA, n. 16, 2013. Disponível em: <http://www.cse.ucla.edu/products/resource/cresst_resource16.pdf>. Acesso em: 01 dez 2013.

34 ORACLE CORPORATION. In: **MYSQL AND THE ACID MODEL.** 2013. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/mysql-acid.html>>. Acesso em: 10 ago 2013.

35 GAMMA, E; HELM, R; JOHNSON, R; VLISSIDES, J. **Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software.** Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co, 1995. 395 p.

36 ORACLE CORPORATION. In: How Will Java Technology Change My Life?. **The Java Tutorials: The Java Technology.** 2014. Disponível em: <<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/getStarted/intro/changemylife.html>>. Acesso em: 20 jan 2014.

37 MICROSOFT CORPORATION. In: Chapter 3: Architectural Patterns and Styles. **Microsoft Application Architecture Guide**. 2. ed. 2009. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee658117.aspx>>. Acesso em: 20 jan 2014.

38 W3C. In: Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition). **W3C Recommendation**. 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/REC-xml/#sec-intro>>. Acesso em: 20 jan 2014.

39 ORACLE CORPORATION. In: Remote Method Invocation. **Oracle Technology Network: Java SE Technologies**. 2014. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index-jsp-136424.html>>. Acesso em: 20 jan 2014.

40 ORACLE CORPORATION. In: What Is JavaFX?. **JavaFX Documentation: JavaFX Overview**. 2013. Disponível em: <<http://docs.oracle.com/javafx/2/overview/jfxpub-overview.htm>> Acesso em: 20 jan 2014.

41 D'AMBROSIO, U. **Educação matemática: da teoria à prática**. 14. ed. Campinas: Papyrus, 2007.