
UM AMBIENTE INTERATIVO PARA APRENDIZAGEM EM FRAÇÃO

Rosemeire Lima Secco¹

¹ Professor(a) Assistente da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Serra Talhada - Pernambuco – PE – Brasil

rosemeirelima@yahoo.com.br

RESUMO:

O presente artigo apresenta um Ambiente Interativo de Aprendizagem no Domínio de Fração, oferecendo ferramentas ao estudante e ao professor. Para o estudante o ambiente fornece agentes de software que implementam de forma distribuída um resolvidor de problemas e um avaliador de soluções, permitindo tanto avaliar a solução proposta pelo estudante, quanto resolver problemas colocados pelo estudante, além de oferecer suporte pedagógico durante o processo de solução de problemas. Já o professor possui suporte na construção de ambientes específicos, tendo a sua disposição ferramentas para definir um espaço de problemas ou aceitar os problemas já contidos no ambiente. O sistema faz uso de algumas funcionalidades comuns aos STI's clássicos, tendo sido implementado usando a tecnologia Java. Foi realizado um experimento com o protótipo desenvolvido e os primeiros resultados dão indícios quanto à qualidade pedagógica do ambiente proposto, assim como a sua aceitação pelos estudantes.

ABSTRACT:

This work proposes an Interactive Learning Environment oriented to the Fraction domain. It offers support to both student and teacher. To student the environment have software agents that it implements an solution of problem and an appraiser of solutions, evaluating answer of student and solutions problem considered for student, over there have pedagogical support during resolution of problems. The teachers have support in the environment construction, across tools to make the news problems and accept the problems of the environment. The system use some functionalities common of classic STI, having been implemented using the Java technology. The experiment of the environment indicates its pedagogical quality, as well as its acceptance for the students.

PALAVRAS-CHAVE: INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, AMBIENTES INTERATIVOS DE APRENDIZAGEM, FRAÇÃO, APRENDIZAGEM DE FRAÇÃO.

1. INTRODUÇÃO

A educação é um dos setores que tem se beneficiado bastante com os avanços da Tecnologia da Informação e Comunicação - TICs.

Na tentativa de contribuir para facilitar tais modalidades educativas, particularmente tem sido construídos ambientes computacionais de apoio ao ensino e aprendizagem, são os chamados Ambientes Computacionais de Aprendizagem – ACA's, que observam aspectos como educação, aprendizagem e ensino (Gonçalves, 2004). Entretanto, para o presente trabalho interessa a categoria do Sistema Tutor Inteligente-STI (Wenger, 1987).

Os Sistemas Tutores Inteligentes surgiram na década de 70, do século XX, com a proposta de oferecer mecanismos de instrução personalizada no ensino. Para tanto, técnicas de Inteligência Artificial têm sido empregadas, objetivando principalmente representação de conhecimento sobre o domínio a ser ensinado, sobre o aprendiz e sobre estratégias pedagógicas. Neste sentido, o STI passou a ser constituído por três

componentes fundamentais: módulo do aprendiz, módulo pedagógico e módulo do especialista.

O módulo do aprendiz contém as informações específicas de cada aprendiz, ou seja, do aluno, estudante; o módulo pedagógico contempla as estratégias pedagógicas apropriadas a serem utilizadas, e finalmente, o módulo especialista que possui conhecimento representado sobre o domínio e as informações referentes ao conteúdo abordado a serem utilizadas no processo de aprendizagem dos alunos.

O presente artigo propõe a elaboração de um Ambiente Interativo de Aprendizagem no domínio de fração.

2. O AMBIENTE DE APRENDIZAGEM EM FRAÇÃO

Para contribuir na elaboração de instrumentos a serem empregados no apoio à aprendizagem no domínio da Matemática em suas séries iniciais do ensino fundamental, buscando suprir carência existente em softwares com propósitos similares, propõe-se neste trabalho um ambiente interativo de aprendizagem no domínio de Fração.

A. Requisitos do Ambiente

Para a concepção do ambiente, foi considerada a seguinte lista de requisitos:

I. Suporte ao aprendiz:

1. Suporte a duas formas de representação do domínio: representação algébrica e numérica de fração para facilitar a aprendizagem;
2. PBL: uma sigla inglesa para *Problem-based learning*. A aprendizagem baseada em problemas (Burch, 1995) e (Soares, 2001) é aqui requerida como uma proposta pedagógica para contribuir na aprendizagem de fração, uma vez que na PBL segundo (Silver e Barrouws, 2006) o aluno não aprende simplesmente a resolver problemas, mas sim a refletir sobre suas experiências;
3. Mecanismos para resolução de problemas nas duas direções: do aprendiz para o tutor e vice-versa;
4. Explicação: exibição do passo a passo da solução do problema, além de proporcionar o diagnóstico e a detecção de erros, ao serem mostrados ao aprendiz oferece um mecanismo de explicação para a solução do problema;
5. Avaliação: será avaliada a resposta do aprendiz através da divisão do problema em passos, uma avaliação pode ser feita. O aprendiz será avaliado através de conceitos, dados de acordo com a quantidade e o estilo de problema acertado. Além disso, o sistema armazena informações referentes ao desenvolvimento do aprendiz como problemas resolvidos e conteúdos assimilados, além de ajuda(s) solicitada (s) durante a resolução de problemas;
6. Diagnóstico e tratamento de erro: um mecanismo para tratamento de erro é acionado para tratar algum erro detectado na fase de avaliação/diagnóstico. O tratamento de erro ocorre uma vez que o ambiente divide a solução do problema em passos, mostrando ao aprendiz seu erro. Além disso, para facilitar o processo de tratamento de erro, há disponível no sistema um Catálogo de Bugs que contém uma lista de erros comuns cometidos pelos aprendizes;
7. *Feedback* ao estudantedurante o processo de resolução de problemas: suporte realizado através de dicas e exemplos: no processo de resolução de problemas, o aprendiz conta com um suporte através de dica, conhecimento necessário para a resolução do problema e exemplos.

II. Suporte na autoria:

O autor dos ambientes possui suporte formado por problemas contidos no ambiente, ou seja, problemas existentes no sistema com os quais o professor/autor, caso julgue necessário, poderá compor seus ambientes ou ainda criar novos problemas para os ambientes. Para o presente artigo, será observado aspectos de suporte ao aprendiz.

B. Estrutura do Ambiente

O ambiente proposto segue os moldes do MATHEMA. Dessa forma, o domínio de fração foi mapeado em duas visões ou formas, visando aproximar o abstrato do concreto, visão algébrica e gráfica (figura 1).

1. Visão algébrica: utilizada pelo ambiente na solução de problemas e nas explicações sobre os conteúdos, e pelo aprendiz na resolução de problemas;
2. Visão gráfica: abordada apenas pelo ambiente na explicação do assunto ou no enunciado de problemas.

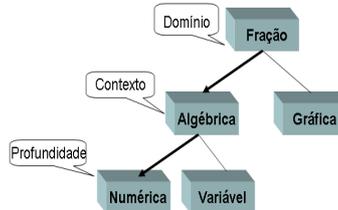


Figura 1: Organização do domínio de fração.

Cada uma dessas visões pode ser tratada de forma numérica ou usando variável. Tem-se então o domínio (fração), composto de dois contextos (fração algébrica e fração gráfica) subdivididos em profundidade (fração algébrica numérica, fração algébrica variável, fração gráfica numérica e fração gráfica variável), isso gerando um conjunto de visões. Entretanto, desenvolveu-se aqui, neste trabalho, apenas uma visão particular, a qual foi associada ao currículo Fração Algébrica Numérica, seguindo o ramo ilustrado na figura 1.

A junção domínio, contexto e profundidade mostrados na figura 1 origina o currículo, figura 2. Por exemplo, com o currículo Fração Algébrica Numérica pode-se trabalhar com os currículos soma, subtração, multiplicação e divisão. Para cada currículo podemos ter várias unidades pedagógicas, como observado na figura 2. E cada unidade pedagógica pode ter subunidades pedagógicas.

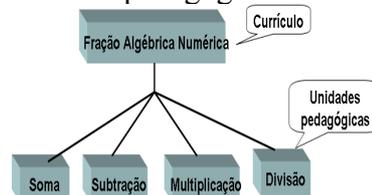


Figura 2: Organização dos currículos e unidades pedagógicas.

C. Visão Geral do Ambiente

O ambiente contém um resolvidor de problemas capaz de solucionar problemas propostos pelo aprendiz e um sistema avaliador que avalia a resposta apresentada pelo aprendiz para um determinado problema. A figura 3 representa a visão geral do ambiente.



Figura 3: Visão geral do ambiente.

D. Arquitetura do Ambiente

A arquitetura apresentada na figura 4 representa uma visão dos componentes do ambiente. Na arquitetura, pode ser destacada, além dos módulos contidos em um STI

clássico, a presença de bancos de dados para informações sobre os problemas e os usuários do ambiente.

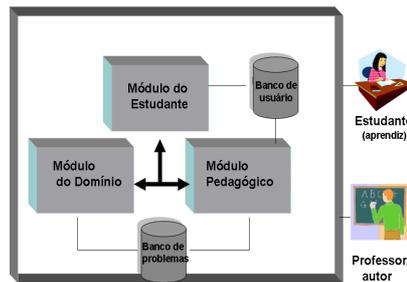


Figura 4: Arquitetura geral do ambiente.

Os módulos do estudante e pedagógico buscam informações dos usuários (aprendiz e professor) no banco de usuários, enquanto as informações sobre os problemas estão no banco de problemas, e pode ser utilizada nos módulos do pedagógico e do domínio.

Módulo do domínio contém:

- Catálogo de bugs: refere-se a um conjunto de erros comuns para um determinado domínio;
- Problemas: exemplos de problemas contidos no banco para uma unidade pedagógica, na qual o autor, ao criar um ambiente, poderá aceitar os problemas contidos e/ou acrescentar novos problemas;
- Ajuda: poderá ser fornecida quando o aprendiz solicitar sob a forma de dica, explicação e exemplos;
- Resolvedor de problemas: soluciona problemas propostos pelo aprendiz;
- Avaliador de problemas: acompanha o processo de solução de um problema pelo aprendiz, avaliado e apontando onde ocorreu erro (figura 5).

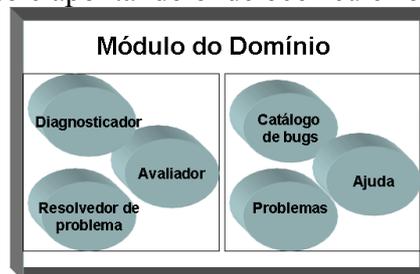


Figura 5: Módulo do domínio.

A organização estrutural do ambiente, bem como suas características nos leva a crer que essa estrutura, com poucas modificações, pode ser utilizada para outros domínios que não seja necessariamente fração e suas operações.

E. Aprendizagem

A aprendizagem é feita através de resolução de problemas. Estes são divididos em três grupos de acordo com o nível de dificuldade, partindo do fácil, indo para o intermediário e finalizando com o difícil. Cada unidade pedagógica contempla problemas de diferentes níveis (figura 6).

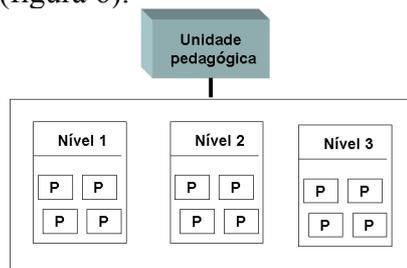


Figura 6: Níveis de dificuldade dos problemas contidos nas unidades pedagógicas.

Para avançar nas unidades pedagógicas o aprendiz deve resolver uma determinada quantidade de problemas dos três níveis.

Em relação a implementação do ambiente, será enfatizada aqui a implementação do resolvidor de problemas, realizada utilizando a plataforma Java.

F. Resolvedor de Problemas

O Sistema Resolvedor de Problema utiliza regras de produção, sendo formado por três componentes básicos equivalentes aos componentes de um sistema especialista, são eles:

1. Base de Conhecimento: contém um conjunto de regras de produção ou mecanismos para a resolução de problemas;
2. Motor de inferência: possui regras (do tipo *if them*) para a resolução dos problemas, via passos. O motor de inferência para o resolvidor de problemas e para a explicação do sistema, ao aprendiz, é usado RBR e encadeamento para frente. Para melhor entendimento do funcionamento do mesmo vale a pena salientar o seguinte:
 - As regras são colocadas em forma de árvore;
 - As regras são do tipo *if then*, como pode ser observado no exemplo abaixo (figura 7) onde são observadas as regras encontradas no motor de inferência:

```

IF ExponentiationOperation=TRUE THEN OperationExponentiation=TRUE

IF MultiplicationOperation=TRUE AND ExponentiationOperation=FALSE THEN
OperationMultiplication

IF MultiplicationOperation=FALSE AND SimplificationOperation=FALSE AND
ExponentiationOperation=FALSE AND AdditionSubtractionOperation=TRUE THEN
OperationAdditionSubtraction=TRUE

IF MultiplicationOperation=FALSE AND SimplificationOperation=TRUE AND
ExponentiationOperation=FALSE AND AdditionSubtractionOperation=FALSE THEN
OperationSimplification=TRUE

IF Denominador Igual=TRUE THEN (n1+n2)/d1=TRUE

IF Denominador Igual=FALSE THEN ((m*c/d1)^n1+(m*c/d2)^n2)/m*c

IF Subtraction=TRUE THEN (n1-n2)/d1

IF Subtraction=FALSE THEN ((m*c/d1)^n1-(m*c/d2)^n2)/m*c

IF Multiplication=TRUE THEN (n1*n2)/(d1*d2)

IF Simplification=TRUE THEN (n1/m*c)/(d1/m*c)

IF Exponentiation=TRUE THEN (n1)^(n2)

```

Figura 7: Exemplo da base de regras.

Para melhor entendimento a cerca do algoritmo de inferência, será utilizadas regras hipotéticas, que não estão contidas no sistema e foram aqui usadas apenas para facilitar o entendimento, as regras usadas são as contidas na figura 8.

- IF A=true AND B=false THEN C=true
- IF D=false AND E=false THEN A=true

Figura 8: Regras imaginárias aceitas pelo motor de inferência.

Observando as regras acima, a árvore apresenta-se da forma especificado na figura 9 a seguir:



Figura 9: Árvore de derivação para regras do motor de inferência.

3. Gerador de explicação: explica a resolução do problema em passos que constituem seqüencialmente a solução.

O resultado da resolução de um problema através do resolvidor de problemas pode ser observado na figura 10 que mostra a tela do ambiente para a resolução de problemas sugeridos pelo aprendiz para a solução do ambiente.



Figura 10: Tela do ambiente mostrando o resolvidor de problemas.

O algoritmo de inferência usa encadeamento para frente e busca em profundidade.

O módulo de explicação consiste, tal como ocorre em um Sistema Especialista, de um rastreamento e exibição da solução dada ao problema.

G. Ferramentas de Implementação

As ferramentas utilizadas para a implementação do ambiente foram as seguintes:

- JADE: Java Agent DEvelopment Framework é uma ferramenta Java para o desenvolvimento de sistemas multi agentes;
- JSF: Java Sever Faces, ferramenta Java para desenvolvimento de aplicações Web, usa a linguagem HTML;
- Hibernate: banco de dados orientado a objetos voltado para aplicações com Java.

I. Agentes do Ambiente

O ambiente é formado por uma sociedade dividida em três grupos de agentes, contidos no módulo do domínio, são eles:

- Agentes responsáveis pela realização das operações (no caso operação de soma, subtração, multiplicação, potenciação, e simplificação, já a divisão é feita pelo agente da multiplicação, pois são operações inversas);
- Agentes responsáveis pela avaliação ou resolução dos problemas propostos pelos aprendizes;
- Agentes responsáveis por coordenar a sociedade de agentes. Tais agentes se comunicam entre si como observado na figura 11.

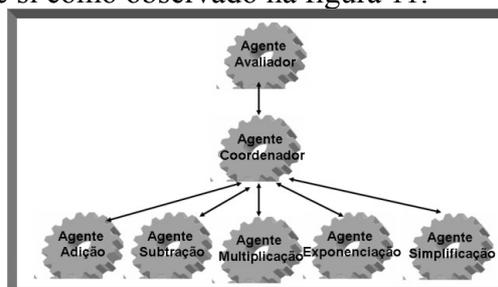


Figura 11: Modelo de comunicação dos agentes.

Os agentes responsáveis pelas operações de soma, subtração, multiplicação, exponenciação, além da operação de simplificação. Os agentes formadores desse grupo são os seguintes:

- Agente Adição: entidade responsável pela operação de adição
- Agente Multiplicação: entidade responsável pela operação de multiplicação;
- Agente Subtração: entidade responsável pela operação de subtração;
- Agente Exponenciação: entidade responsável pela operação de exponenciação dos problemas solicitados pelos aprendizes;
- Agente Simplificação: entidade responsável pela simplificação de um resultado obtido em alguma operação realizada pelos agentes acima citados.

A divisão é realizada pelo agente responsável pela multiplicação (agente multiplicação) como operação inversa da multiplicação.

II. Resolução de problemas e avaliação da resposta do aprendiz

Quando o aprendiz resolve um determinado problema, o **agente avaliador** também resolve o mesmo problema dividindo-o em uma seqüência de passos que são operações matemáticas de soma, subtração, multiplicação, divisão e potência. Em cada passo, o agente citado confere seu resultado com o resultado encontrado pelo aprendiz.

O **agente coordenador** é responsável pela organização e coordenação do agente avaliador e da sociedade de agentes, formada pelos agentes responsáveis pelas operações de soma (agente adição), subtração (agente subtração), multiplicação e divisão (agente multiplicação).

A máquina de inferência, ou motor de inferência, verifica qual a operação a ser realizada e chama o agente por tal operação. Esse agente envia a resposta para o agente coordenador que, por sua vez, manda a resposta ao agente avaliador. O agente avaliador verifica sua resposta com a do aprendiz, observa qual é o próximo passo e chama o agente coordenador e isso ocorre até que não tenha mais nenhum passo a ser realizado, ou seja, o problema tenha sido resolvido.

Dessa forma, o sistema consegue mostrar onde o aprendiz errou, ou seja, em qual passo (operação) está o erro.

A figura 12, a seguir, representa a comunicação e troca de informações entre os agentes no processo de avaliação da resposta do aprendiz.

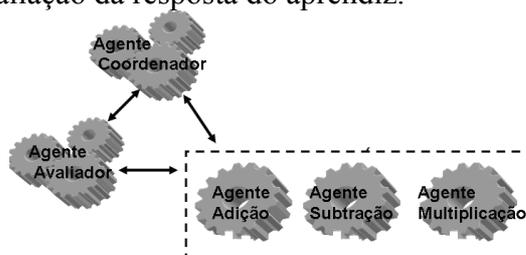


Figura 12: Ciclo de avaliação da resposta do aprendiz pelos agentes.

III. Interface do ambiente

A tela inicial do sistema é, basicamente, para o usuário, quer seja professor ou aluno, entrar nos ambientes. Para tanto, tem-se espaço para digitação de *login* e senha para usuários ou ainda opção de cadastro para novos usuários. Após se logar no sistema, o aprendiz pode ler um conteúdo introdutório sobre fração ou ir diretamente resolver problemas sobre operações com frações.

Para a resolução de problemas sugeridos pelo sistema, o aprendiz pode contar com ajuda como conhecimento necessário, dica e exemplo, como observado na figura 13.

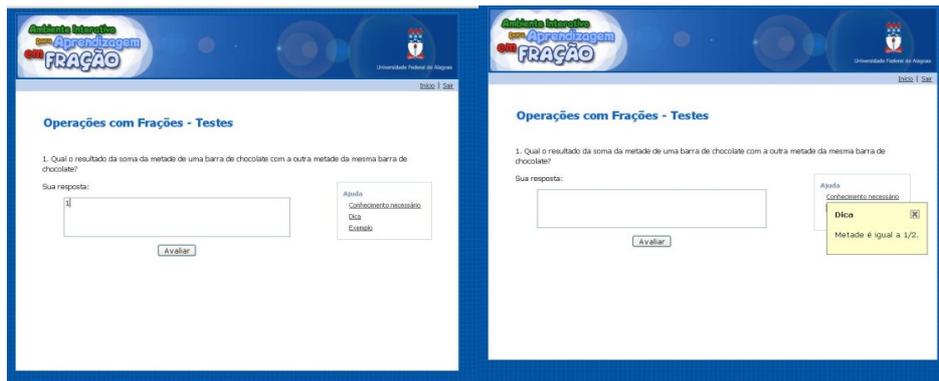


Figura 13: Telas do ambiente para a resolução de problemas.

Após resolver um problema, o aluno pode solicitar que o sistema avalie sua resposta (figura 14).



Figura 14: Avaliação da resposta do aprendiz realizada pelo ambiente.

Na resolução de problemas sugeridos pelo aprendiz, o ambiente apresenta os passos, ou seja, operações, realizados até a obtenção da resposta do mesmo (figura 15).



Figura 15: Tela mostrando o resolvidor de problemas do ambiente.

3. AVALIAÇÃO EMPÍRICA DO PROTÓTIPO

Para avaliar empiricamente o ambiente proposto, foi realizada uma seção de experimento com alunos do quinto ano de uma escola municipal da cidade de Maceió-AL e com dois professores da área. Tal experimento foi realizado no laboratório do Instituto de Computação – IT na Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

O experimento foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa foi realizado o pré-teste com os estudantes e uma explicação sobre o sistema como um todo. Na segunda etapa foram realizados, além da interação dos estudantes com o sistema, o pós-teste e os questionários. O pré-teste e o pós-teste serviram para avaliar o conhecimento dos alunos antes e depois do uso do ambiente, respectivamente.

Como ditto, foram utilizados alguns teste e questionários respondidos por professores e aprendizes, foram eles:

- Questionários: respondidos por professores e aprendizes/estudantes após interação com o ambiente a fim de verificar aspectos com interface, avaliação do aprendiz e conteúdo, para professores e interface, ajuda, avaliação, conteúdo e facilidade na aprendizagem para aprendizes;
- Testes: respondidos pelo aprendiz antes (pré-teste) e após (pós-teste) sua interação com o ambiente a fim de verificar, além do conhecimento sobre fração do aprendiz, a quantidade de acertos e o tempo de resolução dos problemas antes e depois de usar o ambiente.

Os testes visam observar o conhecimento do aprendiz antes e depois de utilizar o ambiente, observando se os erros cometidos pelo aprendiz continuam após sua interação com o ambiente.

Analisando as respostas dos testes (pré-teste e pós-testes) e questionários respondidos, foram elaborados alguns gráficos apresentados a seguir.

O pré-teste foi realizado antes dos estudantes utilizarem o sistema. Com ele pôde-se ter uma noção a cerca do conhecimento dos 26 estudantes que participaram do experimento.

O resultado do pré-teste pode ser observado nos gráficos presentes na figura 16. O primeiro gráfico, da esquerda, representa a quantidade de acertos para cada questão do pré-teste, ou seja, quantos estudantes acertaram a primeira, segunda terceira e quarta questões. O gráfico da direita mostra a quantidade de questões que os alunos acertaram, onde pode ser observado que uma pequena quantidade de alunos, mais especificamente 1, acertou as quatro questões e que a maioria dos estudantes, 13 estudantes, acertaram apenas uma questão

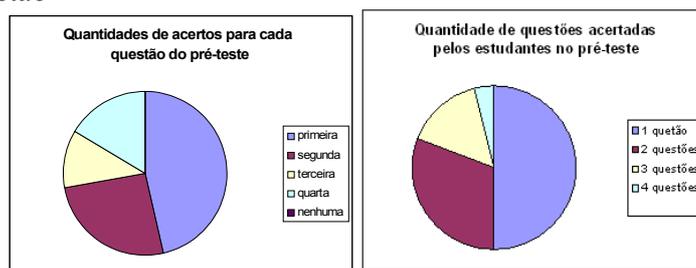


Figura 16: Quantidade de acertos dos alunos no pré-teste.

Com a análise e a observação da interação dos estudantes durante o experimento pôde ser observado alguns aspectos, tais como:

1. Os estudantes sentiram um pouco de dificuldade em interagir com o sistema, devido à falta de conhecimento básico em informática. Diante desse fato, foi detectada a necessidade de modificar um pouco a interface do sistema trocando links por botões e acrescentando algumas animações feitas em flash. Foi observado também que os estudantes não conseguiram entender direito a explicação fornecida pelo sistema em relação ao seu erro, isso pode ser melhorado de forma simples, bastando acrescentar explicação nos passos;
2. Os professores acharam o sistema como um todo bom, porém um pouco lento. Gostaram do conteúdo apresentado. As questões do pré-teste e pós-teste também foram elogiadas.

Após interação com o sistema, como dito anteriormente, os estudantes foram submetidos a um pós-teste. A figura 17 a seguir apresenta o gráfico mostrando quantos estudantes acertaram a primeira, segunda, terceira, quarta e nenhuma questão ou problema do pós-teste. Se observar o gráfico correspondente para o pré-teste, pode-se observar um pequeno aumento de acertos, isso levando em consideração que ao responder o pós-teste, os alunos estavam um pouco cansados uma vez que o pós-teste foi realizado após o uso do sistema, enquanto o pré-teste eles responderam dois dias

antes de fazer a interação com o sistema, e, portanto, descansadas e ansiosos por usar o sistema. Dessa forma, o pós-teste foi pouco revelador devido a tais problemas operacionais do experimento.

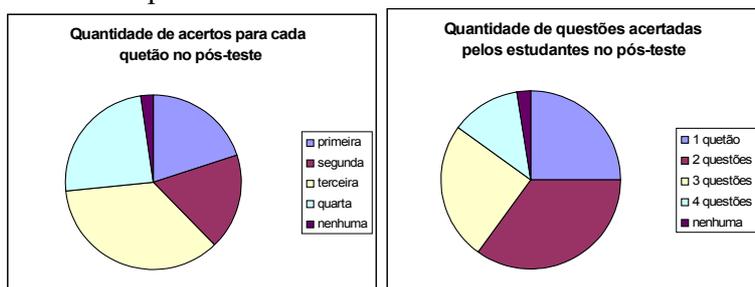


Figura 17: Quantidade de acertos dos alunos no pós-teste.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha pela tecnologia Java facilitou o processo de implementação do ambiente.

O motor de inferência utilizando encadeamento para frente e busca em profundidade ficou simples e eficaz, além de poder ser empregado em outras aplicações.

A sociedade de agentes consegue responder, a contento, os problemas sem a necessidade de um grande número de agentes.

As técnicas utilizadas para avaliação do protótipo mostraram-se satisfatórias e serviram como bom mecanismo de avaliação, mostrando as vantagens, qualidades e pontos falhos do ambiente. A interação com estudantes foi importante para a avaliação, mas a opinião dos professores possibilitou a descoberta de alguns pontos a serem melhorados no sistema como um todo.

Na primeira etapa do experimento, quando os estudantes responderam o pré-teste e tiveram o primeiro contato com o sistema, pôde ser observado a ansiedade e o entusiasmo dos alunos em interagir com o sistema, além do interesse dos estudantes pelo conteúdo contido no sistema, sobretudo nas curiosidades sobre fração.

A segunda etapa do experimento serviu para verificar pontos positivos do sistema e apontar algumas falhas em relação a interface e desempenho do mesmo.

5. REFERÊNCIAS

BURCH, Kurt. **PBL and the Lively Classroom**. A Newsletter of the Center for Teaching Effectiveness. January of 1995, about teaching, number 47, Homepage: <http://www.udel.edu/pbl/cte/jan95-posc.html>.

GONÇALVES, Jean Piton. **A Integração de Testes Adaptativos Informatizados e Ambientes Computacionais de Tarefas para o aprendizado do inglês instrumental**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação ICMC/USP- São Carlos - SP, 2004.

SOARES, Sílvia Mamede Studart, SERAPIONI, Mauro e CAPRARA, Andréa. **Aprendizagem Baseada em Problemas na Pós-Graduação – A Experiência do Curso de Gestores de Sistemas Locais de Saúde no Ceará**. Revista Brasileira de Educação Médica. Rio de Janeiro, volume 25, nº 1, jan/abr 2001. Homepage: http://www.abem-educmed.org.br/rbem/pdf/volume_25_1/aprendizagem_baseada.pdf.

SILVER, Cindy E. Hmelo e BARROUWS, Howard S. **Goals and Strategies of a Problem-based Learning Facilitator**. The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, volume 1, number 1, spring in 2006.

WENGER, Etienne. **Artificial Intelligence and Tutoring Systems**. Morgan Kaufman, 1987.