

Um Ambiente Digital para apoiar o ensino das operações de adição e subtração baseado na Teoria dos Campos Conceituais

Crediné Silva de Menezes^{1,2}, Genilson Gomes Corradi²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada à Educação - Porto Alegre - RS

²Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Programa de Pós-Graduação em Informática – Vitória – ES

{credine,ggcorradi}@gmail.com

Abstract: Learning assessment exams have shown that students at the beginning of their student life have great difficulty in learning the contents of the mathematics discipline, in particular, of the operations of addition and subtraction. In the Theory of Conceptual Fields, created by the researcher Gérard Vergnaud, he proposed a pedagogical approach to facilitate the learning of the operations of addition and subtraction, but their use is an onerous task for teachers. This work presents a digital environment to support the teaching and learning of addition and subtractions operations. The evaluation of the proposal consisted of the construction of a proof of concept and an application session with students from public schools.

Resumo: Os exames de avaliação da aprendizagem têm mostrado que os alunos do ensino fundamental, tem muita dificuldade na aprendizagem dos conteúdos de matemática, em especial, das operações de adição e subtração. Na Teoria dos Campos Conceituais, criada por Gerard Vergnaud, ele propõe uma abordagem pedagógica, chamada Campo Aditivo, para facilitar a aprendizagem das operações de adição e subtração, porém o seu uso é uma tarefa onerosa para os professores. Este trabalho apresenta um ambiente digital para apoiar o ensino e aprendizagem das operações de adição e subtração. A avaliação da proposta consistiu na construção de uma prova de conceito e de uma sessão de aplicação com alunos de escolas da rede pública de ensino.

1. Introdução

O ensino da matemática sempre se apresentou como um grande desafio para as redes de ensino fato que é comprovado pelos resultados insatisfatórios apresentados nos exames de avaliação da aprendizagem como o SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), mais importante instrumento para a avaliação da aprendizagem em Matemática e Língua Portuguesa. O SAEB 2017 identificou que somente 7,3% dos alunos atingem aprendizado adequado em matemática no ensino médio quando a meta era 40,6. O índice é ainda menor quando consideradas apenas as escolas públicas, onde apenas 3,6% têm aprendizado adequado, o que significa que 96,4% não aprendem o esperado na escola.

Como a disciplina de matemática possui um sequenciamento de conteúdo onde a não aprendizagem de determinado conteúdo que é pré-requisito dificulta a aprendizagem de outros, é fundamental que os conteúdos básicos sejam dominados (entender e saber aplicar) pelos alunos. Dentre estes conteúdos básicos, encontra-se o conceito das operações de adição e subtração. Estas operações geralmente são ensinadas usando os métodos tradicionais que enfatizam a apenas a memorização das operações e a aplicação do algoritmo de cálculo.

DOI: 10.5753/cbie.sbie.2020.252
Uma nova forma de ensinar matemática para as operações de adição e subtração foi proposta pelo pesquisador francês Gérard Vergnaud, baseada na sua Teoria dos

Campos Conceituais (TCC). Para o ensino de adição e subtração ele criou uma abordagem pedagógica chamada Campo Aditivo.

O Campo Aditivo já é utilizado por várias redes de ensino no Brasil que usam materiais concretos (figurinhas, bolas de gude etc.) para auxiliar os alunos na resolução das situações-problemas. Entretanto, em função do grande número de alunos nas salas de aula e da quantidade de tarefas que um professor precisa realizar para usar esta abordagem (criar/coleccionar situações-problemas, preparar de listas de exercícios com as situações problemas, aplicar individualmente as listas aos alunos, discutir as diferentes soluções dadas pelos alunos às situações-problemas etc.), é constatado que ele nem sempre consegue dar atenção individualizada e personalizada aos alunos, o que dificulta um trabalho eficiente com esta abordagem.

Este artigo, baseado na dissertação de mestrado de um dos autores [Corradi, 2020], apresenta a concepção de um ambiente digital para apoiar o processo de ensino e aprendizagem das operações de adição e subtração no Campo Aditivo. Além disso, é apresentada uma prova de conceito e uma aplicação com alunos de escolas de uma rede pública de ensino.

O texto está organizado em seis seções. Além desta seção, onde o assunto é introduzido, a segunda apresenta a fundamentação teórica, na terceira é descrita a metodologia, na quarta são relacionados os trabalhos correlatos, na quinta seção é apresentado o ambiente digital proposto e uma primeira versão do ambiente, na sexta seção é apresentado o experimento. Na sétima seção são apresentadas as considerações finais.

2. Fundamentação teórica

Na década de 80, o pesquisador Gérard Vergnaud criou uma teoria epistemológica construtivista chamada “Teoria dos Campos Conceituais”. Vergnaud afirma que é praticamente impossível estudar os conceitos separadamente e, por isso mesmo, é preciso identificar campos específicos. Um exemplo na matemática é que não se deve ensinar adição separada da subtração, pois estas operações possuem um forte relacionamento. Assim, os Campos Conceituais são unidades de estudo mais promissoras, capazes de dar sentido aos problemas e às observações feitas em relação à conceitualização. Para Vergnaud, um campo conceitual significa:

“[...] um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, interligados durante o processo de aquisição.” [Vergnaud, 1982, p. 40] (tradução nossa).”

Na busca de explicar a proposta de Vergnaud, [Santana, Alves e Nunes, 2015] afirmam:

“Os processos cognitivos e as respostas dadas pelo sujeito são funções das situações com as quais é confrontado. Essas ideias significam que, em cada Campo Conceitual, existe uma grande variedade de situações e os conhecimentos dos estudantes são moldados pelas situações que, progressivamente, vão dominando. Dessa forma, são as situações que dão sentido aos conceitos, tornando-se o ponto de entrada para um dado Campo Conceitual.”

A descoberta de novos conceitos, pelas crianças, é fruto do contato com situações diversificadas. O conceito é considerado como uma terna de conjuntos $C = (S, I, R)$, em que: S: conjunto das situações que dão sentido ao conceito (a referência); I: conjunto das invariantes nas quais assenta a operacionalidade dos esquemas (o significado); R: conjunto das formas pertencentes e não pertencentes à linguagem que permitem representar simbolicamente o conceito, as suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (o significante) [Vergnaud, 1996]. Em cada situação está presente uma gama de conceitos e é importante que o professor proponha ao aluno diversas situações a serem resolvidas, pois, com isso, é possível que ele reconheça e manipule os invariantes operatórios e faça uso das representações simbólicas. Dessa forma, o contato com uma

variedade de situações permite que o aluno dê sentido aos conhecimentos matemáticos que surgem de situações com distintos significados [Arrais, 2006].

Para o Campo Aditivo, Vergnaud identificou 6 (seis) categorias, também chamadas de relações de base, a partir das quais é possível classificar, ainda segundo Vergnaud, todos os problemas de adição e subtração. São elas:

Composição: juntar partes para se obter o todo ou subtrair uma parte do todo para se obter a outra parte.

Transformação: situações que são caracterizadas por um estado inicial que sofre uma transformação (com perda ou ganho) e resultam no estado final.

Comparação: são situações nas quais é estabelecida uma relação entre duas quantidades, uma denominada de referente e a outra de referido.

Composição de duas transformações: problemas referentes às situações em que são dadas duas transformações e, por meio de uma composição dessas duas, se determina a terceira transformação.

Transformação de uma relação: são situações nas quais é dada uma relação estática e se busca uma nova, que é gerada a partir da transformação da relação estática dada.

Composição de relações estáticas: duas ou mais relações estáticas se compõem para dar lugar à outra relação estática.

Em [Etcheverria, 2010] e [Brasil, 2014] é demonstrado que o ensino das operações de adição e subtração baseado na utilização do Campo Aditivo vem contribuindo para a melhoria da aprendizagem. Em [Brasil, 2014], o MEC orienta os professores no uso desta abordagem pedagógica.

3. Metodologia

Sob o ponto de vista metodológico, esta pesquisa é classificada como Design Science Research, pois busca resolver um problema prático num contexto específico por meio de um artefato tecnológico e gera um novo conhecimento científico.

Para alcançar os objetivos de propor um ambiente digital, construir uma prova de conceitos e realizar uma aplicação numa rede de ensino, foi elaborada uma metodologia específica que privilegia a colaboração com os usuários, composta das seguintes etapas:

Etapa 1: Seleção dos participantes

Foram definidos professores de algumas escolas onde a aplicação seria realizada. Preferencialmente, os professores selecionados já deveriam conhecer a Teoria dos Campos Conceituais, ter experiência com o uso desta em sala de aula e que tenham fluência na cultura digital.

Etapa 2: Estudo do contexto

Nas escolas/turmas selecionadas, participamos de aulas onde a TCC é usada para o ensino das operações de adição e subtração com o objetivo de identificar as possíveis aplicações de um ambiente digital para facilitar o processo de ensino/aprendizagem.

Etapa 3: Elaboração da proposta do ambiente digital

Com base na leitura de materiais científicos (artigos, dissertações, teses etc.) que propõe o uso de um ambiente digital para o ensino das operações de adição/subtração relacionadas à aplicação da TCC, compilação do que foi observado na Etapa 2 e reuniões de levantamento com os professores foi elaborada a lista de requisitos e características de um ambiente digital.

Etapa 4: Seleção do recorte para construção da prova de conceito

Com base nos requisitos, em conjunto com os professores foi definido um escopo (recorte) para a construção de uma prova de conceito viável para a testagem nas escolas/turmas onde a pesquisa foi aplicada.

Etapa 5: Construção da prova de conceito

Utilizando-se do suporte computacional adequado para a solução do problema, desenvolvemos a primeira versão do ambiente e orientamos os professores no uso do mesmo.

Etapa 6: Homologação do ambiente digital

O ambiente digital foi experimentado e homologado pelos professores e os ajustes identificados foram realizados.

Etapa 7: Realização do experimento

Esta etapa foi dividida nas seguintes sub-etapas:

7.1: Os professores aplicaram uma lista de exercícios com situações-problemas (usando papel e lápis) para levantar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos associados às operações de adição e subtração, usando o Campo Aditivo, dentro do recorte definido na pesquisa.

7.2: Uso do ambiente digital

Os professores usaram o ambiente digital com os alunos, atribuindo a eles uma relação de situações-problemas, similares em complexidade aos da sub-etapa anterior, para que eles resolvessem usando o artefato computacional. O objetivo era produzir dados para uma posterior avaliação das contribuições do trabalho;

7.3: Avaliação do Resultado Final

Elaboração do relatório do experimento com a análise das contribuições para o processo de ensino usando o campo aditivo. Os resultados foram compartilhados com os professores participantes do experimento e com os demais professores das escolas parceiras, envolvidos com o ensino de matemática.

4. Trabalhos Correlatos

Foi realizado levantamento através de pesquisa bibliográfica nas publicações realizadas no período de 2001 a 2019 nas bases de dados de bibliotecas virtuais WCBIE - Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, RBIE - Revista Brasileira de Informação na Educação, SBIE - Simpósio Brasileiro de Informação na Educação e WIE - Workshop de Informática na Escola. Buscamos também nas bibliotecas internacionais virtuais IEEE Explorer, ACM Digital Library e ScienceDirect, com string de consulta em idioma inglês e francês (o criador da Teoria dos Campos Conceituais é Francês). Após os critérios de inclusão e exclusão, obtivemos os seguintes resultados: IEEE Explorer (nenhuma publicação), ACM Digital Library (nenhuma publicação), ScienceDirect (nenhuma publicação), RBIE (nenhuma publicação), Anais do SBIE (3 publicações) e Anais do WIE (1 publicação).

A lista a seguir apresenta as principais publicações correlatas encontradas.

1. Design de Software Educacional Baseado na Teoria dos Campos Conceituais – SBIE 2008 - Maurício Motta Braga, Ana Emilia de Melo Queiroz, Alex Sandro Gomes. [Braga et al, 2008]
2. Uma Abordagem Semi-Automática para a Avaliação Comparativa de Software Educacional de Matemática – SBIE 2004 - Ma. de Fatima C. de Souza, José Aires C. Filho, Mauro C. Pequeno. [de Souza et al, 2004]
3. Utilização de Recursos Digitais e sua Integração na Atividade do Professor de Matemática para a Aprendizagem dos Conceitos de Proporcionalidade – SBIE 2009, 255 Leandra Anversa Fioreze, Dante Barone, Marcus Basso, Sílvia Isaia. [Fioreze et al,

2009]

4. Recursos Educacionais Digitais e o campo aditivo: a concepção de um jogo na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais - WCBIE 2018 - César Soares, Danilo de Souza, Juscileide Braga de Castro. [Soares et al, 2018]

Dos trabalhos correlatos identificados, apesar de todos tratarem da Teoria dos Campos Conceituais, apenas o trabalho 1 e 4 abordam o ensino segundo o Campo Aditivo.

Nos trabalhos correlatos identificamos que a quantidade de situações-problemas ofertadas aos alunos é fixa ou não estão contempladas no ambiente e são propostas pelo professor. Também não permitem intervenção e monitoramento em tempo real pelo professor por serem ferramentas isoladas.

5. Ambiente Digital proposto

A proposta deste trabalho se diferencia dos trabalhos correlatos por propor um ambiente digital flexível que busca facilitar as atividades dos professores no processo de ensino das operações de adição e subtração e de um suporte computacional para os alunos na realização de suas atividades.

Para definição do ambiente digital foram consideradas as observações de [Gomes, 2002] que, na avaliação dos softwares educacionais existentes concluiu que os softwares apresentados na literatura utilizam uma abordagem bastante restrita nas possibilidades de uso por professores e estudantes.

O ambiente digital proposto buscou ser bem amplo, dar conta de todas as relações definidas por Vergnaud no campo aditivo e com quantidade de situações-problemas tão grande quanto os professores desejarem usar numa determinada sessão de aprendizagem (a geração é feita pelo ambiente a partir de solicitação dos professores).

Baseamos em [Gomes, 2003], no levantamento do contexto e construção da primeira versão do ambiente, que propõe uma metodologia para elicitação de requisitos para softwares educacionais que utilizamos com alguma adaptação para a definição dos requisitos funcionais e não funcionais do ambiente de nosso trabalho.

5.1 Requisitos Funcionais

O ambiente deverá contemplar as seguintes funcionalidades:

- Ter mecanismo para não produzir enunciados repetidos no processo de geração de situações-problemas do campo aditivo;
- Ter recurso gráfico para auxiliar os alunos no processo de contagem semelhante quando fazem usando objetos concretos (Ex.: colocando bolinhas numa caixa) ou desenhando numa folha de papel;
- Ser capaz de registrar todo o rastro (movimento/clicques do mouse e entradas pelo teclado) durante a resolução das situações-problemas;
- Gerar informações para auxiliar o professor entender que tipo de dificuldade o aluno está tendo na resolução das situações-problemas;
- Ter um painel de controle para o professor que exiba informações significativas sobre a resolução das situações-problemas pelos alunos para que ele possa capturar a tela do aluno e fazer alguma intervenção/assistência;
- Ter mecanismo para não gerar numa mesma sessão de exercícios situações-problemas com o mesmo modelo de resolução (mesma pré-frase);
- Ter capacidade de identificar o estilo de aprendizagem baseado no rastro deixado pelo aluno na resolução das situações-problema para que o professor possa fazer os

agrupamentos de alunos mais adequados;

- Ter um quadro com uma análise das respostas dos alunos para cada sessão.

5.2 Requisitos não Funcionais

O ambiente digital deverá ter, no mínimo, as características apresentadas abaixo:

- Funcionar na web e acessável via computadores e qualquer dispositivo móvel (responsivo), funcionando de forma integrada não havendo distinção entre os dados apresentados na versão web e na plataforma móvel;
- Funcionar com um tempo de resposta mínimo que não gere desconforto nas interações feitas pelos usuários;
- Ter recurso de acessibilidade para atender alunos com portadores de deficiência visual;
- Permitir que o aluno inicie a resolução de uma situação-problema e retome do mesmo ponto em outro momento e até mesmo em outro dispositivo(*omnichannel*);
- Estar disponível para acesso 24/7/365 para permitir que alunos possam resolver sessões de exercícios extraclasse em qualquer dia/horário;

5.3 Especificação Conceitual do Ambiente

Foram identificados 4 módulos do ambiente, responsáveis por implementar as suas principais características funcionais:

Gerador de Situações-Problemas: Possibilita que o professor crie situações-problemas que serão selecionadas pela funcionalidade de geração de sessão. Possui inteligência para não gerar enunciados repetidos.

Gerador de Sessão de Exercícios: Permite a geração da sessão de exercícios que pode ser igual para todos os alunos da turma ou diferenciado por aluno ou grupo de alunos. O professor também pode selecionar quantas situações-problemas de cada relação aditiva ele quer na sessão. Possui mecanismo para não gerar numa mesma sessão de exercícios, situações-problemas com o mesmo modelo de resolução (pré-frase).

Resolução de Situação-Problema: Apresenta para o aluno todas as situações- problemas que ele necessita resolver.

Suporte ao Processo de Contagem: Disponibiliza um suporte visual para auxiliar os alunos no processo de contagem simulando o que pode ser realizando quando usam materiais concretos.

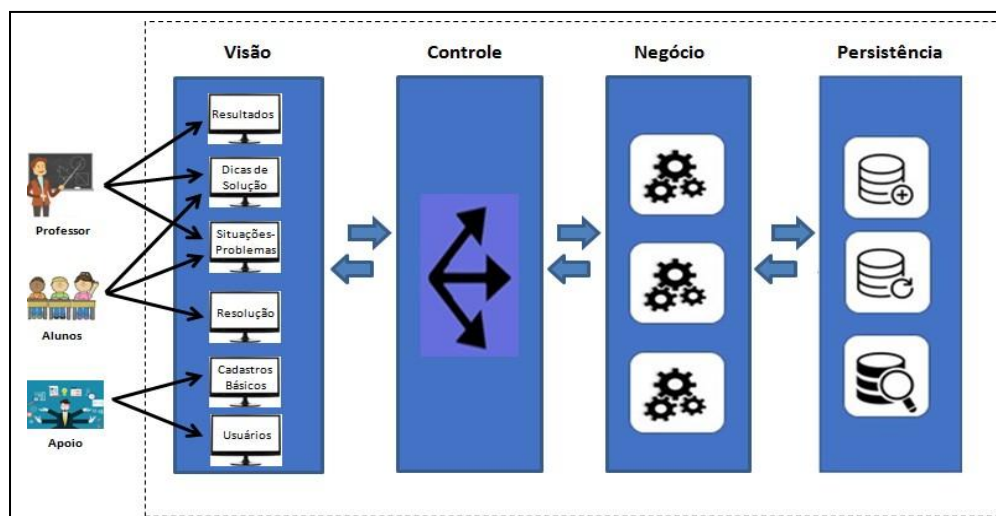
Análise dos resultados da sessão: Suporte a consultas que permitem que o professor monitore o processo de resolução das sessões de exercícios pelos alunos e compreenda suas dificuldades, podendo ser mais eficaz em suas ações pedagógicas.

5.4 Arquitetura Proposta

A arquitetura proposta para o ambiente digital é baseada no padrão de arquitetura de camadas chamada MVC (Model, View, Controller). Este padrão foi utilizado com o objetivo de separar logicamente as responsabilidades do ambiente e por proporcionar um baixo acoplamento entre os componentes do sistema (Sommerville, 2011; Nakagawa, 2006).

Na Figura 2 é apresentada uma visão geral da organização das camadas propostas para o ambiente digital, com as camadas do padrão MVC e a camada de Persistência.

Figura 2: Arquitetura em camadas do ambiente proposto

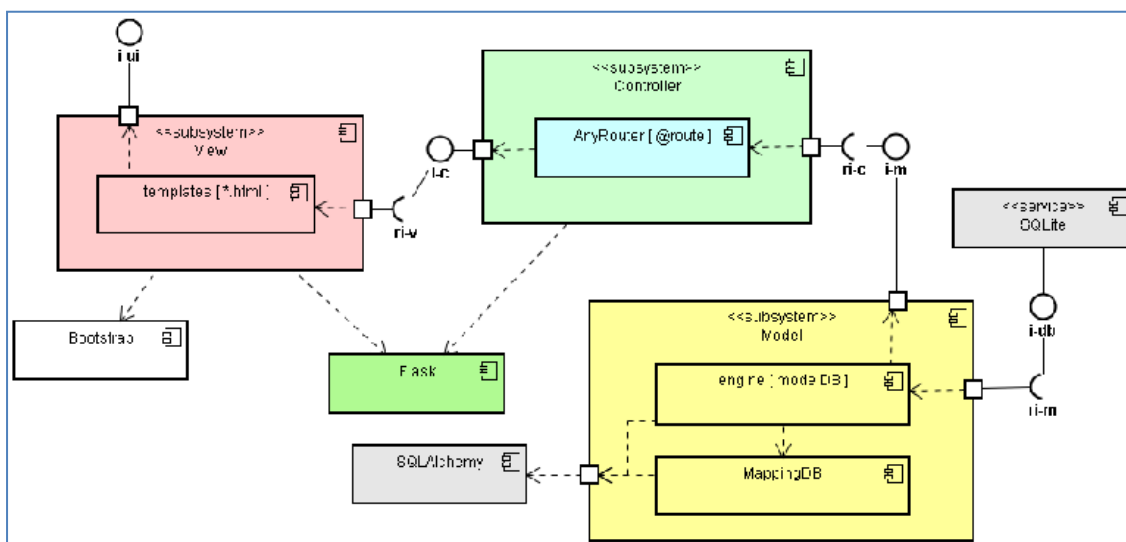


5.5. Prova de Conceito

Para validar o objetivo do ambiente digital proposto, foi construída uma versão (recorte com parte dos requisitos para o Campo Aditivo) usando ferramentas tecnológicas atuais para o ambiente web-cloud.

A solução foi construída com as seguintes tecnologias: linguagem de programação Python, banco de dados SQLITE3 para armazenamento dos dados, ferramenta SQLAlchemy (ORM) para persistência de banco de dados, framework FLASK para geração de aplicações WEB e o framework Javascript Bootstrap para padronização da interface. A hospedagem foi feita no PythonAnywhere, devido à facilidade de instalação de bibliotecas Python. Na Figura 3 é apresentado o diagrama de componentes.

Figura 3 - Diagrama de componentes da versão construída



Das funcionalidades implementadas na versão, destacamos: Gerador de Situações-Problemas; Gerador de Sessão de Exercícios; Resolução de Situação-Problema e Análise dos resultados de uma sessão de uso.

Nas figuras a seguir destacamos duas das principais interfaces do ambiente. Na Figura 4 apresentamos a interface para a Geração de Sessões de exercícios onde destacamos: a quantidade de situações-problema que deverá ter a sessão, indicador se sessão será igual para toda a turma ou se deseja gerar sessão diferenciada para um aluno ou para um grupo de alunos (neste caso será apresentada a relação de alunos da turma).

Figura 4: Geração de sessão de exercícios para o Campo Aditivo

Geração de Sessão de Exercícios

Num Sessão: 9 Data: 07/07/2019 Hora: 22:53:12

Turma: Toda a Turma (S/N)?:

Selecione os alunos na lista abaixo, caso não deseje toda a turma:

Aluno2 Cesar Aguiar Aluno3 Lucas do Amaral Siqueira aluno14 Pereira de Almeida aluno15 Chagas Santiago
aluno16 Gomes da Silva aluno4 Lima Salgado aluno5 Santos Silva aluno6 Silva de Jesus
aluno7 Pinto Azevedo aluno8 César dos Anjos aluna9 Cristina Moreira aluno19 Figueiredo
aluno24 do Amaral Silva aluno23 Gonçalves Pereira aluna21 Meri Salgado aluno17 Carlos de Menezes

Informe a quantidade para cada tipo de Relação Aditiva abaixo:

Composição: 0
São situações nas quais se tem as partes e um todo

Transformação: 0
São situações que têm um estado inicial, uma transformação e um estado final (tem a idéia de tempo). Existe perda ou ganho.

Comparação: 0
São situações nas quais é estabelecida uma relação entre duas quantidades, uma denominada de referente e a outra de referido.

Composição de várias transformações: 0
São situações nas quais são dadas transformações e se busca uma nova transformação a partir da composição das transformações dadas.

Transformação de uma relação: 0
São situações nas quais é dada uma relação estática e se busca uma nova, que é gerada a partir da transformação da relação estática dada.

Composição de relações estáticas: 0
São situações onde duas ou mais relações estáticas se compõem para dar lugar a outra relação estática.

Enviar

A Figura 5 apresenta a interface para a resolução de situações-problemas de uma sessão do aluno assim como a ferramenta de apoio ao processo de contagem, onde consta: a relação de situações-problemas ofertadas para resolução pelo aluno, o enunciado da situação-problema, campo para resposta, o campo para digitação da conta e uma área para apoio à contagem.

Figura 5 – Resolução de situações-problemas

Resolução de Situações-Problemas

Olá, **aluna25 da Silveira Pinto!**

Selecione um problema:

Problema #239
Problema #319
Problema #205
Problema #185
Problema #8
Problema #135
Problema #16
Problema #274
Problema #148
Problema #163

Paulo tinha 5 bolinhas de gude. Ganhou algumas e ficou com 9. Quantas bolinhas de gude ele ganhou?

Digite a operação neste espaço: Digite sua resposta aqui:

Atenção: Se você achar necessário, use esta área para te auxiliar na contagem para resolver o problema.

Escolha uma cor para selecionar nas figuras abaixo cada um dos números do problema:

Contagem:

Enviar resposta

6. Aplicação

Para avaliar a versão construída foram realizadas sessões de trabalho com o campo aditivo, desenvolvida por professores, em sala de aula e laboratório de informática, considerando todos os participantes do projeto.

Foram realizadas duas sessões com cada turma, uma usando a abordagem convencional com lápis e papel e a outra com o ambiente, envolvendo 3 (três) turmas de ensino fundamental (3º, 4º e 5º anos), 3 professores e 70 (setenta) alunos. O resultado da aplicação com alunos do 3º. e do 4º ano apresentou melhorias na aprendizagem da ordem de 12% quando os alunos usaram o ambiente digital. Na turma de 5º ano foi identificada uma inadequação da interface do suporte à contagem dos objetos o que levou a maioria a desconsiderar o seu uso. Desta forma não foi possível analisar as contribuições do

ambiente, em sua totalidade, para esta turma.

Complementando a aplicação solicitamos aos professores que se manifestassem sobre a experiência com o uso do ambiente. Como resultado, constatou-se houve uma predominância de respostas positivas com respeito às questões apresentadas, considerando: a) Planejamento das aulas, b) correção dos exercícios; c) atendimento individualizado dos alunos; d) mapeamento das dificuldades individuais; e) contribuiu para aumento do interesse dos alunos e, f) melhoria na aprendizagem.

7. Considerações Finais

Os professores tiveram papel fundamental na definição dos requisitos funcionais, na homologação do ambiente e na aplicação do experimento.

O levantamento dos trabalhos correlatos permitiu confirmar a relevância do problema e identificar as características já exploradas em trabalhos anteriores e diferenciar a proposta desta pesquisa.

Por fim deixamos registrado que realizar um trabalho de pesquisa em escolas de forma não invasiva não é uma tarefa fácil dada à dinâmica das escolas. Mas perceber que a gente pode interagir e contribuir na educação de criança com a mente ávida por conhecimento foi uma experiência muito gratificante.

Durante o experimento, identificamos alguns pontos que podem ser melhorados no ambiente proposto, tais como: adequação das interfaces e linguagem para idade/ano escolar dos alunos, possibilitar que os alunos possam gerar sessões como exercícios para casa (autoaprendizagem), criar mecanismo para incentivar a resolução de situação-problema etc.

Os resultados do experimento e a pesquisa com os professores indicaram que o ambiente digital proposto facilitou o ensino (trabalho dos professores) e melhorou a aprendizagem.

Referências

- Arrais, Ubiratan Barros. "Expressões Aritméticas: Crenças, Concepções e Competências no entendimento do Professor Polivalente." (2006).
- Braga, Maurício Mota, Ana Emilia de Melo QUEIROZ, and Alex Sandro GOMES. "Design de Software Educacional Baseado na Teoria dos Campos Conceituais. 2008." Fortaleza:[sn] (2008).
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa: Operações na resolução de problemas. Brasília, 2014. Disponível em: http://www.matematicando.net.br/wp-content/uploads/2018/01/PNAIC_MAT_Caderno-4_pg001-088-OPERA%C3%87%C3%95ES-NA.pdf. Acesso em: junho de 2019.
- de Souza, Ma de Fatima C., José Aires C Filho, and Mauro C. Pequeno. "Uma Abordagem Semi-Automática para a Avaliação Comparativa de Software Educacional de Matemática." Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). Vol. 1. No. 1. 2004
- Etcheverria, Teresa C. Um estudo sobre o campo conceitual aditivo nos anos iniciais do ensino fundamental. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓSGRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 2010.
- Etcheverria, Teresa Cristina. O Ensino das Estruturas Aditivas junto a Professoras dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. 2014. 252 f. Diss. Tese (Doutorado em Educação Matemática, Área de concentração: Ensino e Aprendizagem em Matemática e suas Inovações)—Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo,²⁶⁰ SP, 2014.

Fioreze, Leandra Anversa, et al. "Utilização de Recursos Digitais e sua Integração na Atividade do Professor de Matemática para a Aprendizagem dos Conceitos de Proporcionalidade." Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). Vol. 1. No. 1. 2009.

Gomes, Alex Sandro et al. Avaliação de software educativo para o ensino de matemática. In: WIE 2002 Workshop Brasileiro de Informática Educativa. Florianópolis: SBC. 2002.

Gomes, Alex Sandro; WANDERLEY, Eduardo Garcia. Elicitando requisitos em projetos de Software Educativo. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. 2003. p. 119-130.

Nakagawa, E. Y. Uma contribuição ao projeto arquitetural de ambientes de engenharia de software. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2006.

Santana, Eurivalda, Alex Andrade Alves, and Célia Barros Nunes. "A Teoria dos Campos Conceituais num Processo de Formação Continuada de Professores." *Bolema: Boletim de Educação Matemática* 29.53 (2015): 1162-1180.

Sommerville, I. Engenharia de software, 9ª edição. Pearson, Prentice Hall, v. 9, n. 9, 2011.

Soares, César, Danilo de Souza, and Juscileide Braga de Castro. "Recursos Educacionais Digitais e o campo aditivo: a concepção de um jogo na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais." Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Vol. 7. No. 1. 2018.

Vergnaud, Gérard. "Psicologia Cognitiva e do Desenvolvimento e Pesquisas em Educação Matemática: Algumas questões teóricas e metodológicas. Trad. de Weiss, J. Apresentação concedida para o grupo Canadense de Estudos em Educação Matemática na Queen's University, Kingston, jun.1982.

_____. A Teoria dos Campos Conceituais. In: BRUN, J. Evolução das relações entre a Psicologia do Desenvolvimento Cognitivo e a Didática da Matemática. Editora: Instituto Piaget. Lisboa, 1996.

Corradi, Genilson Gomes. Um Ambiente Digital para apoiar o ensino das operações fundamentais da matemática baseado na Teoria dos Campos Conceituais. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Informática - Universidade Federal do Espírito, 2020.