

EFEITOS DA MANIPULAÇÃO DIRETA REFLEXIVA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS SOBRE ESTRUTURAS ADITIVAS

Ana Emília de Melo Queiroz
Universidade Federal do
Vale do São Francisco
Avenida Antonio Carlos Magalhães, 510
Santo Antônio - CEP: 48902-300
Juazeiro - BA
Ana.queiroz@univasf.edu.br

Alex Sandro Gomes
Universidade Federal de Pernambuco
CIN - Centro de Informática
Caixa Postal 7851 - 50.740-540
Recife - PE - Brasil
Asg@cin.ufpe.br

Resumo: *O uso de softwares educativos constitui objeto de estudo durante a sua inserção nas práticas escolares, pressupondo uma avaliação criteriosa da sua forma de utilização, bem como durante o seu desenvolvimento, pois o propósito do seu uso o diferencia de outros softwares não educativos. Por esse motivo, faz-se necessário agregar mecanismos capazes de influenciar na aprendizagem dos conceitos para os quais foram desenvolvidos. O objetivo deste trabalho foi o de averiguar se o estilo de interação, oferecido pela interface, foi capaz de promover reflexão sobre os conceitos por ela veiculados, bem como verificar indícios do desenvolvimento de autonomia, por parte dos usuários, durante a resolução de problemas. Para tanto, adotamos uma metodologia qualitativa composta por observação participante, gravações e entrevistas. Como resultado, apresentamos uma análise dos protocolos verbais coletados durante a execução da tarefa proposta, sob a influência do estilo de interação.*

Palavras-chave: *Estilo de interação; análise qualitativa; aprendizagem de conceitos específicos, reflexão.*

Abstract: *The use of educative software constitutes study object through its insertion in the school practices, presupposing a judicious evaluation of its form of use, as well as in its development, because the intention of its use differentiates it from other non-educative software. For this reason, it is necessary to add mechanisms capable of influencing in the learning of the concepts for which it was developed. The objective of this work was to inquire if the style of inter-action, offered by the interface, was able to promote reflection on the concepts propagated by it, as well as to verify indications of autonomy development, on the part of the users, during the resolution of problems. To achieve that, it was adopted a qualitative methodology composed by participant observation, recordings and interviews. As a result, we present an analysis of the verbal protocols collected during the execution of the task proposed, under the influence of the interaction style.*

Keywords: *Learning mathematics, interaction style, qualitative analysis.*

1. INTRODUÇÃO

Numa definição geral, entende-se por software educacional ou *learnware* todos os ambientes projetados para servir como mediadores entre o aprendiz e o conhecimento. Seu papel é, portanto, o de facilitar a aprendizagem dos conceitos veiculados na interface não se

tratando apenas de aprender a FAZER algo, mas de aprender para APRENDER algum conceito. Por esse motivo, seu processo de design distingue-se em função dos usuários finais ou aprendizes para os quais foram projetados Quintana e outros [1]. Segundo o mesmo autor, usuários são pessoas que conhecem o domínio da tarefa em execução e usam o

computador apenas para ajudá-los a completá-la de maneira fácil e eficiente, enquanto os aprendizes são pessoas que estão sendo treinadas para adquirir habilidades em domínios novos e desconhecidos (*Ibid*).

A aprendizagem de conceitos matemáticos no uso de uma interface educativa está relacionada à construção e simulação de objetos, que são representantes de conceitos abstratos. Tal representação é construída com o propósito de proporcionar ao usuário investigar, levantar hipóteses e testá-las, para que, dessa forma, ele seja conduzido a revisar suas idéias iniciais e construir o seu conhecimento com autonomia. Numa interface educativa, portanto, o erro é uma oportunidade para a reconstrução do conhecimento [2, 3].

Os conceitos, em uma interface educativa, são representados metafóricamente e submetidos às ações dos usuários por meio de um estilo de interação, que influencia no potencial da interface para a aprendizagem de conceitos [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Em geral, em tais interfaces, o aprendiz se vê diante de situações, que podem envolver a resolução de problemas, influenciada pelo estilo de interação adotado, o qual deve, de algum modo, requerer o uso de recursos mentais [5].

Neste trabalho, buscamos analisar as ações do usuário no uso de uma interface educativa, no tocante à influência de um estilo de interação sobre tais ações. O propósito dessa análise foi verificar se o estilo de interação adotado foi capaz de criar situações promotoras de sentido, fazendo o usuário refletir sobre os conceitos veiculados e sobre a tarefa em execução. Por esse motivo, nosso trabalho difere e avança em relação aos trabalhos correlatos, no tocante ao método utilizado para análise da aprendizagem mediada, aplicado ainda na fase de design da interface. Para tanto, executamos uma metodologia de base qualitativa apresentada neste artigo com a seguinte divisão: (1) introdução, (2) estilos de interação, (3) metodologia, (4) resultados, (5) discussão, (6) referências.

1.1. ESTILO DE INTERAÇÃO

O Estilo de Interação é um termo genérico que inclui todas as formas como os usuários se comunicam ou interagem com sistemas computacionais [10]. Sendo assim, “a interação é um processo que engloba as ações do usuário sobre a interface de um sistema e suas interpretações sobre as respostas reveladas por esta interface” (*Ibid*). Por esse motivo, a aprendizagem de conceitos específicos está tanto relacionada às ações do usuário, quanto ao esforço cognitivo consequente da execução de tais ações [2, 5, 11]. Sendo assim, analisemos alguns tipos de estilo de interação no tocante ao esforço cognitivo subjacente ao seu uso.

1.1.2. INTERFACES ORIENTADAS A COMANDO

As interfaces baseadas em linguagens de comandos de texto permitem o envio de instruções diretamente ao sistema por meio de comandos específicos, representados por caracteres ou conjunto de caracteres, que, quando utilizados, comunicam uma instrução direta para o sistema, fazendo-o executar alguma tarefa. Segundo Shneiderman [12], a aprendizagem humana, a resolução de problemas e a memorização são muito facilitadas por tal estilo, desde que ele apresente uma estrutura sintática com significado claro. Em outras palavras, se a linguagem de comandos está bem projetada e obedece a um padrão, os usuários podem reconhecer sua estrutura e, facilmente, adquirir habilidade para usar sua sintaxe. Sendo assim, no uso do estilo de interação orientado a comando, o usuário precisa entender a sintaxe, memorizá-la, identificando o padrão de sua utilização.

1.1.3. SELEÇÃO POR MENU

Nesse estilo de interação, os usuários não fazem esforço para memorizar o item desejado. Basta apenas reconhecê-lo [12], uma vez que os menus refletem a organização da tarefa, por meio da classificação das mesmas (*Ibid*). Além disso, para que esse estilo de interação seja eficiente, os itens de menu devem ser auto-explicativos [10]. Por esses motivos, o usuário é submetido ao esforço de memorizar as funções de cada menu e submenu.

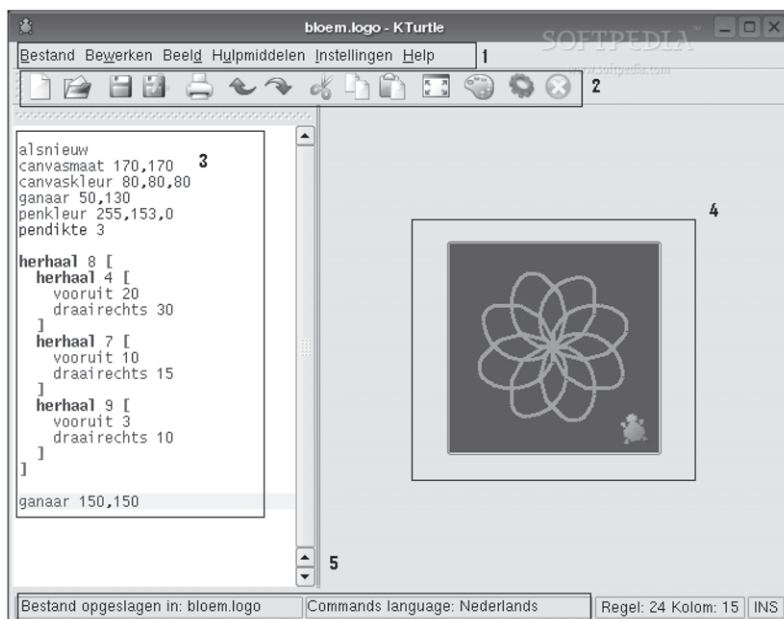


Figura 1: Kturtle é um interpretador da linguagem de programação logo.

Na **Figura 1**, encontramos os seguintes estilos de interação: (1) menu, a partir do qual todas as categorias de ações podem ser visualizadas; (2) menu com a barra de ferramentas para acesso rápido às ações; (3) o editor de código, que utiliza o estilo de interação linha de comando. (4) a área de desenho, onde se encontra uma tartaruga, que se move, executando o código e as ações escolhidas pelo usuário na interface. Nessa área, a tartaruga é usada para desenhar o modelo que corresponde ao código escrito na área (3). Por esse motivo, é esperado que o usuário estabeleça relação entre o que foi pretendido e o que, de fato, ocorreu. A área (5), usada para a inserção de códigos em estilo linha de comando, possibilita a inserção de comandos com uma sintaxe e uma semântica específicas e previamente organizados. Por esse motivo, o usuário é forçado a refletir tanto sobre quais palavras, caracteres e símbolos serão utilizados, quanto sobre os sentidos que cada um possui para a execução da tarefa em questão.

1.1.4. PREENCHIMENTO DE FORMULÁRIO

Interfaces no estilo preenchimento de formulário são utilizadas principalmente para a entrada de dados em sistemas de informação, uma vez que são semelhantes a um formulário em papel, o que facilita a rápida familiarização com a interface. A seguir, na **Figura 2**, há um exemplo de interface educativa, usando preenchimento de formulário.

Na **Figura 2**, o usuário resolve o problema inserindo as expressões matemáticas correspondentes às duas equações. Nesse momento, é esperado que o estudante pense sobre o formato das equações que serão inseridas. Esse estilo de interação é atrativo porque todas as informações estão visíveis, proporcionando ao usuário um sentimento de controle do diálogo [12]. São necessárias poucas instruções, desde que o formato seja familiar ao formato impresso. Por outro lado, o usuário deve estar familiarizado com o teclado, com o uso das teclas ou com o mouse para movimentar o cursor. Nesse estilo de interação, a correção dos erros é feita pela tecla de *backspace*. Por meio de tais restrições e correções de erro, espera-se que o usuário reflita sobre a tarefa em execução.

Figura 2: Preenchimento de Formulário para o ensino de Matemática, fonte: Webmath.com.

Além dos acima mencionados, o Hipertexto, a Linguagem Natural, o Discurso de Voz, constituem outros tipos de estilo de interação os quais possuem um esforço cognitivo subjacente ao seu uso e um alcance pedagógico [12, 13,14]. Todavia, são as ações realizadas pelo usuário na interface, que favorecem o acompanhamento da sua evolução nos conceitos veiculados pela mesma [2,9]. Por esse motivo, avaliemos os resultados encontrados na literatura sobre o estilo de interação MD - Manipulação Direta - no tocante ao esforço cognitivo conseqüente do seu uso.

1.1.5. MANIPULAÇÃO DIRETA

O termo Manipulação Direta [15], é utilizado para referenciar sistemas que representam na interface os objetos utilizados no momento. As ações na tela são realizadas através de botões, ou de manipulação do mouse, utilizando operações reversíveis, incrementais e rápidas cujo impacto no objeto utilizado seja imediatamente visível. Os benefícios da manipulação direta residem nas seguintes

características: os usuários novatos podem aprender funcionalidades básicas rapidamente, geralmente mediante uma demonstração; os usuários experientes se tornam mais eficientes para uma grande quantidade de tarefas; as mensagens de erro são utilizadas raramente; os usuários podem ver imediatamente se suas ações os conduziram para seus objetivos; os usuários reduzem o nível de ansiedade porque o sistema é compreensível e porque as ações são facilmente reversíveis.

Embora a manipulação direta apresente-se como um estilo de interação aceito pelo usuário, a literatura da área conclui que as características benéficas, provenientes desse estilo, resultam do fato de ele solicitar pouco esforço cognitivo, e, dessa forma, exige o mínimo de aprendizagem necessária [4, 5, 6, 7, 8]. Complementando, Sedighian [6] sugere que uma alternativa é mudar o foco, ou seja, colocar o usuário para manipular direta-mente com os conceitos do domínio, possibilitando a interação e a formulação de pensamentos voltados mais para os conceitos que estão sendo aprendidos do que para os seus objetos

representativos. Dessa forma, o mesmo autor diz que o foco deve ser deslocado da manipulação direta de objetos para a manipulação direta de conceitos.

Manipulação Direta de Objetos - MDO: reduz a distância semântica entre os objetos da interface e o modelo mental do usuário, ou seja, saber como ele pensa e oferecer-lhe algo parecido. Isso exige pouco esforço cognitivo e possibilita uma adaptação mais rápida à interface.

Manipulação Direta de Conceitos – MDC: Nessa interação, o usuário é convidado a adaptar-se gradualmente à semântica dos conceitos, ou seja, fazer o indivíduo mudar, aos poucos, seu modelo mental e, conseqüente-mente, aprender. Em outras palavras, o usuário é conduzido a pensar sobre os conceitos que estão, metaforicamente, representados pelos artefatos da interface. [6, 11,16].

Manipulação Direta Reflexiva de Conceitos - MRDC: é a MDC – *Direct Concept Manipulation* - estendida com *Scaffolding* ou suporte interacional. Nessa forma de manipulação, Sedig e outros [8] constataram que os estudantes foram submetidos a um esforço cognitivo maior do que os que utilizavam o MDO e MDC. Segundo os mesmos autores, esse estilo de interação é proveniente da extensão da MDC por meio do uso de um *feedback*, chamado *Scaffolding*, que é oferecido durante a interação.

SCAFFOLDING

O termo *Scaffolding* proposto por Bruner na década de 70 [17, 18, 19] foi, inicialmente, usado para referir-se a um processo de sustentação interacional entre pessoas, com freqüência no diálogo de adulto com crianças. O *Scaffolding* é uma retirada gradual do controle do adulto e da sustentação, permitindo uma internalização paulatina desse controle pelo indivíduo menos desenvolvido no domínio.

Inicialmente, os autores documentaram seis tipos de sustentação, que um adulto pode fornecer : (1) manutenção do interesse do aprendiz; (2) redução do grau de liberdade através da simplificação da tarefa; (3) simplificação da tarefa; (4) manutenção do sentido, destacando e demonstrando as características críticas da tarefa; (5) controle da frustração e (6) fornecimento de trajetos ideais da solução. Além desses, a literatura sobre o tema apresenta outros tipos a seguir.

TIPOS DE SCAFFOLDING

Compartilhamento dos objetivos específicos: Um ponto central do *Scaffolding* bem sucedido é a noção de uma compreensão compartilhada do objetivo da atividade. Embora alguns elementos da atividade estejam além da compreensão do aprendiz, a intersubjetividade [18] ou compreensão compartilhada da tarefa ajuda a fornecer a motivação para concluí-la. Dessa forma, percebemos que o compartilhamento de objetivos específicos possibilita a manutenção do interesse do aprendiz.

Foco na resolução da tarefa completa: Embora a tarefa possa ser dividida em subtarefas, a literatura sobre *Scaffolding* conclui que é melhor focar no problema todo

do que em suas subcategorias. Esse aspecto do *Scaffolding* significa que os aprendizes manterão sua atenção em adquirir habilidades para a tarefa completa, que constitui o objetivo para o qual estão sendo treinados.

A disponibilidade imediata da ajuda: A idéia desse elemento é fornecer aos aprendizes uma ajuda imediata. Se não lhes for fornecido esse auxílio imediato, eles podem tornar-se frustrados com a tarefa e, assim, não conseguir seu objetivo.

Ajudar quando houver necessidade: similar à última idéia, esse elemento do *Scaffolding* ideal incentiva o instrutor a ajudar, imediatamente, o aprendiz, tomando por base se essa foi ou não necessária. Caso a ajuda seja fornecida em outro momento, haverá uma interrupção do pensamento do aprendiz.

Fornecimento de uma ajuda efetiva: A ajuda efetiva envolve disponibilidade imediata, porém apenas quando for isso for necessário.

Conhecimento do modelo do tutor: Um modelo do tutor dá aos aprendizes informações acerca das habilidades que precisam adquirir. Tendo uma representação ideal da habilidade que estão tentando adquirir, os aprendizes terão uma idéia do objetivo para os quais estão sendo treinados.

Divisão de uma tarefa maior em suas subtarefas: O propósito da divisão de tarefas em subtarefas é o de facilitar o entendimento da tarefa maior por meio da sua subdivisão em tarefas menores.

Estruturação e Problematização: Segundo Reiser [16], o *Scaffolding* torna-se necessário frente a uma tarefa, que possui uma maior complexidade, de natureza aberta ou não estruturada. A problematização surge como uma forma de impedir que os passos da tarefa sejam negligenciados, e a estruturação é utilizada como uma forma de organizar o pensamento do estudante, fazendo-o refletir. Por exemplo, se os estudantes forem forçados a usar um menu para categorizar os dados coletados, eles terão que considerar o significado dos mesmos, sendo obrigados a refletir sobre tais categorias.

2. METODOLOGIA

A criação de um software educativo de boa qualidade requer a observação de detalhes em cada etapa de desenvolvimento. Segundo Gomes e outros [20] “*Trata-se da criação de um sistema dinâmico com especificações e requisitos específicos quanto à interação com o usuário e seu impacto sobre a aprendizagem*”. Tendo em vista o exposto, apenas a análise da tarefa [21] é insuficiente, pois nesse contexto não apenas a tarefa é relevante, mas também os aspectos cognitivos dos usuários[9].

Nesta pesquisa, adotamos uma ação de investigação cuja unidade de análise é a tarefa de resolução de problemas, sendo realizada com o uso do estilo de interação

Manipulação Direta Reflexiva de Conceitos. Tal estilo foi usado para estimular o usuário a fazer perguntas a si mesmo, fazê-lo retroceder no seu plano de execução da tarefa, ou mesmo recomeçá-lo, seguindo um outro caminho. Para tanto, analisamos a tarefa em execução e efetuamos um experimento controlado com a colaboração de cinco professores do Ensino Fundamental.

A escolha dessa metodologia foi motivada pela necessidade de se entender o processo por meio do qual a tarefa era executada, ou seja, quais subtarefas, ações e, por fim, quais operações são executadas durante a modelagem do problema. A partir desse entendimento, construímos algumas questões:

- Como acontece o fenômeno da aprendizagem mediada? É possível descrevê-lo com uma seqüência de ações na interface?
- Com que freqüência está sendo percebido o desenvolvimento da autonomia na resolução de problemas, durante o uso da interface?

- Qual a relação existente entre o uso da interface e o fenômeno da aprendizagem mediada?
- O uso da interface colabora para o desenvolvimento de habilidade na resolução de problemas?
- O uso da interface não colabora para o desenvolvimento de habilidade na resolução de problema?

2.1. ANÁLISE DA TAREFA

Nesta pesquisa os sujeitos ou usuários adquirem habilidade em novos conceitos sobre estruturas aditivas por meio da resolução de variadas situações problemas. Os cálculos relacionais e numéricos são realizados através da construção de um diagrama correspondente ao problema proposto e construído através de um processo de modelagem do problema [2]. Para apoiar tal processo, utilizamos a legenda de Vergnaud [22], uma vez que ela possibilita modelar o cálculo relacional envolvido no problema.

Tabela 1: Diagramas de composição, transformação e comparação.

Função	Descrição
<p>I. Composição de medidas</p> <p>João tem 12 petecas e Pedro tem 17. Quantas petecas eles têm juntos?</p> <p>São duas quantidades, que estão expressas, de existência concomitante, a partir das quais o indivíduo deve compor uma terceira quantidade.</p>	
<p>II. Transformação de medida</p> <p>Maria tinha 23 bombons. Ao final do dia, percebeu que só tinha 17. Quantos bombons Maria comeu durante aquele dia?</p> <p>A quantidade inicial e final são conhecidas, mas, no caso, o que se deseja saber é o valor da transformação que ocorre entre o primeiro e o segundo momento.</p>	
<p>III. Comparação de medidas</p> <p>Eu tenho 16 livros, você tem 43. Quantos livros você tem a mais do que eu?</p> <p>Mais uma vez, as quantidades são conhecidas e concomitantes, buscando-se comparar a diferença existente entre as duas (relação).</p>	

De acordo com a Tabela 1, para cada categoria de problema, segue-se um diagrama correspondente,

construído conforme o apresentado na Figura 4.

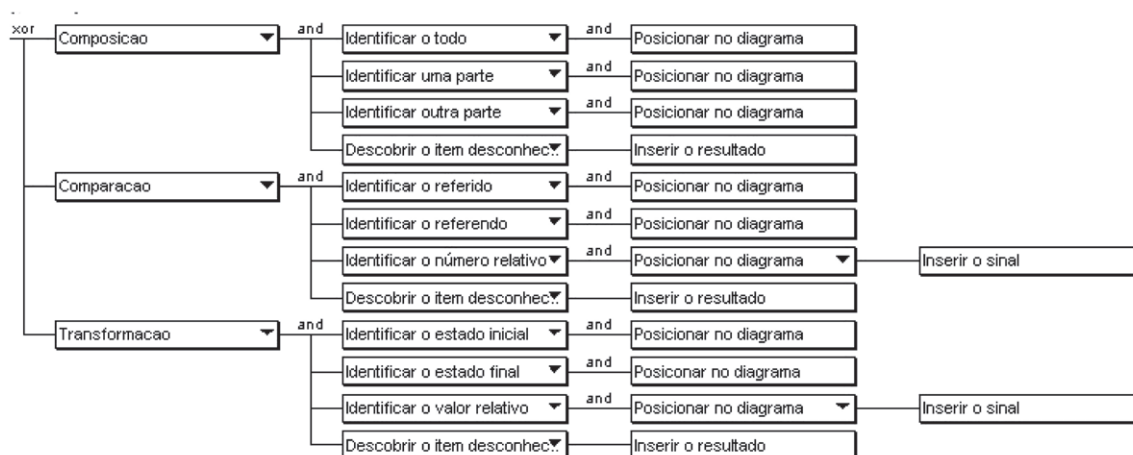


Figura 3: Análise da Tarefa.

A partir da compreensão sobre a tarefa em execução e dos tipos de ajuda ou *Scaffolding*, disponíveis na literatura, testamos os resultados de tais ajudas por meio de um experimento controlado com usuários cujo perfil se encontra na **Tabela 2**.

Tabela 2: Perfil de usuário. PG : Pós-Graduação, MA: Matemática, MG: Magistério, EF: Ensino Fundamental, PU: Pública, P: Particular.

Usuário	01	02	03	04	05
Sexo	M	F	M	F	F
Idade	45	30	48	30	35
Escolaridade	PG	2	PG	PG	PG
Formação	MA	MG	MA	MA	MA
Séries que leciona	EF	EF	EF	EF	EF
Tipos de Escola	P	PU	P	P	P

2.2. PROTOTIPAGEM RÁPIDA

De posse de um protótipo em papel [23] e com a participação de cinco usuários e dois experimentadores, realizamos um teste em cujo procedimento fornecemos uma explicação sobre o mesmo, sobre as estruturas aditivas, bem como os formulários de consentimento e de identificação do perfil. Cada usuário resolveu quatro (04) problemas. Essa escolha se deve ao fato de que, de acordo com a **Tabela 1**, há três categorias de problemas. Sendo assim, os usuários resolveram um problema, para cada categoria, e mais um escolhido aleatoriamente. Ao final da resolução de cada problema, aplicamos um questionário com uma entrevista semi-estruturada focal [24], para coletar as crenças dos usuários. Concluídas as quatro situações-problema, realizamos uma entrevista final cujo propósito foi receber informações gerais sobre a impressão dos usuários acerca da interface e dos tipos de ajuda que recebeu, bem como ouvir críticas e sugestões.

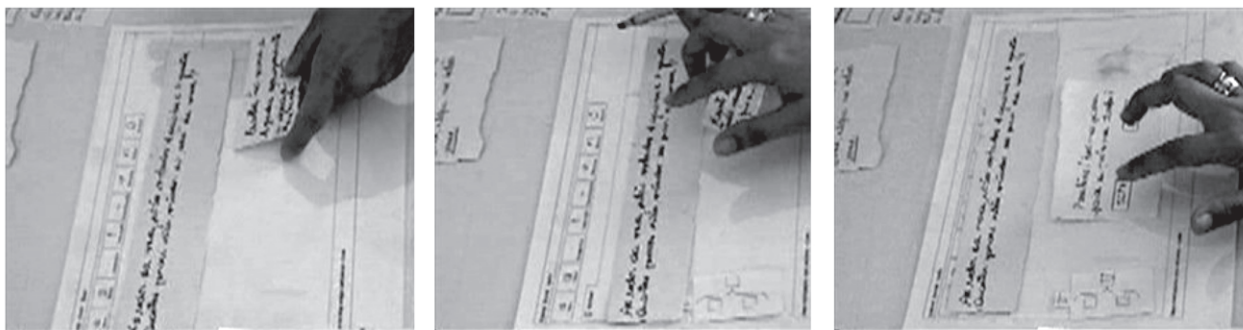


Figura 4: Protótipo em papel.

A **Figura 4** apresenta o protótipo em papel. As respostas do computador às interações do aprendiz são simuladas pelo experimentador, que está ao seu lado. Com ele, o usuário resolve os problemas como se estivesse diante da interface computacional, uma vez que ele possibilita uma interação com as mãos. O protótipo apresenta um menu, as setas horizontais e verticais,

pertencentes aos diagramas de transformação e comparação, respectivamente. Além dessas, ainda estão presentes as operações de selecionar, refazer e desfazer. Logo abaixo do menu de categorias, encontra-se um espaço, no qual a representação textual do problema é exibido ao aprendiz e, abaixo dessa, um espaço para a construção do modelo.

3. RESULTADOS

Nesta fase da pesquisa, privilegiamos a observação da tarefa, ou seja, como a sua execução foi favorecida, ou não, pelo estilo de interação escolhido. Procuramos observar aspectos que revelassem o desenvolvimento de um processo autônomo de resolução da tarefa por parte do usuário. Para tanto, acompanhamos

os cinco usuários individualmente, resolvendo problemas de natureza deferente. Para exemplificar esse acompanhamento, analisemos os protocolos verbais coletados no teste do usuário 01 da Tabela 1. Cada resolução é seguida por uma representação gráfica correspondente ao plano de ações executada pelo usuário.

Quadro 1: Protocolo verbal para uma Composição de medidas.

Ao redor da mesa estão sentados 4 garotos e 7 garotas. Quantas pessoas estão sentadas ao redor da mesa?					
Sujeito	1	Idade	45	Formação	Pós-graduação
Tarefa	Composição de medidas		Computador	C	Pesquisador
P					
S1: Composição (clicou no botão composição)			C: Escolha no menu a legenda correspondente à operação.		
S1: Quatro... (Arrastou o número 4 (uma das partes) do texto do problema e posicionou no primeiro quadrado da composição (uma das partes))			C: Arraste os valores do texto para o modelo.		
S1: Sete (Arrastou o número 7 (uma das partes) do texto do problema e posicionou no segundo quadrado da composição (uma das partes)).			C: Inseriu o diagrama da Composição. Arraste os valores do texto para o modelo.		
			C: Entre, agora, com o resultado.		
S1: Onze (indicou o valor 11 para o quadrado que representa o todo).			C: Parabéns. Podemos passar para a próxima tarefa?		
S1: Sim					
Entrevista semi-estruturada focal					
Explicação de S1 para cada ação realizada no problema 2					
P: Por que você escolheu composição para esse problema?			S1: Na verdade, porque o problema indica que há pessoas de sexo masculino e feminino, e pergunta quantas pessoas existem. Nesse sentido, tem que somar.		
P: Você quer dizer que o problema apresenta dois grupos de pessoas e pede o total de pessoas??			S1: Exatamente.		
P: Você arrastou o número 4 para este quadrado (uma parte). Por que você fez isso?			S1: Porque o 4 representa o conjunto de pessoas do sexo masculino.		
P: Você arrastou o número 7 para este outro quadrado (a outra parte). Por que você fez isso?			S1: Porque, do mesmo modo, o 7 representa a quantidade de pessoas do sexo feminino.		
P: Você indicou o valor 11 para este quadrado (o todo). Como você explicaria isso?			S1: Na verdade, como eu sei que é uma composição e sei quem são as partes, para obter o total de pessoas, eu preciso adicionar para obter a resposta.		

De acordo com o Quadro 1, o usuário não tem dúvida sobre esse tipo de categoria, executa todo o proce-

dimento sem pedir ajuda. A seguir, o plano de ações executado pelo usuário

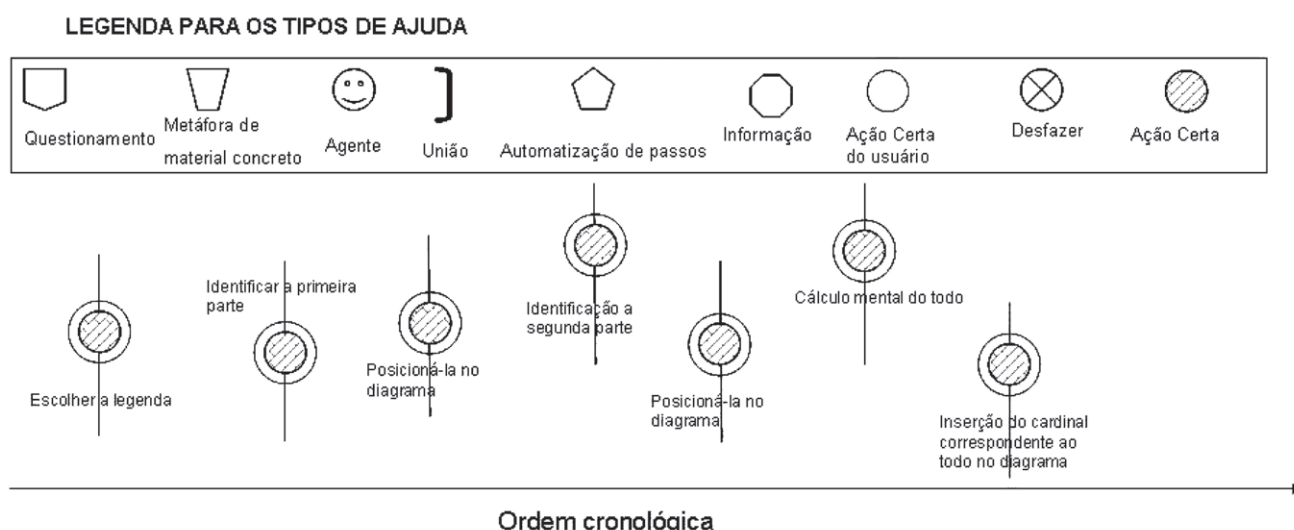


Figura 5: Plano parcialmente ordenado de ações.

A **Figura 5** apresenta uma legenda para representar os tipos de ajuda, bem como um plano de ações que representam, graficamente, o protocolo verbal do Quadro 1. Em nossa proposta de representação, adotamos, como representante de uma ação correta, uma figura que mostra dois círculos concêntricos; contrariamente, estará configurado um erro. O círculo do meio representa a ação certa e o mais externo representa a ação do usuário. Como pode ser visto, o usuário executa um plano de ações em que a primeira delas, seguindo o sentido da seta horizontal, foi a escolha adequada da categoria à qual pertence o problema proposto. Como a ação do usuário é concêntrica

à ação certa, dizemos que ele acertou. Ele acerta a primeira ação, mostrando que foi capaz de encontrar similaridade entre a situação problema proposta e as características presentes na operação de composição. Em seguida, ele prossegue na interação com o computador, seguindo as orientações fornecidas. Como pode ser visto na entrevista semi-estruturada focal do Quadro 1, esse usuário não apresenta dúvidas acerca do problema, que acabara de resolver. Embora esse usuário tenha conseguido categorizar e resolver o problema sem apresentar dúvidas, essa não foi uma constante entre os outros usuários. A seguir, avaliemos mais um protocolo verbal para o usuário.

Quadro 2: Protocolo verbal para uma Transformação de medidas.

Ricardo saiu de casa com 6 bolas de gude. Ao voltar, ele possuía duas bolas. O que aconteceu no jogo?					
Sujeito	1	Idade	45	Formação	Pós-graduação
Tarefa	Transformação de medidas		Computador	C	Pesquisador P
S1: Comparação (apontou no menu a legenda correspondente à operação)			C: Escolha no menu a legenda correspondente à operação.		
S1: Não, é uma transformação (clicou em transformação).			C: Comparação?		
S1: Não, é uma transformação (clicou em transformação).			C: Inseriu o diagrama da comparação.		
S1: Ok. (clicou em Ok).			Arraste os valores do texto para o modelo.		
(Pausa de aproximadamente 8 segundos)			C: Arraste os valores do texto para o modelo		
S1: Seis... (Arrastou o número 6 do texto do problema (estado inicial) e posicionou no quadrado estado inicial).			C: Preencheu o quadrado que representa do estado inicial com o número 6		
S1: Dois (Arrastou o número 2 do texto do problema (estado final) e posicionou no número relativo).			C: Tem certeza de que o número relativo está correto? O número relativo é apresentado da seguinte forma: +2 ou -2. Clique em ok para tentar novamente.		

*Continua na próxima página

*Continuação

S1: menos dois (apontou este valor para o número relativo).	C: Tem certeza de que o estado final está na posição correta? Veja o exemplo. Estado inicial (mostra o primeiro quadrado automatizando o passo da tarefa), número relativo (aponta o círculo), estado final (aponta o segundo quadrado). Clique em Ok para tentar novamente.
S1: dois (apontou esse valor (o estado final) para o quadrado estado final).	C: Entre, agora, com o resultado.
S1: Quatro (apontou este valor para o número relativo)..	C: Tem certeza de que ele ganhou 4 bolas? Use o sinal de menos ou de mais para representar perda ou ganho. Clique em ok para tentar novamente.
S1: Ok (Clicou em Ok). Menos 4 (apontou este valor para o número relativo).	C: Parabéns. Podemos passar para a próxima tarefa?
S1: Sim.	
Entrevista semi-estruturada focal	
Explicação de S1 para cada ação realizada no problema 2	
P: Por que você escolheu transformação para esse problema?	S1: Como houve uma redução da quantidade de bolas de Ricardo, houve uma transformação, na medida em que havia 6 bolas e agora só existem duas.
P: Em seguida, você arrastou o número 6 para este quadrado (o estado inicial). Por que você fez isso?	S1: Porque o ponto de partida do problema é o número 6, na verdade no início Ricardo tinha 6 bolas.
P: Em seguida, você arrastou o número 2 para o círculo (o número relativo). Por que você levou o número dois ao círculo?	S1: Porque o dois é o estágio final do problema, é o resultado. É a quantidade de bolas que resta a Ricardo.
P: Após receber a mensagem do computador "Tem certeza de que o número relativo está correto? O número relativo é apresentado da seguinte forma: +2 ou -2.", você optou por colocar o valor 2 no círculo novamente, dessa vez com sinal negativo. Por que você levou o valor menos dois ao círculo?	S1: Pela informação dada pelo computador. Achei que o problema fosse o sinal.
P: Sua decisão foi então influenciada pela mensagem do computador?	S1: exato.

Como visto no Quadro 2, o usuário executa ações na interface sendo conduzido pelas instruções recebidas

do computador segundo o plano de ações executado descrito na Figura 6.

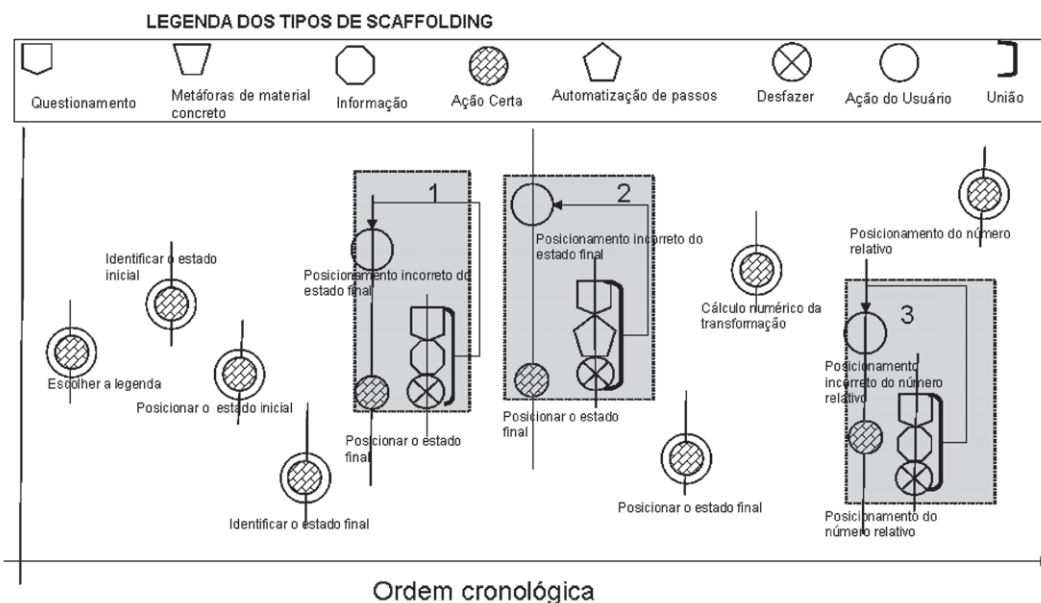


Figura 6: Plano parcialmente ordenado de ações.

Como pode ser visto nas áreas hachuradas 1,2 e 3, observando o sentido da seta horizontal, da Figura 6, à medida que o usuário comete erros de posicionamento ou de cálculo numérico, formas de ajuda lhe são oferecidas, favorecendo a reflexão sobre cada passo da resolução do problema. Na área 1 e 2 o usuário recebeu, de maneira seqüencial, *Scaffoldings* compostos por uma informação, um questionamento, uma automatização de passos e um questionamento. Embora percebamos que as formas de

ajuda conduzem o usuário na sua busca pelo caminho correta de resolução do problema, isso não é suficiente para fazer perceber sua evolução no desenvolvimento de habilidades nos conceitos veiculados. Faz-se necessário continuar seu acompanhamento na resolução de outras situações-problema procurando indícios do desenvolvimento de um processo autônomo de resolução. Para tanto, analisemos, a seguir, mais um protocolo verbal do mesmo usuário.

Quadro 3: Protocolo verbal para uma comparação de medidas.

[Problema: Ricardo tem 6 anos, Carlos tem 4 anos a mais do que ele. Quantos anos tem carlos?]					
Sujeito	1	Idade	45	Formação	Pós-graduação
Tarefa	Comparação de medidas		Computador	C	Pesquisador P
S1: comparação			C: Escolha no menu a legenda correspondente à operação.		
S1: Seis... (Arrastou o número 6 do texto do problema (o referente) e posicionou no quadrado referido).			C: Arraste os valores do texto para o modelo		
S1: Seis... (Arrastou o número 6 do texto do problema (o referente) e posicionou no quadrado referente).			C: Tem certeza de que o referente está na posição correta? Clique em Ok para tentar novamente		
S1: mais quatro (indicou o número relativo).			C: Entre, agora, com o resultado		
S1: Dez (apontou o referido).			C: Parabéns. Podemos passar para a próxima tarefa?		
S1: Sim.					
Entrevista semi-estruturada focal					
Explicação de S1 para cada ação realizada no problema 2					
P: Por que você escolheu comparação para esse problema?			S1: Na verdade, as duas pessoas têm idades diferentes, e o problema informa que uma é mais velha que a outra por uma certa quantidade de anos, no caso 4. Então, o problema envolve uma comparação.		
P: Em seguida, você arrastou o número 6 para este quadrado (o referido). Por que você fez isso?			S1: Bom, não me pareceu muito claro o local onde a idade de Carlos deveria ser colocada. Por isso coloquei aí.		
P: Você diz que ficou em dúvida sobre o que significava cada quadrado, círculo, do diagrama?			S1: Sim, fiquei em dúvida neste ponto..		
P: E qual era a sua intenção ao realizar essa ação? O que o número 6 representava para você?			S1: O 6 representava a idade a qual deveria ser adicionada uma quantidade de anos para obter a idade do outro sujeito. O 6 então, seria o ponto de partida para a solução do problema; seria o referencial.		
P: Após receber a mensagem do computador "Tem certeza que o referente está na posição correta?", você optou por levar o número seis para o quadrado de baixo. Por que você levou o número seis a este quadrado?			S1: Na verdade, após receber a mensagem do computador, eu percebi que o quadrado de baixo (referente) deveria conter a idade do Ricardo, e o quadrado de cima (o referido) a idade do Carlos.		
P: Em seguida, você levou o número +4 ao círculo (número relativo). Porque você fez isso?			S1: Na verdade, meu raciocínio é que no círculo deveria ser colocado o valor que estava sendo adicionado, no caso o +4.		
P: Em seguida, você colocou o número 10 ao quadrado de cima (referido). Como você explicaria essa ação?			S1: Bom, esse é o resultado que eu queria obter, a idade de Carlos. Ele foi obtido a partir da idade de Ricardo somada à diferença de idade entre os dois.		

Como pode ser visto no **Quadro 3**, o usuário resolve um problema de comparação; ele já não comete o mesmo erro de categorização e, no momento da inserção do número

relativo, ele o insere lembrando, sem nenhuma intervenção do estilo de interação, que tal número deve vir acompanhado do sinal. O erro de sinal foi uma constante

em todos os usuários, independente do nível de escolaridade. Ora por falta de atenção, ora por falta de conhecimento sobre qual o tipo do sinal deveria ser inserido e ora por não saber que precisava inserir o sinal. Em todos

os casos, as mensagens de alerta conduziram o usuário a pensar novamente, e pensar sobre a tarefa que acabara de resolver, como observado nos protocolos verbais e no plano de ações que segue.

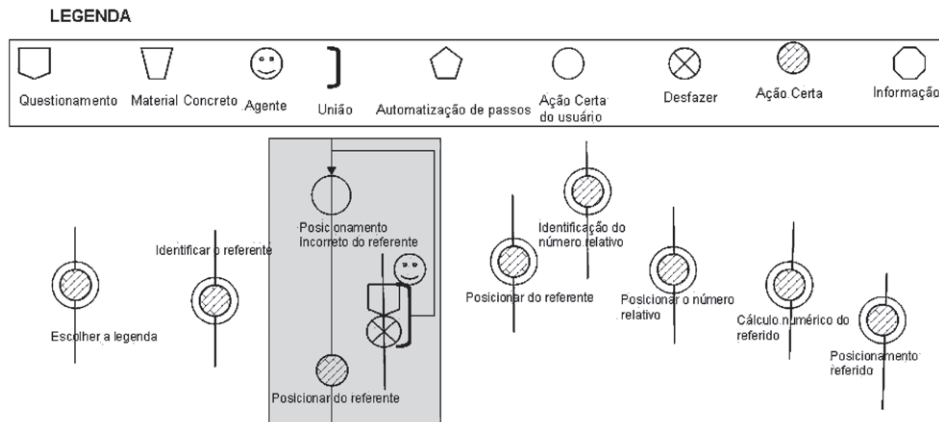


Figura 7: Plano parcialmente ordenado de ações relativas ao Quadro 3.

Na Figura 7o usuário comete apenas um erro de posicionamento do referente; em seguida, ele não comete mais nenhum erro e continua a busca pelos caminhos que

podem ser usados na resolução do problema. Finalizando, ele conclui com sucesso.

Quadro 4: Protocolo verbal para Transformação de Medidas.

[Maria comprou uma caixa de bombons por 4 reais e ainda ficou com 4 reais. Quanto ela possuía antes de fazer a compra?]					
Sujeito	1	Idade	45	Formação	Pós-graduação
Tarefa	Transformação de médias	Computador	C	Pesquisador	P
S1: Um problema de transformação (Clicou em transformação).		C: Arraste os valores do texto para o modelo			
S1: Quatro... (Arrastou o número 4 (dinheiro que restou a Maria, correspondente ao estado final) para o quadrado estado final)		C: Entre, agora, com o resultado.			
S1: Menos quatro (indicou o número relativo). (Pausa de aproximadamente 8 segundos)		C: Parabéns. Podemos passar para a próxima tarefa?			
S1: Oito (indicou o estado inicial).		C: Parabéns. Podemos passar para a próxima tarefa?			
S1: Sim (clicou no botão sim).					
Entrevista semi-estruturada focal					
Explicação de S1 para cada ação realizada no problema 2					
P: Por que você escolheu transformação para esse problema?		S1: Porque existe uma transformação neste problema, Maria possuía um valor em um momento e depois esse valor sofre uma modificação. Então, o problema envolve uma transformação.			
P: Em seguida, você arrastou o número 4 (dinheiro que restou a Maria) para este quadrado (estado final). Por que você fez isso?		S1: Bom, exatamente porque o dinheiro que restou a Maria representa o estado final, então deve ser colocado no quadrado da direita (estado final). Por isso coloquei aí.			
P: Em seguida, você levou o valor -4 no círculo (número relativo). Por que você fez isso?		S1: Bom, porque seria o número que separava os dois valores, no caso o que Maria possuía e o que Maria tem agora. Então esse valor teria que aparecer no círculo.			
P: Em seguida, você colocou o número 8 neste quadrado (estado inicial). Como você explicaria essa ação?		S1: Na verdade eu fiz a operação para trás, partindo do dinheiro que Maria tem agora e somei o valor que ela gastou. Assim cheguei ao valor que ela possuía antes, no caso 8, e, então, coloquei esse valor como resultado.			

Como pode ser visto no Quadro 5, o usuário não comete mais erros de sinal. No protocolo verbal do Quadro 2, ele cometeu um erro de sinal e foi ajudado, já nos protocolos verbais seguintes, ele se lembrou da necessidade de inserção do sinal. Embora tenha recebido uma ajuda para correção de um erro de sinal em um problema de Transformação, ele conseguiu generalizar, e a escolha do sinal, no problema de Transformação do Quadro 4, pode ter sido mediada pela lembrança de uma ajuda recebida anteriormente.

4. CONCLUSÃO

O propósito deste trabalho foi o de avaliar o esforço cognitivo proveniente do uso do estilo de interação Manipulação Direta Reflexiva de Conceitos na resolução de problemas do campo conceitual das estruturas aditivas. Tal esforço pôde ser percebido por meio da observação da modificação no plano de ações realizadas pelo usuário durante a execução da tarefa.

Além desse esforço, observaram-se indícios do desenvolvimento da autonomia para a resolução dos problemas propostos. Exemplificando essa autonomia, vimos que o usuário recebeu uma ajuda voltada para mediar a escolha do sinal, na primeira resolução do problema e, nas resoluções seguintes, a mesma ajuda não foi mais necessária, ou seja, ele se lembrou tanto da ajuda que recebeu, quanto da sua finalidade antecipando-se ao erro.

Após a metodologia, concluímos que os erros mais comuns, cometidos pelos usuários durante o processo de modelagem, foram erros de número relativo seguido de identificação do seu sinal. De um modo geral, tal identificação foi um ponto de muita dificuldade para todos os usuários, independentemente da escolaridade. Um outro problema enfrentado foi o uso da legenda. Os usuários externaram necessidade de mais informações sobre a legenda de Vergnaud [23], bem como sobre o processo de modelagem do problema ou cálculo relacional.

Durante o processo de modelagem, os usuários sentiram falta de indicativos de sucesso e de informações sobre qual o próximo passo da tarefa. Essas necessidades estão associadas ao desconhecimento das regras em ação, que controlam o processo de modelagem. Além disso, são indicativos de que o processo comunicativo da interface pode ser avaliado e melhorado.

Além do processo de refinamento das estratégias de ajuda, num trabalho futuro, será possível verificar se o estilo de interação influenciou na emergência de proposições verdadeiras e falsas sobre os conceitos veiculados. A partir dessa verificação, será possível propor estratégias, tanto para o fornecimento da ajuda quanto para o acompanhamento da aprendizagem. Isso posto, estimamos que novas contingências possam ser percebidas e, para tais, novas formas de ajuda possam ser refinadas.

No estágio atual desta pesquisa, estamos trabalhando com trinta professores em formação para a coleta de dados qualitativos e quantitativos com fins de corroborar o fato de que houve desenvolvimento de autonomia, durante o processo de resolução de problemas, facilitado pelo estilo de interação. Tais resultados serão posteriormente utilizados para modelar uma arquitetura de sistema multiagente capaz de ofertar os tipos de *Scaffolds* aqui discutidos e, dessa forma, contribuir para a aprendizagem dos conceitos veiculados pela interface educativa.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Quintana, J. Krajcik, and E. Soloway, Exploring a Structured Definition for Learner-Centered Design. In *B. Fishman and S. O'Connor-Divelbiss* (Eds.), Fourth International Conference of the Learning Sciences (pp. 256-263). Mahwah, NJ: Erlbaum, 2000.
- [2] M. A Gravina; L. M. Santarosa. A Aprendizagem da Matemática em Ambientes Informatizados. In *anais do Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação*. 4, 1998, Brasília
- [3] F. M. S. Vieira, Avaliação de Software Educativo: Reflexões para uma análise criteriosa. Disponível em <http://www.nuted.edu.ufrgs.br/biblioteca/public_html/9/30/index.html>. Acessado em 23 de junho de 2006.
- [4] S. Holts. Directing learner attention with manipulation style. ACM CHI 96 Doctoral Consortium, Vancouver, CA, 1996.
- [5] K. P. O'Hara, S. J. Payne, S.J. The effects of operator implementation cost on planfulness of problem solving and learning. *Cognitive Psychology*, 35, 34-70, 1998.
- [6] K. Sedighian, M. Westrom. Direct Object Manipulation vs. Direct Concept Manipulation: Effect of Interface Style on Reflection and Domain Learning. In: *Thimbleby, Harold, O'Connell, Brid, Thomas, Peter J. (ed.): Proceedings of the Twelfth Conference of the British Computer Society Human Computer Interaction Specialist Group - People and Computers XII*. August, 1997, Bristol, England, UK. p.337-357.
- [7] K. M. Inkpen., Drag-and-Drop versus Point-and-Click: Mouse Interaction Styles for Children. In *ACM Transactions on Computer Human Interaction*, 8(1), 1-33, March 2001.
- [8] K. Sedig, M. Klawe, and M. Westrom. Role of interface manipulation style and scaffolding on cognition and concept learning in *learnware*. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 8(1), 2001, 34-59
- [9] A. S. Gomes. Avaliação da aprendizagem com software educativo no projeto interativo. In: *5o Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interface Humano Máquina*, 2005, Rio de Janeiro. Anais do 5o Congresso Internacional de Ergonomia e

- Usabilidade de Interface Humano Máquina. Rio de Janeiro, 2005.
- [10] de Souza, C. S. de; Leite, J. C.; Prates, R. O. Projeto de Interfaces de Usuário – Perspectivas Cognitivas e Semióticas. Rio de Janeiro, 2001.
- [11] A. S. Gomes A. S.; J. A. de Castro Filho; V. Gitirana; A. Spnillo.; M. Alves; M. Melo; J. Ximenes. Avaliação de software educativo para o ensino de matemática. In: *WIE 2002 Workshop Brasileiro de Informática Educativa*, 2002, Florianópolis. Convergências Tecnológicas Redesenhando as Fronteiras da Ciência e da Educação: Anais. Florianópolis: SBC, 2002. v. 5.
- [12] B. Shneiderman. *Designing the User Interface*, 3rd Edition. Reading, MA: Addison Wesley, 1998.
- [13] L.T.E Pansanato; Nunes, M.G.V. Autoria de Aplicações Hipermídia para o Ensino. *Revista Brasileiro de Informática na Educação* nº.5. Setembro 1999, p.103-124.
- [14] C. R. Sánchez, Y.H González., C.G Moreno, and A.F. Del Viso Torre. A Web Voice Solution: ConPalabras, disponível em <http://www.upgradecepis.org/issues/2003/1/upgrade-vIV-1.pdf>. Acesso em 26 de junho de 2006.
- [15] E. L. Hutchins, J. D. Hollan, and Norman. Direct manipulation interfaces. *Human-Comput. Interact.* 1, 4, 311-338. 1985.
- [16] J. B. Reiser. Why Scaffolding Should Sometimes Make Tasks More Difficult for Learners In *Stahl, G. (ed.) Computer support for collaborative learning foundations for a CSCL community. Proceedings of CSCL 2002*, Boulder, Colorado, USA (January 7-11, 2002), 255-264. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- [17] D. J Wood, J. S. Bruner, and G. Ross. The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100. 1976. *Apud* [18].
- [18] S. Puntambekar, and R. Hübscher. Tools for scaffolding students in a complex environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist*. Vol. 40 (1), 1-12, 2005.
- [19] C. Quintana, J. B. Reiser, E. A Davis, J. Krajcik, R. Golan, E. Kyza, D. Edelson, and E. Soloway. Evolving a Scaffolding Design Framework for Designing Educational Software. In P. Bell, R. Stevens, & T. Satwicz (Eds.), *Keeping Learning Complex: The Proceedings of the Fifth International Conference of the Learning Sciences (ICLS)*(pp. 359-366). Mahwah, NJ: Erlbaum.2002.
- [20] Gomes, A.S; Wanderley, E. G, 2003. Elicitando requisitos de software educativo. In: *WIE 2003 Workshop Brasileiro de Informática Educativa*, 2003, Convergências Tecnológicas - Redesenhando as Fronteiras da Ciência e da Educação: Anais. Campinas: SBC, 2003. v. v.
- [21] Hackos, J. & Redish, J. *User and Task Analysis for Interface Design*. Chichester: Wiley, (1998)
- [22] G. Vergnaud. Psicologia do desenvolvimento cognitivo e didática das matemáticas Um exemplo: as estruturas aditivas. *Análise Psicológica*, 1, p 75-90. 1986.
- [23] U. Flick. Uma introdução à pesquisa qualitativa. Porto Alegre, Bookman, Cap. 8 (p.89-94), 2004
- [24] Snyder C. (2003) Paper Prototyping. The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces. San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers