

178486-3

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**Interações Tutor-Aluno
Analisadas Através de Seus
Estados Mentais**

por

NEILA MARIA MOUSSALLE

Dissertação submetida como requisito parcial para
a obtenção do grau de Mestre em
Ciência da Computação

Profa. Rosa Maria Viccari
Orientadora



Porto Alegre, janeiro de 1996.

UFRGS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
BIBLIOTECA

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Moussalle, Neila Maria

Interações Tutor-Aluno Analisadas Através de seus Estados Mentais / Neila Maria Moussalle. - Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1996.

232 p.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Porto Alegre, BR-RS, 1996. Orientador: Viccari, Rosa Maria.

1. Inteligência Artificial. 2. Sistemas Tutores Inteligentes. 3. Aprendizagem por Explicação. I. Viccari, Rosa Maria. II. Título.

UFRGS INSTITUTO DE INFORMÁTICA BIBLIOTECA		
N.º CHAMADA: 68130117043 11933I		N.º RG: 32809 DATA: 18/03/97
ORIGEM: D	DATA: 28/02/97	PREÇO: R\$ 30,00
FUNDO: II	FORN.: II	

*Inteligência artificial -
sistemas tutores inteligentes
Inteligência artificial distribuída
Aprendizagem por explicação
ENF. 1 03 01 00-3*

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Hélgio Trindade

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: Prof. Cláudio Scherer

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Roberto Tom Price

Coordenador do CPGCC: Prof. José Palazzo Moreira de Oliveira

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Zita Prates de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Ao término deste trabalho, tenho muito a agradecer a todos que, de uma maneira ou de outra, me ajudaram a concluí-lo.

Início agradecendo à minha mãe *Joana* pelo amor, carinho, paciência e compreensão, principalmente nos momentos em que nem eu me agüentava. Te amo muito.

Agradeço aos meus irmãos *Sérgio, Sandra, Nelson e Ana Maria*, aos meus cunhados e sobrinhos pelo amor, apoio, carinho e compreensão por me afastar do convívio deles neste ano. Adoro vocês.

Agradeço à Sandra, minha irmã, pelo profissionalismo na correção e revisão do texto. Obrigado pela paciência, dedicação, empenho e por abrires mão do teu precioso tempo para realizar esta tarefa.

Agradeço ao Sérgio, meu irmão, pelo empréstimo do seu computador que foi meu companheiro inseparável.

Agradeço ao Orlando, meu cunhado, pelo empréstimo da impressora, indispensável neste período.

Agradeço à dupla Aline e Milene amigas, mais do que colegas, companheiras inseparáveis, pela amizade, pelo incentivo e apoio através de alguma palavra ou simplesmente pela presença nas horas mais difíceis, pelos momentos alegres e descontraídos que passamos juntas. Agradeço também ao Jomi, que completava o nosso quarteto inseparável, pela amizade, coleguismo e cumplicidade em vários momentos do curso e pelas horas agradáveis que nós quatro vivemos.

Agradeço à Magda pela amizade, compreensão e pelas horas agradáveis e difíceis que passamos.

Um agradecimento especial à Rosa pela sua amizade, dedicação, empenho, compreensão e orientação. Obrigado por tudo que sabes que representas para mim.

Agradeço à Maria Ivete que muito me ajudou no início, na elaboração dos diálogos, que são parte importante do trabalho, com seus conhecimentos de matemática do primeiro grau. Obrigado pela tua amizade e dedicação.

Agradeço às minhas amigas Angela, Clarice, Denise, Loreta, Lusmari e Magali pela força, incentivo, amizade sincera e carinho.

Agradeço ao Milton Corrêa pelo seu interesse, conselhos, correções e idéias. Foi a partir de sua estada aqui, em agosto de 1994, que o trabalho ficou definido e, de lá para cá, trabalhamos juntos trocando idéias.

Agradeço ao Flavinho pela amizade, conselhos e interesse em acompanhar o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao Luís Antunes de Portugal que, na sua visita em janeiro deste ano, me ajudou na definição dos programas e no trabalho como um todo.

Agradeço ao Rafael, o super bolsista, que muito me ajudou na implementação, fazendo os programas em Prolog, depois de várias discussões e trocas de idéia comigo e com o Luís Antunes.

Agradeço aos funcionários do Instituto de Informática, pela dedicação e profissionalismo com que convivemos no período do curso.

Agradeço aos colegas e amigos que fiz no Pós: Ana, Cecília, Elói, Fábio, Fabião, Felix, Karin, Márcia, Michael e Paulo, pelo companheirismo, coleguismo e convivência que tivemos e aos professores: Cabral, Cida Livi, Castilho, Dalcídio, Nicoletti, Rocha Costa e Tiarajú pelas palavras de apoio e incentivo.

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida para a realização do curso.

Agradeço às professoras da quarta série do Instituto de Educação Gen. Flores da Cunha, com as quais troquei idéias sobre a maneira ideal de ensinar a divisão, para a definição dos diálogos.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Contextualização do Trabalho.....	13
1.2 Inteligência Artificial Distribuída.....	19
1.3 Considerações Gerais sobre o Trabalho.....	25
1.4 Contribuições deste Trabalho.....	26
1.5 Organização do Texto.....	28
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
2.1. Definições Gerais de Agentes.....	30
2.2 Método EBL de Aprendizagem por Explicação.....	34
2.3 Teoria das Situações.....	41
2.3.1 Sintaxe.....	44
2.3.2 Semântica.....	47
2.4 A Arquitetura SEM.....	48
2.4.1 Função dos Agentes Locais.....	50
2.4.2 Descrição da Comunicação entre os Agentes Locais.....	51
2.4.3 Descrição Formal da Arquitetura SEM.....	57
2.4.3.1 Agente Histerético.....	59
2.4.4 Definição e Descrição dos Estados Mentais vistos como Agentes.....	61
2.4.5 Definição de Urgência, Intensidade e Insistência.....	74
2.4.6 Uso da Arquitetura SEM na Aplicação.....	75
3 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO	82
3.1 Caracterização do Problema.....	82
3.2 Diálogos da Aplicação Analisados em Relação às Mudanças nos Estados Mentais.....	86
3.2.1 Diálogo A.....	86
3.2.2 Diálogo B.....	90
3.2.3 Diálogo C.....	93

3.3 Ambiente usado na Aplicação.....	94
3.4 Descrição das Crenças do Tutor, do Aluno e do Conhecimento do Domínio no Formalismo da Arquitetura SEM.....	99
3.4.1 Crenças Permanentes do Tutor.....	99
3.4.2 Crenças Permanentes do Aluno.....	102
3.4.3 Conhecimento que o Agente possui do Domínio de Aplicação.....	102
3.4.3.1 Estratégias usadas pelo Tutor.....	105
3.4.3.2 Estratégias usadas pelo Aluno.....	114
3.5 Exemplos do uso da EBL nesta Aplicação.....	117
3.6 Exemplos do Uso do Simbolismo da Teoria das Situações neste trabalho.....	125
3.7 Explicação e Análise dos Diálogos.....	127
3.7.1 Explicação e Análise do Diálogo A.....	129
3.7.1.1 Descrição Passo a Passo do Diálogo A.....	139
3.7.2 Explicação e Análise do Diálogo B.....	161
3.7.2.1 Descrição Passo a Passo do Diálogo B.....	162
3.7.3 Explicação e Análise do Diálogo C.....	186
3.7.3.1 Descrição Passo a Passo do Diálogo C.....	190
4 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	202
ANEXO - IMPLEMENTAÇÃO	208
BIBLIOGRAFIA.....	223

LISTA DE ABREVIATURAS

- CAI - Instrução Assistida por Computador
- DPS - Distributed Problem Solving
- EBG - Explanation-Based Generalization
- EBL - Explanation-Based Learning
- IA - Inteligência Artificial
- IAD - Inteligência Artificial Distribuída
- ICAI - Instrução Assistida por Computador Inteligente
- MAS - Multi-Agent Systems
- SEM - Sociedade dos Estados Mentais
- STI - Sistema Tutor Inteligente
- TI - Tutor Inteligente

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Arquitetura Aberta de um Sistema Tutor Inteligente.....	18
Figura 2.1 - Interações entre os agentes locais: A^C , A^D , A^I e A^E	51
Figura 2.2 - Arquitetura de Agentes para Sistemas Tutores Inteligentes.....	54
Figura 2.3 - Ciclo de Interação entre os Agentes locais: desejo, crença e intenção.....	55
Figura 2.4 - Ciclo de interação entre os agentes locais: expectativa, crença e intenção.....	56
Figura 3.1 - Agentes trocando Mensagens para satisfazer Desejos.....	98
Figura 3.2 - Diagrama das Estratégias de Ensino dos Agentes.....	104
Figura 3.3 - Diálogo A.....	129
Figura 3.4 - Diálogo B.....	160
Figura 3.5 - Diálogo C.....	185

RESUMO

Este trabalho aborda um estudo sobre os **STI - Sistemas Tutores Inteligentes** - dando uma visão geral do que está sendo feito nesta área e quais são as tendências futuras que direcionam os STI a trabalhar com arquiteturas de agentes.

Para simular as mudanças que ocorrem em certos estados mentais dos agentes, fizemos uma união dos STI com a **IAD - Inteligência Artificial Distribuída** - e construímos os modelos dos agentes com base no ambiente dos STI e na arquitetura **SEM - Sociedade dos Estados Mentais** - [COR94] que baseia seu formalismo na Teoria das Situações. Exploramos e adotamos a idéia da arquitetura aberta dos STI [OLI92], pois, através dela, foi possível criar um ambiente cooperativo de aprendizagem no qual o tutor e o aluno podem ensinar e aprender. Trabalhamos com dois agentes globais, a saber, o tutor e o aluno, sendo cada um deles composto por quatro agentes locais associados a determinados estados mentais do agente.

Os agentes locais correspondem aos estados mentais: **crença, desejo, intenção e expectativa**, definidos na arquitetura SEM como agentes locais, e tratados individualmente nesta, que se preocupa com o comportamento particular de cada um.

Optamos por usar a arquitetura SEM, que é uma arquitetura de agentes, no lugar de uma funcional tradicional, ou seja, composta por módulos, que é característica dos STI, porque nela podemos tratar os estados mentais como agentes locais, e assim é possível modelar o comportamento individual de cada estado e as mudanças que a interação entre os agentes provoca em cada um.

Abordamos três situações de ensino/aprendizagem com peculiaridades diferentes nas quais os agentes globais interagem cooperativamente com o objetivo de um ensinar o outro. Para cada diálogo, estabelecemos objetivos específicos: no primeiro, nosso interesse é na maneira como o aluno **ensina** uma nova estratégia ao tutor; no segundo, analisamos as **mudanças das crenças** do tutor sobre o conhecimento do aluno; no terceiro, nos preocupamos com **as estratégias de ensino** utilizadas pelo tutor.

O processo de ensino/aprendizagem que acontece no desenrolar da interação entre os agentes é realizado usando o método de aprendizagem simbólica automática **EBL** - **Explanation-Based Learning** - [MIT86];[COS90]. Este método proporciona a generalização do exemplo de treinamento que é incorporado às crenças e às estratégias do agente que desempenha o papel daquele que aprende, enriquecendo-as.

As estratégias, que são fundamentais para os STI, são tratadas como planos de ensino, utilizadas para promover a aprendizagem, pois definem a maneira como determinado conteúdo deve ser ensinado. Tratamos aqui as estratégias de uma maneira inovadora e diferente da tratada anteriormente [COR94]. Elas são um conjunto de ações e possuem armazenados procedimentos que são usados pelos agentes durante a interação. São determinadas e controladas conforme a intenção e usadas de acordo com as crenças, no sentido de selecionar a mais adequada para cada situação.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial, Sistemas Tutores Inteligentes, Aprendizagem por Explicação

Title: "Tutor/Student Interactions Analyzed Through Their Mental States"

ABSTRACT

This study focuses on the **Intelligent Tutoring System (ITS)** and aims at presenting a general view concerning what has been developed in this field as well as the coming trends which lead the ITS to deal with agents' architecture.

In order to simulate the changes which occur in certain mental states of the agents, we linked ITS with **Distributed Artificial Intelligence (DAI)** and then we built the agents' modules based on ITS environment and on **SEM - Sociedade dos Estados Mentais** that means **Mental States Society - architecture** [COR94]. Such an architecture bases its formalism on the Situation Theory. We explored and adopted the idea of the ITS open architecture [OLI92] for, through it, it has been possible to create a co-operative learning environment in which both the tutor and the student are able to teach and learn. The two global agents we worked on - tutor and student - both of them are made up of four local agents which are their mental states.

The mental states involved are: **belief, desire, intention, and expectation**. These mental states are treated individually and defined as local agents according to SEM architecture.

Instead of using a functional architecture - characteristic of ITS - we chose an agent architecture, for this latter makes it possible to treat the mental states as subagents. It is possible, therefore, to model the individual behavior of each state as well as the changes resulted from the agents' interaction.

We focused on three teaching/learning situations that present different situations in which the global agents interact co-operatively in such a way that they teach each other. Specific aims were meant to each dialogue, as follows: the first dialogue concern has to do with the way the student **teaches** the tutor a new strategy; the second

dialogue aim is to explore the tutor's "**belief revision**" about the student's knowledge; the third dialogue goal has to do with the **teaching strategies** used by the tutor.

The teaching/learning process brought about as the interaction between the agents happens is applied by using the **Explanation-Based Learning (EBL)** method [MIT86];[COS 90]. This method makes it possible to generalize the test example which is added to the learning agent's beliefs and strategies, making them more complete.

The strategies, which are vital to the ITS, are treated as teaching plans and used to bring about learning, for they define the way in which a certain content is supposed to be taught. The strategies are treated here in a new manner, differently from the way they had formerly been [COR94]. They are a set of actions and present procedures on file that are used by the agents during the interaction. Also, the strategies are chosen and controlled by the intention and consulted by the beliefs so as to select the most suitable one, according to the situation.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Intelligent Tutoring Systems, Explanation Based-Learning

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Trabalho

A partir da década de 70, as pesquisas na área de Instrução Assistida por Computador evoluíram, surgindo os sistemas generativos, que eram capazes de gerar automaticamente o material instrucional. O problema é que tais sistemas não possuíam capacidade para responder aos alunos como eram obtidas as soluções para os problemas propostos. Em geral, tais problemas estavam relacionados com a aritmética.

A partir dos sistemas **CAI - Instrução Assistida por Computador** - e utilizando técnicas e métodos da Inteligência Artificial [SEL74]; [BAR76]; [SEL88]; [BAR82], foram construídos os primeiros sistemas **ICAI - Instrução Assistida por Computador Inteligente** - também chamados **STI - Sistemas Tutores Inteligentes** - como uma tentativa para superar as limitações dos sistemas generativos. Tais sistemas possuem arquiteturas que variam de uma implementação para outra, mas que têm em comum os seguintes componentes funcionais básicos: **base de conhecimento do domínio; modelo do aluno; estratégias de ensino; módulo de controle e interface com o usuário.**

Para Sleeman e Brown em [SLE82], um Tutor Inteligente - **TI** - é um programa que utiliza técnicas da Inteligência Artificial para representar o conhecimento e para conduzir a interação com o estudante, assumindo a forma de programas que acompanham a escrita de programas, de programas guias, de programas laboratórios de ensino e de programas que aceitam consultas.

Para nós, um Tutor Inteligente, que é um sistema que possui a capacidade de ensinar e aprender, possibilita adequar as estratégias de ensino às necessidades de cada aluno a partir da simulação do comportamento de um instrutor humano e da simulação do estado cognitivo do aluno [MOU90]. E, segundo a ideia da nova disciplina chamada Matemática Computacional sugerida por Self em [SEL90], que vem a estudar a relação entre processos de ensino/aprendizagem em sistemas computacionais, podemos dizer que o tutor e o aluno aprendem pelo mesmo método que ensinam. John Self define

Matética Computacional como sendo “o estudo da aprendizagem e de como ela pode ser promovida, utilizando as técnicas, conceitos e metodologias da Ciência da Computação e da Inteligência Artificial”.

Em geral, um tutor utiliza o *modelo de ensino Socrático* [COL77]; [COL82] que prevê situações de diálogos a partir de um fato conhecido pelo aluno, levando-o a aperfeiçoar este conceito através da exploração de contradições e da formulação de inferências corretas a partir do conhecimento inicial. Outro *modelo* que o tutor pode utilizar é o que conduz o aluno à aprendizagem no decorrer do curso através da geração de um ambiente interativo [GOL82].

Existe também o *modelo cooperativo* que é uma combinação dos modelos anteriores e que é defendido, entre outros, pelo Grupo de Inteligência Artificial do Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Universidade do Rio Grande do Sul. Neste modelo, os agentes¹ interagem visando a troca de conhecimentos [VIC93]. Há vários trabalhos desenvolvidos utilizando este modelo cooperativo [VIC90];[OLI93]. Estes trabalhos exploram os aspectos de aprendizagem e da representação do conhecimento em tutores inteligentes e neles esta representação é feita através de redes conceituais. A medida da aprendizagem resultante da interação entre os agentes é feita através do uso de medidas topológicas. Neste trabalho, também assumimos este princípio geral.

Seguindo as idéias de Rosa Viccari em [VIC90], e utilizando vários métodos e recursos oferecidos pela Inteligência Artificial, é possível construir um TI com as seguintes características gerais:

- flexibilidade: ser flexível em todos os níveis;
- exploração: possibilitar e incentivar a exploração dos conteúdos instrucionais;

¹ O termo agente, para a Inteligência Artificial, refere-se a uma entidade que funciona continuamente e autonomamente em um ambiente no qual existem outros processos e agentes. A autonomia significa que as atividades dos agentes não exigem controle ou intervenção humana constante. As ações de um agente são determinadas por decisões ou escolhas e, para executá-las, o agente deve focar a sua atenção nos seus objetivos.

- planejamento: possuir vários planos de ensino e uma taxionomia inicial para a apresentação do conteúdo instrucional;
- conhecimento do domínio: dominar, o máximo possível, o assunto que ensina;
- resolução de situações críticas: ter metacconhecimento para resolver situações não previstas nas regras que descrevem o conhecimento do tutor;
- adequação ao modelo: operar conforme o modelo de ensino assistido;
- detecção de falhas: ter mecanismos inteligentes para a depuração e a orientação na detecção de falhas;
- simulação automática: possuir mecanismos que permitam a resolução conduzida dos problemas e a simulação automática;
- capacidade de aprendizagem: ter capacidade de aprendizagem visando, pelo menos, a adequação ao estilo do aluno;
- descrição do raciocínio: ter mecanismos que descrevam o raciocínio que o aluno e o tutor utilizam ao explorar um conteúdo instrucional;
- reconstrução: ter capacidade para reconstruir estados passados.

Assim, as arquiteturas funcionais tradicionais possibilitam construir Tutores Inteligentes que atendam aos objetivos propostos por seus idealizadores com algumas das características citadas. De acordo com [MOU91], eles são constituídos, em geral, por módulos que visam responder às perguntas:

- O que ensinar?
- Como ensinar?
- Para quem ensinar?

Os módulos funcionais que compõem a arquitetura tradicional dos Tutores Inteligentes são:

- Módulo do domínio: componente chave do sistema, pois contém o conhecimento necessário para se processar o ensino e para responder à

pergunta “O que ensinar?”. O conhecimento do domínio está representado através de algum método de representação do conhecimento do nível objeto (base de conhecimentos). Em alguns sistemas, este conhecimento permite tanto a análise como a geração dos exemplos utilizados no processo de ensino.

- Modelo do aluno: conhecimento que deve ser aprendido, construído ou corrigido pelo tutor, a partir de sua interação com o aluno e que contém informações sobre este, as quais correspondem às crenças que o tutor possui sobre cada aluno. Estas informações devem representar o que o aluno conhece, o que ele desconhece e o que ele pensa que conhece a respeito do domínio. É neste modelo que encontramos a resposta para a pergunta “Para quem ensinar?”. Este modelo pode ser representado pela medida de desempenho [CLA82];[CLA82a], pelo modelo overlay [CAR77], pelas bibliotecas de erro[SLE87] ou por um modelo de crenças [FRA92].
- Módulo de ensino ou estratégias de ensino: planos gerados pelo tutor que contém as estratégias e as táticas de ensino por ele utilizadas. Este conhecimento heurístico encontra-se representado no metanível e determina como o conhecimento-objeto deve ser usado. Neste módulo, encontramos o que o tutor espera que o aluno faça e também a resposta para a pergunta “Como ensinar?”.
- Módulo de interface ou interface com o usuário: estabelece como o aluno vai se comunicar com o sistema e como o sistema vai se comunicar com o aluno, ou seja, como tutor e aluno vão se comunicar.

Sob este ponto de vista, os tutores inteligentes procuram explorar as técnicas da IA - Inteligência Artificial - e têm sua base teórica nas Ciências Cognitivas. A estrutura desses sistemas é dinâmica e, frequentemente, utiliza vários métodos na organização do sistema. Por exemplo, para a análise das respostas do aluno, cujo modelo é sempre qualitativo, é utilizado um processo de diagnóstico com base no conhecimento do módulo do domínio. Estes sistemas necessitam de recursos de computação específicos por causa das metodologias e técnicas da IA. Segundo Brazdil em [OLI92], a

manipulação da base de crenças no aluno ocorre no nível meta e afirma que metacrenças ocorrem no axioma da introspecção e nas crenças aninhadas.

De qualquer forma, esta interação ensino/aprendizagem é algo muito importante e muito complexo. Oliveira em [OLI92] destaca as seguintes teorias envolvendo a Matemática Computacional: a *teoria da aprendizagem*, que atualiza a teoria do ensino quando o sistema tutor está aprendendo alguma nova estratégia de ensino; a *teoria de ensino*, que pode usar crenças sobre o processo de aprendizagem do estudante para selecionar a estratégia de ensino.

Oliveira coloca que, no lugar dos componentes tradicionais (domínio, interface, modelo do aluno e módulo de ensino), um TI deve ter: uma base de crenças, na qual estão descritos os conhecimentos e crenças do agente sobre o domínio da aplicação; uma base de motivações, onde estão representados os objetivos básicos do agente e as intenções obtidas a partir destes objetivos básicos através da interação das intenções com as informações da base de crenças; um modelo de inferência, visto como um conjunto de regras de inferência que modelam um tipo de inferência ou um mecanismo de aprendizagem disponível para o agente, podendo atuar sobre a base de crenças, onde irá ocorrer a transformação do conhecimento que o agente possui do domínio; ou sobre a base de motivações, ocorrendo a criação ou a alteração de planos e modificação das intenções.

A interação da teoria da aprendizagem com os outros componentes do sistema é ilustrada pela figura 1.1 que mostra a nova arquitetura baseada em crenças. A partir de informações obtidas do ambiente externo, a teoria da aprendizagem modifica e amplia sua base de conhecimentos. Estas modificações resultam em um novo comportamento do mecanismo de inferência e as informações sobre este podem realimentar o processo, guiando a ação da aprendizagem.

A figura a seguir apresenta a nova arquitetura, ainda funcional, proposta por Oliveira em [OLI92].

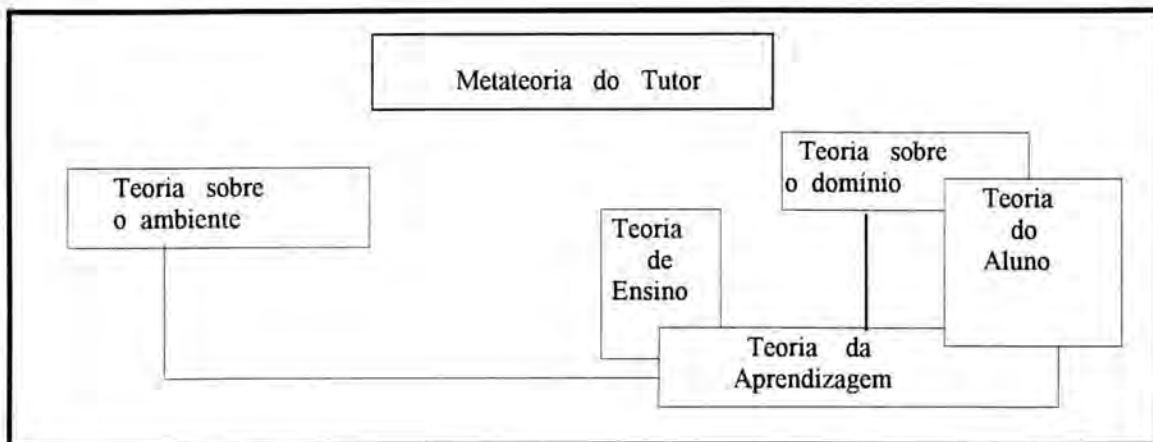


Figura 1.1 - Arquitetura Aberta de um Sistema Tutor Inteligente

A base do domínio do sistema tutor pode ser alterada através do conhecimento do aluno. O modelo do aluno é uma estrutura dinâmica e possível de ser alterada automaticamente. É interessante que a base das estratégias de ensino seja alterável. Assim, mesmo supondo uma base do domínio estático, o sistema deve ser capaz de alterar automaticamente o modelo do aluno e as estratégias de ensino. Para que esta tarefa seja realizada com êxito é incluído, na arquitetura básica do sistema, um módulo de aprendizagem, levando em consideração a complexidade e a importância da tarefa.

A arquitetura apresentada na figura 1.1 representa a “arquitetura ideal” para um STI composto por teorias que podem compartilhar crenças, otimizando ocupação de espaço. Ainda também, segundo [COS90] a *teoria de aprendizagem*, pode alterar a *teoria do domínio*, a *teoria do ensino* e a *teoria do aluno*. Todas podem compartilhar crenças entre si e com a *teoria do domínio*. O ponto chave desta arquitetura é a *teoria da aprendizagem*, pois, de sua eficiência, depende a atualização (adaptação à realidade) das outras teorias sobre as quais o tutor baseia seu comportamento. Neste módulo é que existe uma base de crenças sobre a aprendizagem, podendo ser usada para: alterar as crenças do tutor em relação às estratégias de ensino, modelo do aluno e base do domínio e simular os processos através das quais o aluno altera suas crenças.

A arquitetura baseada em *lógica de crenças* permite aumentar a capacidade de adaptação e autocrítica do STI através da: aprendizagem; revisão de

crenças do tutor a respeito do domínio e do conhecimento do aluno; monitoração, no nível meta, da ação do tutor.

Temos também, nesta arquitetura, de acordo com [OLI92], um início de tratamento de tutor e aluno como agentes cognitivos de mesmo nível, cooperando para construir um corpo de crenças sobre o domínio que satisfaça ambas as partes. Ela sugere que se crie um ambiente cooperativo de aprendizagem, onde a iniciativa possa ser trocada entre tutor e aluno ou entre agentes, tutor e aluno, de forma oportunística. Com o surgimento da **IAD - Inteligência Artificial Distribuída** - estas idéias puderam ser melhor estudadas.

1.2 Inteligência Artificial Distribuída

A IAD é a área da IA que trata das sociedades de agentes artificiais. Esta sociedade se propõe a solucionar cooperativamente e de maneira distribuída problemas que não poderiam ser resolvidos eficientemente por um único sistema computacional. Nela, os agentes interagem entre si e com outros para encontrar a melhor solução para um problema complexo.

De acordo com [SIC92], na abordagem clássica da IA, enfatiza-se a representação do conhecimento e os métodos de inferência e, na abordagem da IAD, são enfatizadas as ações e interações entre os agentes autônomos. Em IAD usa-se a expressão agente no lugar de sistemas baseados em conhecimento ou de outra expressão para descrever entes que participam ativamente na solução de um problema.

Demazeau e Sichman em [SIC92] dividem a IAD em duas etapas, que são:

- **DPS - Distributed Problem Solving** - que trata da existência de algum problema para resolver ou uma tarefa para ser executada, e o projetista constrói um sistema de multi-agentes para resolver o problema;

- **MAS - Multi-Agent Systems** - que trata de sistemas de multi-agentes, na qual existe uma sociedade de agentes autônomos que se organizam para resolver o problema solicitado.

No início da IAD, a abordagem DPS era bastante explorada e nela os agentes eram projetados para resolver um problema particular não podendo ser usados para resolver problemas similares. O sistema era considerado fechado e o projetista sabia exatamente que agente realizou determinada tarefa ou ação, pois conhecia todas as habilidades dos agentes envolvidos. Com a evolução da IAD, foi adotada a abordagem MAS que se preocupa com a atividade dos agentes autônomos. MAS é um sistema aberto no qual o projetista não sabe que agente realizou determinada tarefa, só verifica se a tarefa foi realizada ou não.

Pontos importantes da abordagem DPS:

- os agentes não precisam representar suas habilidades, pois elas são representadas implicitamente pelo projetista;
- o projetista, que não é um agente, descreve e decompõe (ou distribui) a tarefa para os agentes;
- se a tarefa for bem dividida, não surge conflito entre os agentes;
- novos agentes não podem ser dinamicamente adicionados à sociedade, isto quer dizer que o sistema não é aberto.

Pontos importantes da abordagem MAS:

- a distribuição de ações para a realização da tarefa é feita pelos agentes e não pelo projetista;
- os agentes são autônomos, possuem seus objetivos locais, e podem ou não cooperar com os outros para atingir o objetivo comum;
- surgem vários conflitos devido à existência de objetivo local e global. Deve haver uma conversa complexa entre os agentes, determinando o papel de cada um, para que a tarefa solicitada seja realizada com êxito;
- os agentes são capazes de resolver vários problemas;

- qualquer agente pode entrar ou sair da sociedade dependendo da sua vontade, isto significa que o sistema é aberto;
- o ambiente pode variar (ou mudar) e os agentes incorporam as trocas no seu modelo interno.

As preocupações atuais de pesquisa na IAD, segundo tendência das pesquisas, envolvem a escolha de uma linguagem formal para descrever os agentes, conjunto de estados mentais, ligações entre estados mentais, teorias unificadas de coordenação, sociedades de agentes, interações complexas, migração de agentes entre as sociedades, a procura heurística distribuída, coerência ao longo da decisão e ação, fusão de aprendizagem e negociação, modelagem de conflitos, agentes acreditáveis e confiáveis. A seguir, apresentamos algumas definições para o termo agente, visto que este conceito é fundamental para este trabalho.

Segundo Oliveira em [OLI95] um agente pode ser definido como uma entidade capaz de perceber e executar ações que causem trocas no ambiente e/ou nos estados internos dos agentes com a finalidade de atingir determinadas metas. A existência de metas independentes é uma característica natural e desejável em sociedades de agentes autônomos, cuja existência é independente de qualquer problema ou tarefa.

Segundo Eugénio Oliveira [OLE95], o agente é a entidade principal de uma sociedade, sendo constituído por múltiplos componentes físicos e abstratos, onde cada um pode agir como: **organizador**, que é aquele que solicita ou pede ajuda ou **respondente**, que é aquele que fornece a ajuda.

Para ele, os agentes, que são unidades complexas com algum grau de inteligência e vontade de cooperar, trabalham em conjunto, usando métodos os mais variados para resolver um problema proposto. A IAD torna possível o conhecimento global e a ação conjunta dos vários agentes envolvidos, e tem a ver com distribuição de controle, cooperação, competição e comunicação entre os agentes cognitivos e com conhecimento distribuído durante a interação com o ambiente. Proporciona ajuda na distribuição de projetos que precisam interagir e cooperar através da comunicação entre os agentes, para encontrar a melhor solução para um problema. A base da cooperação é

independente da aplicação e nela estão descritos: o conhecimento próprio; o conhecimento acerca dos outros agentes e o conhecimento de estratégias de cooperação.

Um agente - pessoa, animal ou máquina - interage com o mundo a partir da sua percepção do mundo e reage de acordo com a informação obtida.

Um agente humano para se comunicar com outro precisa pensar, pois grande parte da comunicação humana é feita para influenciar o conhecimento, as crenças e o comportamento do outro agente. Para que um agente mecânico (artificial) consiga influenciar o conhecimento, as crenças e o comportamento de outro agente é preciso dotá-lo de inteligência.

A comunicação entre os agentes segue um protocolo e pode se dar através da simples troca de mensagens ou ter uma forma mais elaborada (diálogos). A negociação, a cooperação e a solução dos conflitos são fenômenos centrais nas atividades que ocorrem através de diálogos. Em relação à comunicação entre agentes, podemos citar os trabalhos de Bunt em [BUN89], Power em [POW79], Allen e Perrault em [ALL78]. Em [BUN89], os diálogos são muito fechados, não dando margem a questões ou respostas que não estejam previamente preparadas. Em [POW79], o forte do sistema é a colaboração ou cooperação entre os robôs que, através de uma conversa, trocam informações, comparam suas crenças e habilidades para tentar atingir o objetivo. Em [ALL78], são trabalhados diálogos fragmentados e intencionais, tendo-se a possibilidade de fazer questões além das pré-determinadas, e os interlocutores cooperam a fim de realizar uma tarefa específica.

A arquitetura de um agente é a estrutura que especifica quais e como são os processos internos que permitem a realização das interações do agente com o mundo. Dentre os vários tipos de arquiteturas que trabalham com agentes, em enfoques os mais variados, destacamos as deliberativas, as reativas e as híbridas.

As idéias expostas abaixo foram escritas com base em [COR94] e em [VIC95], bem como os respectivos exemplos:

Arquiteturas deliberativas: são aquelas nas quais a escolha da ação é feita através de uma deliberação explícita sobre diferentes opções, por exemplo, considerando alguma função que avalia uma ação conforme sua utilidade; o agente conhece o que está fazendo no momento de realizar a ação, mas, se não tiver metachecimento, não sabe como reagir diante de uma situação inesperada; em relação à teoria da ação, a existência de uma representação simbólica possível de ser manipulada e combinada é fundamental. Nestas arquiteturas, as interações possuem uma grande flexibilidade, facilitando a comunicação entre os agentes e possibilitando aprendizagem e raciocínio que são capacidades de alto nível dos agentes. Elas se originaram nos sistemas clássicos como o STRIPS e o NOAH, citados em [COR94], que, para atingir um objetivo determinado, produzem uma seqüência de ações ou planos.

Os agentes que compõem este trabalho podem ser classificados como deliberativos.

Dentre as arquiteturas deliberativas destacamos:

- a IRMA definida por Bratman e cujo objetivo é produzir o comportamento racional dos agentes;
- a AOP definida por Shoham para a especificação e programação de agentes artificiais; e
- a SEM definida por Corrêa formada pela sociedade dos estados mentais crença, desejo, intenção e expectativa, tratados como agentes locais onde a comunicação ou diálogo entre os agentes é feita através da troca de mensagens dos agentes locais. A arquitetura SEM está descrita no item 2.4 deste trabalho.

Arquiteturas reativas ou não deliberativas: são aquelas em que a escolha da ação está situada na ocorrência de um conjunto de eventos que acontecem no ambiente do agente e este não descobre alternativas para o seu comportamento diante de uma situação diferente dos seus objetivos iniciais; em geral, elas são construídas a partir de mecanismos de controle simples. A ação do agente ocorre no instante em que ele percebe algum sinal ou estímulo do meio ambiente, agindo num curto espaço de tempo e

baseado numa quantidade de informação restrita e pequena em relação à situação imediata.

Como exemplos das arquiteturas reativas citamos:

- a definida por Brooks, cujo controle das ações é feito através de circuitos eletrônicos;
- a definida por Maes, na qual o controle das ações ocorre através das interações paralelas entre módulos simples, e o método de seleção da ação possibilita que os objetivos sejam explicitados; e
- a definida por Firby, baseada no conceito de pacote de ações reativas.

Arquiteturas híbridas: são aquelas em que a escolha da ação é feita usando alguma combinação entre as técnicas usadas nos tipos reativos e deliberativos. O objetivo desta é suprir as deficiências das outras duas e aperfeiçoar a capacidade de raciocínio e planejamento do agente. São capazes de reagir a situações inesperadas, pois possuem mecanismos para produzir reações a diferentes situações e construir planos usando os recursos computacionais.

Exemplificando as arquiteturas híbridas citamos:

- a PHOENIX proposta por Cohen et al., que é composta por mecanismos quase independentes para a geração das ações;
- a SPR proposta por Georgeff e Lansky, com a finalidade de controlar e executar raciocínios de alto nível de um robô, combinando métodos tradicionais de planejamento com habilidades para reagir a situações inesperadas; e
- a proposta por Ferguson, que possui três camadas separadas de controle: uma reativa, uma de planejamento e uma de modelação que operam concorrentemente e produzem atividades independentes umas das outras.

1.3 Considerações Gerais sobre o Trabalho

Podemos dizer que este trabalho se enquadra na área de Sistemas Tutores Inteligentes cujo ambiente serviu para a construção e observação dos estados mentais (crença, desejo, intenção e expectativa). Utilizamos as características dos Tutores Inteligentes citadas em 1.1, enfatizando, principalmente: a simulação automática, a capacidade de aprendizagem e a descrição do raciocínio.

Seguimos a linha dos Sistemas Multi-Agentes e trabalhamos com dois agentes globais cognitivos autônomos e deliberativos, baseando nossa simulação em máquinas seqüenciais e numa arquitetura de agentes que se preocupa com o comportamento particular de cada estado mental, tratando-os como agentes locais e definindo, para cada um deles, uma arquitetura semelhante a do agente global - tutor ou aluno.

Atribuir estados mentais para um agente máquina ou programa de computador é válido quando os mesmos estados são atribuídos para um agente humano, usando para os dois o mesmo mecanismo de inferência, para compreender seus comportamentos e poder melhorá-los se for o caso [VIC95].

Como já foi dito, escolhemos a arquitetura **SEM** - Sociedade dos Estados Mentais - apresentada e descrita no capítulo dois, item 2.4, por ser deliberativa e permitir a representação dos estados mentais associando-os a agentes locais. Encontramos nesta arquitetura uma definição dos estados mentais sob o ponto de vista que estávamos interessados. Assim, verificamos que a SEM era a arquitetura ideal para formalizar os diálogos propostos por nós.

Ao fazer uso da arquitetura SEM observamos uma maior flexibilidade na interação entre os estados; um melhor acompanhamento do processo de raciocínio dos agentes e das mudanças que ocorrem em cada estado mental. Obtivemos uma visão mais clara e independente do que ocorre com cada estado durante uma interação e o mapeamento da interrelação entre os estados que ocorre através das interações efetuadas pela troca de mensagens entre os agentes locais. Para nós, os itens acima citados,

representam algumas vantagens do uso de uma arquitetura de agentes sobre uma arquitetura funcional composta por módulos.

Em nossa aplicação, os estados mentais representam situações de ensino e aprendizagem realizadas através do paradigma da **EBL - Explanation-Based Learning** - [DEJ86];[MIT86];[SAB89];[COS90];[BAF95] e outros. A diferença entre o uso de técnicas da Aprendizagem Simbólica Automática feita em Sistemas Tutores Inteligentes é que neste os agentes (tutor e aluno) participam ativamente do processo através do acréscimo, reestruturação ou eliminação de seus conhecimentos, ao contrário da aquisição de conhecimentos que ocorre em Sistemas Especialistas, onde o conhecimento é fornecido pelo Engenheiro do Conhecimento e é incorporado ao sistema somente por acréscimo, pois este desempenha um papel passivo.

Em nossa aplicação, para podermos analisar as mudanças que ocorrem nos estados mentais dos agentes durante uma interação de ensino/aprendizagem trabalhamos com as seguintes situações:

- o tutor ensina ao aluno pois este não sabe resolver o problema proposto;
- o aluno acredita que sabe realizar a operação proposta, mas comete um erro que é detectado pelo tutor que se propõe a ensiná-lo;
- o aluno ensina ao tutor como verificar o resultado de uma operação;
- o aluno pode ensinar ao tutor uma maneira diferente e correta de resolver o problema, apresentando uma estratégia diferente da que o tutor conhece e que seja correta.

1.4 Contribuições deste Trabalho

Nossas contribuições com este trabalho:

- relacionam-se com a observação e a análise das mudanças que ocorrem nos estados mentais dos agentes durante uma interação de

ensino/aprendizagem e com a utilização da técnica de explanação/explicação para ambas as situações;

- relacionam-se com o estudo do papel dos estados mentais crença, desejo, intenção e expectativa, vistos e definidos por Corrêa, e associados à agentes locais durante as interações entre tutor e aluno;
- relacionam-se com o desenvolvimento e tratamento das estratégias ou planos de ensino que são os algoritmos de resolução dos problemas;
- relacionam-se com o uso de uma arquitetura de agentes, no lugar da arquitetura funcional usada tradicionalmente pelos Sistemas Tutores Inteligentes;
- relacionam-se com o valor atribuído à urgência em satisfazer desejos e expectativas. Em trabalho anterior [COR94], esta função foi citada, mas não foi tratada. Fizemos aqui tentativas de tratamento, pois isto possibilita a manutenção de diálogos em que os agentes têm prioridades diferentes para serem satisfeitas.

Cabe comentar, ainda, que Corrêa não testou nem analisou as mudanças de estados mentais e as suas relações em situações de ensino/aprendizagem. Em seu trabalho, as estratégias são planos usados por um dos agentes para resolver o problema do outro. Ao trabalhar com as estratégias de ensino, estamos dando um enfoque diferente e inovador ao trabalho, pois nosso interesse é que os agentes aprendam a resolver os problemas e não simplesmente os tenham resolvidos. Neste trabalho, analisamos as estratégias de ensino/aprendizagem, os comportamentos dos agentes tutor e aluno, no caso em que ambos aprendem, e as relações destes comportamentos com os estados mentais destes agentes.

Poderíamos citar, também, como subobjetivos deste trabalho:

- verificar e analisar os erros cometidos pelos alunos ao realizarem a operação de divisão;
- verificar e analisar o que o aluno ensina para o tutor e como este aprende;

- verificar e analisar o que o tutor ensina para o aluno e como este aprende.

Mas, como decidimos trabalhar com dois agentes mecânicos, no lugar de um agente mecânico e um agente humano, conforme proposta inicial, estes subobjetivos ficaram prejudicados por não termos um ambiente real disponível.

1.5 Organização do Texto

O texto está organizado da seguinte forma:

- o capítulo dois descreve os estados mentais dos agentes tutor e aluno de acordo com a definição apresentada pela arquitetura SEM, na qual se baseia a aplicação descrita neste trabalho. Esta arquitetura usa o enfoque da Teoria das Situações também apresentada neste trabalho. Também descrevemos o método de ensino EBL e como ele é usado quando se processa o ensino e a aprendizagem dos agentes durante a interação entre eles;
- o capítulo três descreve a aplicação que consta de três diálogos distintos entre os agentes. É feita uma análise das mudanças que ocorrem nos estados mentais durante as interações no decorrer dos diálogos. Ao descrever passo a passo os diálogos, apresentamos os estados mentais descritos de acordo com o formalismo da Teoria das Situações, na qual se baseia a arquitetura SEM. Descrevemos também as estratégias de ensino usadas pelos agentes para aprender e ensinar um ao outro e a utilização da arquitetura SEM na aplicação e o uso do método EBL descritos anteriormente;
- o capítulo quatro apresenta as conclusões deste trabalho e uma projeção para os trabalhos futuros. Apresentamos tópicos que não foram tratados aqui, mas que são do nosso interesse e que virão enriquecer este trabalho;

- por fim, o anexo apresenta a implementação dos programas e a descrição completa dos mesmos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Serão apresentados e descritos nesta seção os fundamentos da IA e de outras áreas afins que dão embasamento teórico a este trabalho.

Antes de descrever detalhadamente a arquitetura de agentes utilizada, faremos uma breve explanação sobre a definição do termo “agente” do sentido mais amplo até o utilizado neste trabalho.

Explicaremos aqui o uso do método **EBL - Explanation-Based Learning** - que na área de aprendizagem de máquina -“machine learning”- tem sido bastante utilizada e é adotado por nós no sentido de promover ensino/aprendizagem e de melhorar os programas que têm por finalidade principal a resolução de problemas.

Fazemos uso também, neste trabalho, da Teoria das Situações para descrever e representar o domínio do conhecimento dos agentes envolvidos. Esta teoria tem sido usada para representar modelos cognitivos.

2.1. Definições Gerais de Agentes

Segundo Ferber citado por [SIC92], um agente é um ente real ou virtual que surge num ambiente onde ele pode praticar algumas ações; é capaz de perceber e representar parcialmente este ambiente; é capaz de se comunicar com outros agentes e possui um comportamento autônomo que é uma consequência das suas observações, seus conhecimentos e suas interações com outros agentes.

Características que um sistema baseado em conhecimento deve ter para ser chamado de agente, descritas em [SIC92]:

- capacidade de percepção: um agente deve perceber ou compreender seu ambiente e as mudanças que podem ocorrer nele em consequência da ação de outros agentes;

- capacidade de comunicação: um agente deve ser capaz de se comunicar com outros agentes, podendo nesta comunicação haver troca de conhecimento e de planos;
- capacidade de ação: um agente deve ser capaz de realizar ações em seu ambiente para resolver problemas;
- raciocínio social: um agente deve ser capaz de raciocinar sobre as atividades de outros agentes devido à representação interna dos membros da sociedade;
- estrutura de controle: um agente deve ser capaz de decidir quando compreender, comunicar, planejar e atuar; assim esta estrutura deve ter condições de possibilitar a ativação das características acima citadas.

Os **agentes** são sistemas computacionais formados por múltiplos componentes, pequenos e manejáveis, que podem agir sobre eles próprios, sobre o ambiente e cooperar entre si. Do ponto de vista prático, são como um sistema embutido num computador, interagindo com os outros sistemas ou com os seres humanos através da língua natural, como em casos de interfaces homem-máquina [MOU95].

Um agente pode realizar as atividades de: perceber (ou compreender) seu ambiente; comunicar-se com outros agentes; fazer planos para atingir ou realizar a tarefa proposta e executar atividades para resolver os problemas propostos.

Deve haver um mecanismo de controle para garantir a realização da tarefa. Este controle pode ser centralizado (quando um único agente distribui as ações para os outros a fim de que a tarefa seja concluída) ou descentralizado (quando os agentes assumem seus papéis - o que cada um tem condições de fazer - e trocam idéias sobre detalhes para a realização da tarefa).

A descrição interna e externa de um agente é bastante importante. Todo agente deve ter uma representação externa de todos os agentes da sociedade (associação) onde estão descritas as habilidades e capacidades de cada agente. A descrição interna, que é a maneira como o agente se comporta, nem sempre é explícita [SIC92].

Agente autônomo é, segundo Demazeau citado por [SIC 92], o agente que tem sua própria existência independente da existência prioritária de qualquer problema a ser resolvido. Os agentes coexistem num ambiente comum e cada um pode colaborar com os outros para atingir um único objetivo.

O agente autônomo tem a capacidade de atuar inteligente e racionalmente, isto é, tem o controle das suas ações e estados internos. Sua autonomia pode variar dependendo do tipo de arquitetura em que está definido.

Agente inteligente é aquele que se comporta de forma flexível em função do ambiente, segundo Newell citado por [VIC 95], exibindo um comportamento adaptativo e operando em tempo real num ambiente rico e complexo. Todo o agente que pertence à classificação citada acima utiliza enormes quantidades de conhecimento, usando uma linguagem natural e/ou artificial e aprende a partir do ambiente, adquirindo capacidades de desenvolvimento. Tal tipo de agente vive autonomamente dentro de uma comunidade artificial sempre atento sobre si mesmo e sobre o que o rodeia.

Agente reativo é um tipo de agente simples não inteligente que não tem memória, isto é não guarda as ações ocorridas no passado e não prevê as ações possíveis para o futuro. Não possui um modelo de comunicação de alto nível, nem uma representação explícita do ambiente e muito menos do grande número de membros da sociedade. Possui a capacidade de fazer trocas quando seus ambientes mudam e compreende o comportamento dos outros membros quando existem as trocas, pois seu enfoque principal está no comportamento. São agentes não deliberativos (seus objetivos não são explícitos), seu comportamento é emergente e possuem uma fina granularidade, isto é, um fino grau de detalhe do conhecimento.

Agente cognitivo é um agente deliberativo (objetivos explícitos), possui uma grande granularidade; é inteligente e está baseado no modelo de organização social das sociedades humanas. Pode raciocinar sobre as ações do passado e fazer planos para futuras ações. Seu enfoque principal é a representação explícita do ambiente e dos poucos membros da sociedade.

Segundo Corrêa e Drestke citados por [COR94], os agentes cognitivos são agentes que possuem a capacidade de compreender o ambiente onde estão atuando, discriminar e identificar objetos e indivíduos, propriedades e relações que ocorrem entre os indivíduos num determinado ambiente e possuem meios para manipular, extrair e utilizar a informação obtida. De acordo com a teoria das situações, descrita em 2.3, eles são capazes ainda de identificar situações, se comportar de acordo com elas e de discriminar localizações temporais e espaciais.

Agentes globais e locais: Corrêa, em seu trabalho, classificou os agentes autônomos em agentes globais e locais para facilitar o tratamento entre eles e observar melhor as interações e a troca de mensagens que ocorriam. Estes dois tipos de agentes conservam as mesmas características dos agentes cognitivos autônomos. O agente global é o agente que emerge da sociedade formada pelos agentes locais e é visto como um todo, com todas as propriedades peculiares a um agente. Cada agente global é composto por estados mentais e, neste trabalho, fazemos destaque aos estados *crença*, *desejo*, *intenção* e *expectativa* que são nosso objeto de estudo e observação. Sendo assim, ao adotarmos a arquitetura SEM, que associa a estes estados mentais agentes locais, observamos que suas propriedades decorrem das definições, propriedades e relações dos estados mentais. A interação entre os agentes globais é resultante da interação entre os agentes locais que acontece através da troca de mensagens.

Neste trabalho, os agentes tutor e aluno são vistos e tratados como agentes globais, apresentando as características dos agentes cognitivos autônomos. Cada um destes agentes globais - tutor e aluno - os quais chamaremos simplesmente de agentes, possui os estados mentais - *crença*, *desejo*, *intenção* e *expectativa* - bem definidos e tratados como agentes locais. No texto os termos *crença*, *desejo*, *intenção* e *expectativa* vão ser confundidos com os termos agente local *crença*, agente local *desejo*, agente local *intenção* e agente local *expectativa* como vício de linguagem.

2.2 Método EBL de Aprendizagem por Explicação

EBL é uma técnica de aprendizagem que trabalha criando uma explicação sobre a compatibilidade entre um exemplo e uma teoria. Utiliza a explanação para produzir uma definição conceitual mais útil [MIT86].

Na área de aprendizagem de máquina - “Machine Learning” - de acordo com [BRU 89];[SAB 89] uma técnica que tem sido bastante utilizada é a EBL e está sendo desenvolvida como um método para melhorar o procedimento de programas que têm por finalidade resolver problemas. Os sistemas EBL derivam regras novas e as adicionam à base de conhecimento, mas nunca removem as regras antigas. As regras novas são adicionadas ao programa para proporcionar maior eficiência para a resolução de problemas. A técnica usada em EBL é basicamente um processo de avaliação parcial ou desdobramento e preocupa-se quase que exclusivamente com o conteúdo lógico das regras. Um exemplo (de treinamento) é usado para controlar o processo acima citado.

No final dos anos 50, John McCarthy declarou que “nosso objetivo último é fazer programas que aprendam de suas experiências, como os seres humanos fazem” segundo Cohen citado por [MIN89].

No passado, os programas que usavam o método EBL aprendiam observando a solução de problemas, ignorando falhas e vários impasses que surgiam durante a resolução dos mesmos. Uma estratégia utilizada para melhorar a solução de um problema é basear a aprendizagem desta solução em soluções bem sucedidas de problemas semelhantes. Considera-se que o método EBL, ao utilizar a teoria do domínio para guiar o processo de aprendizagem, deu o passo principal em direção à aprendizagem. Este foi seguido por PRODIGY, citado e descrito em [MIN89], que é um programa independente de domínio e que adquire novos conhecimentos através da análise de suas experiências e interagindo com um especialista. Utilizando a EBL, que é uma técnica que fornece um mecanismo para melhorar a resolução de problemas através de procedimentos baseados na observação de exemplos, o programa PRODIGY obteve ótimos resultados.

O método EBL surgiu na década de 80 quando vários pesquisadores, entre eles De Jong, Silver, Mitchell e Carbonell citados por [MIN89], trabalhavam independentemente em projetos variados em cima do mesmo propósito, que era analisar o porquê da observação de exemplos apresentar propriedades significativas. Estes projetos focavam sua atenção em estudos da aprendizagem, usando métodos analíticos que tratavam os exemplos de conceitos como mais do que simples coleções de características independentes, e cada exemplo era considerado dentro de um contexto de conhecimento anterior [MIN89].

O termo **EBL - Explanation-Based Learning** - foi sugerido por De Jong e foi muito bem aceito, pois significava, ou melhor, resumia a essência do modelo dos projetos que trabalhavam com o tipo de aprendizagem citado, usando método analítico de aprendizagem. Tal método trabalhava a partir de um modelo completo e dele construía explicações e um modelo para resolver (ou explicar) problemas semelhantes. A partir de um exemplo completo, bem detalhado e bem definido, constrói-se um modelo que possui os dados essenciais do modelo inicial e, a partir deste modelo simplificado, mas potente e significativo, explica-se problemas com as mesmas características do inicial, de uma maneira mais simples e mais rápida, facilitando a compreensão e a aprendizagem. É necessário ter um exemplo completo e bem definido para, a partir dele, construir e generalizar a explicação. É muito mais fácil aprender por caminhos simplificados, mas significativos do que por caminhos complexos.

A base da EBL surgiu da aprendizagem analítica de programas como STRIPS, HAECKER, GENESIS, WATERMAN'S POKER PLAYER citados e descritos em [MIN89], que melhoraram seu desempenho, baseando-se em experiências anteriores. O poder destes programas origina-se da habilidade para construir uma explicação depois de observar um simples exemplo.

O STRIPS é um programa que constrói planos, ou seja, determina condições sob as quais dois blocos se movem, um empurrando o outro. Os programas que surgiram depois dele, usam sua base de conhecimentos para que a aprendizagem se realize

O GENESIS é um sistema que aprende um novo esquema a partir de uma narrativa completa feita em língua natural. Generaliza a explicação, eliminando detalhes que só enfeitam a história, como, por exemplo, algumas características dos personagens e aprende a deduzir que o novo esquema simplificado é semelhante ao esquema completo. Por exemplo, a história completa narra um seqüestro e, a partir dela, todas as histórias com as características da completa sugerirão um seqüestro e serão resolvidas de maneira semelhante.

Existe também o programa de Minton [MIN89], que descreve um jogo de xadrez que aprende analisando por que seu oponente é capaz de forçá-lo a uma armadilha.

Muitos pesquisadores estão trabalhando atualmente com os princípios básicos das técnicas da EBL, adaptando e aperfeiçoando estes princípios de acordo com suas necessidades, adequando-os a suas experiências e em seus trabalhos como por exemplo.

- o algoritmo EBL*DI desenvolvido por Segre e Elkan em [SEG94] que usa uma estrutura formal na qual técnicas da EBL tradicional são reconstruídas como uma explicação para a aplicação estruturada da transformação de operadores;
- o algoritmo DOLPHIN desenvolvido por Zelle e Mooney em [ZEL93] que combina técnicas da tradicional EBL com recentes desenvolvimentos em programação de lógica indutiva para melhorar a eficiência dos programas Prolog;
- EBNN desenvolvido por Thrun e Mitchell em [THR93] que é um método de aprendizagem baseada em explicação, utilizando representação por redes neurais que procuram alcançar determinadas propriedades. A teoria do domínio é representada por uma coleção de redes neurais artificiais e o conceito alvo é representado por uma rede neural adicional ou por uma representação alternativa do valor de uma função real;

- o algoritmo IA-EBL desenvolvido por Cohen em [COH94] que pode ser visto como um algoritmo para aprender um conceito descrito por um conjunto de regras;
- Tutor C⁺⁺ desenvolvido por Baffes e Mooney em [BAF95] que é um tutor inteligente construído utilizando o programa ASSERT e que se propõe a ensinar conceitos da linguagem C⁺⁺. O programa utiliza uma técnica de aprendizagem de máquina chamada Teoria do Refinamento que é um método que revisa automaticamente uma base de conhecimentos, constrói modelos de estudantes para tutores inteligentes que trabalham com aprendizagem de conceitos e constrói uma biblioteca de erros automaticamente utilizando interações dos estudantes e resultados apresentados por eles.

Mitchell, Keller e Kedar-Cabell descrevem em [MIT86] uma abordagem unificada para EBL e chamam-na de EBG - Explanation-Based Generalization - a qual esclarece aspectos comuns dos vários sistemas surgidos desde o STRIPS. Uma das principais contribuições da EBG é que as explicações são identificadas com provas, dando assim um significado mais preciso ao termo explicação. Além disso, os pesquisadores acima citados sugeriram uma especificação mais clara da entrada e saída do método EBL, modularizando o método como veremos a seguir.

Descrevemos abaixo a metodologia da EBL definida segundo [COS90], [DEJ86];[MIT86];[SAB89]:

Dados (entradas do sistema clássico):

- um conceito alvo: uma meta a atingir, um objetivo ou o que deve ser aprendido;
- uma teoria do domínio: regras e fatos sobre o domínio para construir explicações;
- um exemplo de treinamento: exemplo para chegar no alvo;

- um critério de operacionalidade: define o que é significativo para a descrição ser útil; uma especificação de como a definição a ser aprendida deve ser apresentada.

Determinar:

- uma generalização do exemplo de treinamento que seja uma definição suficiente do objetivo a ser alcançado, satisfazendo o critério de operacionalidade.

O conceito é generalizado a partir de um simples exemplo pela análise do por que este exemplo é um exemplo do conceito.

A explicação identifica as características relevantes do exemplo que são condições suficientes para descrever o conceito. Uma explicação é uma prova de que o exemplo escolhido é um exemplo válido para o conceito.

A explicação responde à pergunta: Por que o exemplo escolhido, ou seja, o exemplo de treinamento é um exemplo para o conceito alvo?

O propósito da EBL é produzir a descrição de conceitos que permitam que exemplos de conceito sejam reconhecidos eficientemente.

Os conceitos denotam conjuntos de exemplos, ou seja, um conceito “caixa” refere-se ao conjunto de objetos identificados como caixa.

Usando a teoria, cria-se uma explicação mostrando por que o exemplo de treinamento é um exemplo positivo para determinado objetivo.

O critério de operacionalidade determina os níveis da árvore de prova. Assim, usando o processo de regressão do objetivo, a explicação é generalizada a fim de produzir uma nova definição operacional do conceito. Através das entradas já citadas, tenta-se determinar uma generalização operacional para o treinamento de exemplos que constrói uma condição suficiente ou condições suficientes para reconhecer o conceito alvo. Assim sendo, o conhecimento geral é transformado em conhecimento operacional.

Uma questão comum sobre o uso da EBL é:

Em que sentido o sistema aprende se ele começa com uma definição do conceito alvo, ou seja, do objetivo a ser alcançado?

Para que haja uma interação entre os agentes inteligentes - no nosso caso, o tutor e o aluno - é necessário que o tutor construa o modelo do aluno e que o aluno construa o modelo do tutor. Os modelos do aluno e do tutor devem possuir crenças, planos, objetivos, atitudes e intenções. O tutor deve representar as crenças do aluno sobre o conhecimento dele a respeito do domínio a ser ensinado e, em função delas e dos problemas apresentados construir planos de ensino e planos para acompanhar o raciocínio do aluno ao resolver ou tentar resolver o problema proposto. **A nosso ver, numa nova visão**, isto nada mais é do que o tutor, através da análise feita sobre as crenças do aluno, construir estratégias ou planos de ensino para acompanhar o raciocínio desenvolvido pelo aluno para resolver um problema proposto a fim de **satisfazer um desejo específico**. O tutor deve conhecer os estados mentais do aluno, analisá-los e realizar inferências com base nestas observações. Por sua vez, o aluno também deve conhecer os estados mentais do tutor para que haja uma boa interação entre os agentes e para que o objetivo principal (desejo principal) seja então satisfeito. Durante a interação, o tutor trabalha para descobrir e revisar as crenças que possui sobre o aluno, envolvendo-se em atividade dinâmica com a intenção de definir e construir o modelo do aluno, analisando a solução do problema por ele apresentada.

Segundo [COS90], analisando-se os tutores inteligentes como um caso especial da interação entre dois agentes racionais - que possuem crenças, planos e objetivos - e a idéia da mente como uma coleção de conjuntos de crenças inter-relacionadas, o problema do modelo do aluno passa a ser: como melhorar sua coleção de conjunto de crenças a partir do resultado obtido pela interação. O modelo do aluno é um conjunto de conjuntos de crenças e cada conjunto pode ser visto como um subagente que pode ser decomposto em outros subagentes e assim por diante.

Surgem então dois problemas: a identificação de subagentes, responsáveis pelo comportamento do aprendiz e o entendimento do funcionamento do aprendiz, ou

seja, como ele age. Usando a técnica descrita no método EBL, Costa afirma que é possível determinar ou resolver os dois problemas ao mesmo tempo.

O problema do modelo do aluno pode ser declarado em termos da EBL como:

Dado:

- conceito alvo: um conceito desconhecido, a ser aprendido pelo aluno;
- teoria do domínio: conjunto de crenças atribuídas ao aluno pelo tutor;
- exemplo de treinamento: um par de perguntas e respostas;
- critério de operacionalidade: a explicação deve ser dada usando apenas predicados da teoria do tutor ou outros, dados explicitamente pelo aluno.

Determinar: uma explicação operacional para a resposta do estudante.

O agente que ensina define, através de suas crenças sobre o domínio, as estratégias de ensino baseadas em suas crenças sobre o conhecimento do outro agente(o aluno) de acordo com o modelo do agente que vai aprender. Este tem um desejo que é em geral resolver o problema proposto pelo outro agente. Para resolvê-lo, o agente constrói e executa suas estratégias, utilizando suas crenças, sua interpretação ao problema apresentado e o seu conhecimento em relação ao domínio em estudo. A capacidade de aprendizagem pode ser considerada como um caso especial de interação entre agentes inteligentes, os quais acreditam que a execução de ações por eles determinada levam à realização de seus objetivos. Tal interação ocorrerá no momento em que o tutor construir o modelo do aluno e este o do tutor [VIC93].

O método EBL cria uma generalização da **explicação (prova) operacional** e esta é guardada pelo **agente que aprende** em sua base de conhecimentos. São conservadas as crenças e as estratégias já existentes sempre que verdadeiras e eliminadas as falsas.

A aprendizagem usando o método de ensino com técnicas da EBL é viável quando se dispõe de uma boa teoria formal que descreva o domínio da aplicação [OLI92].

2.3 Teoria das Situações

Neste trabalho usamos a arquitetura de agentes autônomos cognitivos definida por Corrêa em [COR94] e descrita no item 2.4. Esta arquitetura utiliza em sua definição uma representação formal e simbólica baseada na Teoria das Situações desenvolvida por Barwise e Perry em [BAR83] e Devlin em [DEV91]. Segundo eles, o fluxo de informações é considerado como conceito básico, e a inferência é considerada como uma atividade através da qual certos fatos ou itens de informação à cerca do mundo são usados de modo a obter informação adicional. Corrêa se baseou principalmente no ponto de vista apresentado por Devlin, cujo objetivo era desenvolver uma teoria matemática da informação, a fim de apresentar um modelo matemático apropriado da informação obtida a partir da interação entre agentes, comparar o fluxo de informação subjacente aos processos de comunicação e à interpretação da realidade. O enfoque apresentado por ele não é dirigido a uma teoria da linguagem como o apresentado por Barwise e Perry.

Por se tratar de uma teoria com implicações na Psicologia e na Ciência Cognitiva bastante profunda e complexa, da qual somente utilizamos o simbolismo e inspirações, não nos aprofundaremos neste tema, pois isto foge ao escopo deste trabalho. Para maiores esclarecimentos ver [DEV91];[BAR83].

Faremos apenas uma descrição superficial desta teoria, apresentando a sintaxe e a semântica utilizadas neste trabalho com a finalidade de familiarizar o leitor com os termos utilizados. Assim, nosso objetivo é utilizar o formalismo e o simbolismo desta teoria para descrever as interações entre os agentes, da mesma maneira como Corrêa a utilizou.

A Teoria das Situações surgiu a partir da hipótese de que os agentes cognitivos são capazes de identificar objetos, situações, sucessões de situações, fazer referências a situações e comportar-se de acordo com elas, e discriminar localizações espaciais e temporais.

A construção do modelo matemático da teoria apresentado por Devlin requer que se tenha um conjunto teórico de entidades que tenham algumas características da situação real e fornece uma representação matemática para a uniformidade dos tipos que fazem parte da teoria. Ela admite situações dentro da sua ontologia ao lado dos tipos de entidades familiares como indivíduos, relações e localizações (espaciais e temporais). As situações são para a teoria um novo tipo de entidade que provavelmente requer novas técnicas para a sua aplicação e manuseio.

Situações são um conjunto de coisas do mundo real, coisas ou objetos para serem estudados ao lado de indivíduos, relações, propriedades e localizações temporais e espaciais. As situações estão dentro da informação, ou seja, fazem parte das informações, são estruturas relativas ao agente e é possível obter informações relacionando-as e nomeando-as [DEV91].

Existem as situações reais que são as definidas abaixo, e situações abstratas que são um conjunto de infons, ou seja, os itens de informação.

A situação real é obtida pelo agente através do seu contato com o mundo; são partes do mundo obtidas pelo agente através de algum esquema de individualização devido ao seu contato direto com ele.

A situação abstrata é um conjunto teórico de objetos matemáticos usado para representar a situação real; é um conjunto finito de informações; é uma construção matemática formada por relações, indivíduos, localizações espaciais e temporais e polaridades.

Pelo exposto acima, pode-se dizer que a Teoria das Situações trabalha com situações abstratas para classificar as situações reais. Para toda situação real existe

uma situação abstrata correspondente, mas nem toda situação abstrata corresponde a uma situação real [DEV 91].

A Teoria das Situações possui elementos primitivos que participam das situações existentes no mundo real: os indivíduos; as propriedades ou relações entre os indivíduos; as localizações espaciais; as localizações temporais.

A inclusão de situações, segundo Devlin, como elemento (primitivo) da teoria é o que a caracteriza e a diferencia de outras teorias relacionadas com informações.

Os elementos primitivos acima citados são chamados de objetos da teoria ou simplesmente objetos. Os objetos são reconhecidos, discriminados e considerados como individualidades entre várias situações.

Existem situações que apresentam uma mesma uniformidade entre elas, ou seja, situações onde variam alguns objetos (por exemplo, os indivíduos e as localizações), e os demais são constantes. Tais situações são chamadas de **situações tipo** e pode-se dizer que elas representam uma ação qualquer, num local e num tempo determinados. Destacamos os parâmetros, que são as variáveis usadas para representar objetos arbitrários (indivíduos, relações e localizações) de mesmo tipo.

Cada parâmetro (ou variável) recebe um valor atribuído pela função atribuição de valores chamada de **âncora**, e definida por:

Seja **f** a função **âncora** que associa todo parâmetro de U (conjunto de parâmetros) a um elemento de V (conjunto de objetos), assim

$$f: U \rightarrow V$$

$$p \rightarrow x, \text{ onde } f[p] = x, \text{ e lê-se } f \text{ ancorado em } p.$$

Pinheiro em [PIN91] afirma que a Teoria das Situações, por sua própria construção, é vista como um instrumento para que se façam análises das relações

existentes no ambiente entre os indivíduos e os objetos que participam do mundo, entre eles, o homem e a máquina. Para ele, esta teoria apresenta como características gerais:

- os elementos primitivos das situações abstratas são tomados como sendo os mesmos elementos constituintes das situações do mundo (ou reais);
- a partir destes elementos primitivos são construídos os demais elementos da teoria: estado de coisas, situações, tipos de situações, etc;
- a semântica das situações é desenvolvida, em linhas gerais, do seguinte modo: dada uma expressão qualquer acerca do mundo, lingüística ou não, a situação abstrata é utilizada para determinar o significado e o conteúdo desta expressão; o significado é tido como uma relação entre situações e conteúdo como o conjunto das situações de mundo (ou reais) que atendem a esta relação; a definição do significado e conteúdo ocorrem no âmbito de uma estrutura de situações que, entre outras coisas, é utilizada para determinar se uma situação carrega informação acerca de outra ou não.

A seguir apresentamos a sintaxe e a semântica da teoria das situações que são utilizadas neste trabalho. A sintaxe e a semântica desta teoria com uma descrição completa, e rigorosa pode ser encontrada em detalhes em [BAR83];[DEV91].

2.3.1 Sintaxe

Símbolos (< símbolo >) são:

a, a_0, a_1, \dots, a_n → para denotar indivíduos

t, t_0, t_1, \dots, t_n → para denotar localizações temporais

l, l_0, l_1, \dots, l_n → para denotar localizações espaciais

A, A_0, A_1, \dots, A_n → para denotar agentes

s, s_0, s_1, \dots, s_n → para denotar situações

$x, x_0, x_1, \dots, x_n \rightarrow$ para denotar objetos (indivíduos, localizações temporais e espaciais, agentes, relações e situações)

Símbolos de infons (< símbolo de infon >) são:

$\sigma, \rho, \sigma_0, \sigma_1, \dots, \sigma_n \rightarrow$ para denotar infons

Parâmetros associados a infons (< parâmetro infon >) são:

$\sigma', \sigma'_0, \sigma'_1, \dots, \sigma'_n \rightarrow$ para denotar parâmetros associados aos infons

Símbolos de relações (< símbolo de relações >) são:

$R, R_0, R_1, \dots, R_n \rightarrow$ para denotar relações e propriedades

Símbolos de tipos (< símbolo de tipo >) são:

$T, T_0, T_1, \dots, T_n \rightarrow$ para denotar tipos

Símbolos de proposições (< símbolo de proposições >) são:

$P, P_0, P_1, \dots, P_n \rightarrow$ para denotar proposições

Polaridade dos infons (< polaridade >) é:

i que varia entre 1 e 0, assim, $i = 1$ ou $i = 0$

Infon (< infon >) é:

$\langle \langle \langle \text{símbolo de relações} \rangle, \text{símbolo} \rangle_1, \dots, \langle \text{símbolo} \rangle_n, \langle \text{polaridade} \rangle \rangle$

Expressão de símbolos de infons (< expressão de símbolos de infons >) é:

< símbolo de infons > ou

< símbolo de infons > \wedge < expressão de símbolos de infons > ou

$\langle \text{símbolo de infons} \rangle \vee \langle \text{expressão de símbolos de infons} \rangle$

Expressão de infons ($\langle \text{expressão de infons} \rangle$) é:

$\langle \text{infor} \rangle$ ou

$\langle \text{infor} \rangle \wedge \langle \text{expressão de infons} \rangle$ ou

$\langle \text{infor} \rangle \vee \langle \text{expressão de infons} \rangle$

Conjunto de infons ($\langle \text{conjunto de infons} \rangle$) é:

$\{ \langle \text{infor} \rangle \}$ ou

$\{ \langle \text{infor} \rangle_1, \dots, \langle \text{infor} \rangle_n \}$

Conjunto de símbolos de infons ($\langle \text{conjunto de símbolos de infons} \rangle$) é:

$\{ \langle \text{símbolo de infor} \rangle \}$ ou

$\{ \langle \text{símbolo de infor} \rangle_1, \dots, \langle \text{símbolo de infor} \rangle_n \}$

Expressão de situações ($\langle \text{expressão de situações} \rangle$) é:

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \cup \langle \text{símbolo de situação} \rangle$ ou

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \cup \langle \text{expressão de situação} \rangle$

Expressão ($\langle \text{expressão} \rangle$) é:

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \models \langle \text{expressão de infons} \rangle$ ou

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \models \langle \text{expressão de símbolos de infons} \rangle$ ou

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \models \langle \text{conjunto de infons} \rangle$ ou

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \models \langle \text{conjunto de símbolos de infons} \rangle$ ou

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \models \langle \text{expressão de situações} \rangle$ ou

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \sqsubseteq \langle \text{símbolo de situação} \rangle$ ou

$\langle \text{símbolo de situação} \rangle \supseteq \langle \text{símbolo de situação} \rangle$

Tipo ($\langle \text{tipo} \rangle$) é:

$[\langle \text{parâmetro} \rangle \mid \langle \text{símbolo de situação} \rangle \models \langle \text{expressão de infons} \rangle]$

Situação de tipo (< situação de tipo >) é:

[< parâmetro situação > | < símbolo de situação > |=
 < expressão de infons >] ou
 < símbolo de situação > |= < expressão de infons > ou
 < símbolo de situação > : < símbolo de tipo >

2.3.2 Semântica

1. Seja R uma relação de n argumentos e x_0, x_1, \dots, x_n os seus argumentos, que são objetos quaisquer com tipo determinado e fixo. O item de informação é chamado de **infon**, denotado por σ e definido por Devlin como sendo uma **$n + 2$ -tupla** com a seguinte estrutura:

$\langle\langle R, x_0, x_1, \dots, x_n, i \rangle\rangle$ sendo $i \in \{0, 1\}$ e significa que:

x_0, x_1, \dots, x_n tem a relação R quando i é igual à 1 e

x_0, x_1, \dots, x_n não tem a relação R quando i é igual à 0.

Assim temos, σ |= $\langle\langle R, x_0, x_1, \dots, x_n, i \rangle\rangle$ como sendo um infon.

Exemplos:

a) $\langle\langle \text{maior}, 8, 3, 1 \rangle\rangle$ existe a relação “maior” entre os números 8 e 3

b) $\langle\langle \text{menor}, 6, 2, 0 \rangle\rangle$ não existe a relação “menor” entre os números 6 e 2

Genericamente, quando desejamos representar que uma informação ocorre devido a uma determinada situação s , escrevemos a relação, que nada mais é que uma proposição:

s |= σ e lê-se “ s suporta σ ” ou σ é um item de informação que ocorre na situação s .

2. Seja I um conjunto de infons e s uma situação:

$s \models I$ se e somente se $s \models \sigma$ para todo infon $\sigma \in I$

3. Seja x um objeto de qualquer tipo (exceto do tipo infon ou do tipo situação) e T um tipo definido por $[x \mid s \models \sigma]$ onde s é uma situação e σ é um infon (ou expressão de infons), temos:

$x : T$ (o objeto x é do tipo T ou objeto tipo T) se e somente se existe uma função f tal que $s \models \sigma[f]$ onde $f(x') = x$.

4. Seja s um objeto de tipo situação e T um tipo definido por $[s \mid s \models \sigma]$ onde s é um parâmetro associado à situação e σ é um infon (ou uma expressão de infons), temos:

$s : T$ (a situação é do tipo T) se e somente se $s \models \sigma$.

5. $s \models \sigma \wedge \rho$, onde s é uma situação, σ e ρ são infons, se e somente se $s \models \sigma$ e $s \models \rho$.

6. $s \models \sigma \vee \rho$, onde s é uma situação, σ e ρ são infons, se e somente se $s \models \sigma$ ou $s \models \rho$, ou ambas.

2.4 A Arquitetura SEM

Apresentamos e descrevemos aqui a arquitetura de agentes escolhida por nós para ser usada neste trabalho e que possui um formalismo adequado para representar o raciocínio utilizado pelo agente-tutor e pelo agente-aluno para atingir a solução de um problema ou alcançar algum objetivo. Esta é uma arquitetura deliberativa na qual cada agente global possui quatro agentes locais relacionados com os estados mentais - crença, desejo, intenção e expectativa. Ela também apresenta uma especificação de quais e como

são os processos internos que possibilitam a realização das interações que o agente realiza com o mundo. Ao desenvolver esta arquitetura, Corrêa verificou que era necessário uma teoria que descrevesse e explicasse os fenômenos dos comportamentos dos agentes tais como as relações formais entre crenças, desejos, intenções, expectativas, ações e uma definição precisa do que sejam estes estados mentais. Para isto utilizou o formalismo e o simbolismo da Teoria das Situações descrita em 2.3.

A arquitetura SEM, Sociedade dos Estados Mentais, desenvolvida por Corrêa e apresentada em [COR94], é uma arquitetura genérica de agente cognitivo, deliberativo e autônomo, cuja característica fundamental é que a especificação do agente é feita somente através dos estados mentais crença, desejo, intenção e expectativa. Toda a teoria sobre o comportamento do agente fundamenta-se no fato do projetista necessitar apenas especificar quais são os estados mentais do agente. Assim, a compreensão de um agente é obtida através da determinação dos seus estados mentais. Esta arquitetura é dita deliberativa porque a ação é feita através de uma deliberação explícita sobre diferentes opções, por exemplo: usando um modelo interno do mundo, um plano ou considerando alguma função que avalia uma ação conforme sua utilidade [COR94]. O agente tem a capacidade de conhecer o que está fazendo no momento da ação que é compreendida e descrita por ele.

Na arquitetura SEM, a definição dos estados mentais do agente é feita de acordo com a Teoria das Situações. Por exemplo, a representação das crenças não é feita usando mundos possíveis ou no modelo sentencial de crenças (sobre estes modelos ver [GEN87]). Como foi mostrado em [COR93];[COR94], o comportamento do agente, representado pelas ações através das quais ele interage com outro agente e no mundo, resulta das relações causais entre estes estados mentais que são o núcleo a partir do qual é definida a arquitetura do agente. Este núcleo é composto por quatro agentes locais autônomos: agente local crença, agente local desejo, agente local intenção e agente local expectativa, cada um correspondendo, respectivamente, aos estados mentais crença, desejo, intenção e expectativa. Estes agentes locais interagem entre si, comunicando-se através de mensagens.

2.4.1 Função dos Agentes Locais

Conforme já foi dito, cada um dos agentes locais possui funções específicas decorrentes das definições, propriedades e relações dos estados mentais, que serão descritas a seguir.

Agente local crença, que age como supervisor das crenças do agente, tem a função de:

- criar crenças;
- alterar crenças;
- inferir crenças;
- deduzir crenças;
- construir estratégias e planos;
- fazer o que diz respeito ao raciocínio do agente.

Agente local desejo, que supervisiona os desejos do agente, tem a função de:

- criar desejos;
- alterar desejos;
- atribuir ou alterar os valores de urgência, intensidade e insistência dos desejos;
- produzir intenções a partir de desejos;
- verificar se os desejos estão ou não sendo satisfeitos.

Agente local intenção, que supervisiona as intenções do agente, tem a função de:

- selecionar as intenções a serem satisfeitas num determinado momento;
- realizar as intenções, ou seja, escolher e executar as ações apropriadas para a realização de determinada intenção;
- interromper ou cancelar a realização de alguma intenção;

- atribuir ou alterar os valores de urgência, intensidade e insistência das intenções.

Agente local expectativa, que supervisiona as expectativas do agente, tem a função de:

- verificar se uma expectativa está ou não satisfeita;
- atribuir valores à urgência, intensidade e insistência das expectativas;
- determinar ações e desejos para a satisfação das expectativas;
- produzir/criar expectativa, se necessário;
- causar crenças e desejos.

2.4.2 Descrição da Comunicação entre os Agentes Locais

Cada um dos agentes locais tem funções específicas decorrentes das definições, propriedades e relações dos estados mentais a eles associados. A arquitetura SEM se preocupa com o comportamento particular de cada agente local que possui estruturas bem definidas e uma arquitetura semelhante à dos agentes globais. É através da troca de mensagens entre estes agentes locais que os agentes globais interagem.

A figura a seguir, de acordo com [COR94], mostra a interação entre os agentes locais que é feita através das ações de comunicação que estes agentes realizam entre si, ou seja, através das trocas de mensagens que eles efetuam entre si.

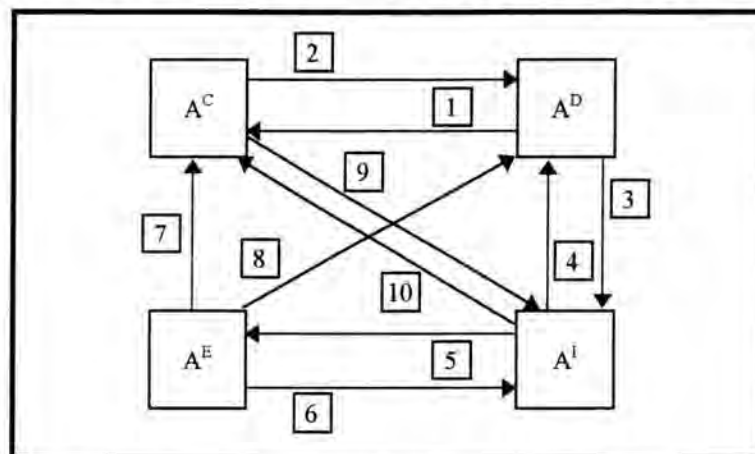


Figura 2.1 - Interações entre os agentes locais: A^C , A^D , A^I e A^E

Descrevemos agora alguns tipos de mensagens que ocorrem entre os agentes locais representados na figura (A^C (crença), A^D (desejo), A^I (intenção) e A^E (expectativa)) :

- (1) $D \rightarrow C$: A^D envia mensagem ao A^C , pedindo que verifique se é possível realizar objetivo P , ou seja, solicita: verifica se há possibilidade de construir um plano para satisfazer P ou constrói um plano para satisfazer o desejo P .
- (2) $C \rightarrow D$: A^C responde para A^D : Sim ou Não, ou seja: não é possível satisfazer o desejo P ; o plano para satisfazer o desejo P está descrito em K ou o desejo P vai ser satisfeito pela intenção a ele associada, através do plano K .
- (3) $D \rightarrow I$: A^D envia mensagem ao A^I , pedindo que considere o desejo de alcançar ou satisfazer o objetivo P , ou seja: realiza a intenção X ou considera a intenção associada ao desejo Y .
- (4) $I \rightarrow D$: A^I envia mensagem ao A^D , solicitando que verifique se é possível ao conjunto de crenças ativar algum desejo.
- (5) $I \rightarrow E$: A^I envia mensagem ao A^E , pedindo que inclua a expectativa Z .
- (6) $E \rightarrow I$: A^E envia mensagem ao A^I , pedindo que faça uma ação para satisfazer a expectativa Z .
- (7) $E \rightarrow C$: A^E envia mensagem ao A^C , solicitando que considere a crença Q .
- (8) $E \rightarrow D$: A^E envia mensagem ao A^D , pedindo que considere o desejo Y .
- (9) $C \rightarrow I$: A^C envia mensagem ao A^I , solicitando que construa um plano para satisfazer ou alcançar o objetivo P , ou seja: constrói um conjunto inicial de crenças para compor o contexto da interação, criar e executar o plano para satisfazer a intenção associada ao desejo P .
- (10) $I \rightarrow C$: A^I envia mensagem ao A^C , pedindo que selecione um conjunto inicial de crenças para compor o contexto da interação para

satisfazer a intenção X, ou seja: a intenção vai ser satisfeita através do plano K.

Na aplicação descrita no capítulo três, os agentes globais - tutor e aluno - se comunicam por intermédio de seus agentes locais.

Baseados nas definições já apresentadas e nos estudos realizados sobre a arquitetura aberta dos STI, construímos uma arquitetura de agentes para STI (composta basicamente pelos agentes locais) conforme figura 2.2. A arquitetura proposta mostra como é feita a troca de mensagens entre os agentes locais e como os agentes globais se comunicam.

O agente global tutor através de seu agente local desejo envia uma mensagem (uma ação, uma explicação ou uma comunicação) ao agente global aluno que a recebe através de seu agente local intenção. Este verifica o desejo a ele associado, acionando o agente local desejo. Por outro lado a intenção junto com o processo de inferência verifica se existe uma estratégia para satisfazer o desejo associado. Em conjunto com o agente local crença o agente local intenção que já possui a estratégia de ensino determinada controla a execução desta e envia ao agente global tutor a mensagem de que a ação solicitada foi realizada (ou não) com sucesso (ou não) e esta é recebida pelo tutor através de seu agente local desejo que aciona os demais para confirmar a satisfação do desejo e enviar nova mensagem ou aguardar nova mensagem por parte do aluno. O agente global tutor pode receber do agente global aluno uma ação que é a resposta a uma solicitação feita pelo tutor ao aluno através da troca de mensagens entre os agentes locais desejo (do tutor) e intenção (do aluno), ou uma ação que é uma solicitação feita pelo aluno ao tutor. O tutor quando recebe uma solicitação do aluno através do seu agente local desejo, aciona a intenção a ele associada que aciona as crenças e as estratégias para verificar qual a mais adequada para resolver ou satisfazer o desejo em questão e assim que possui a estratégia de ensino adequada e o desejo satisfeito envia uma mensagem ao aluno através do agente local desejo comunicando que o desejo foi satisfeito. O aluno recebe tal mensagem, confirma a satisfação do desejo e fica aguardando nova mensagem.

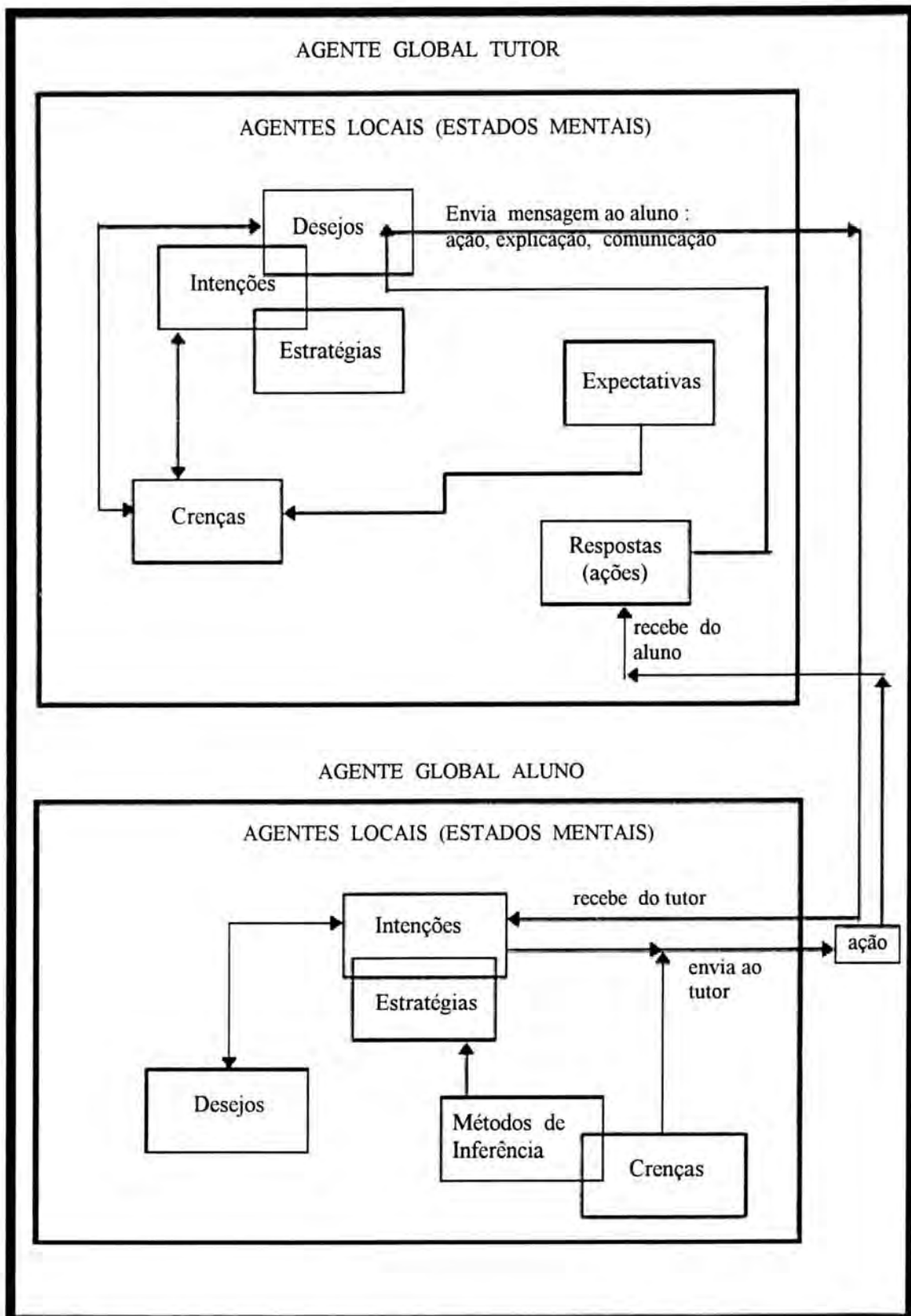


Figura 2.2 - Arquitetura de Agentes para Sistemas Tutores Inteligentes

A seguir mostramos alguns ciclos da interação que ocorre durante a aplicação.

Na figura 2.3, temos a troca de ações e de mensagens entre os agentes locais desejo, crença e intenção, conforme descrito abaixo:

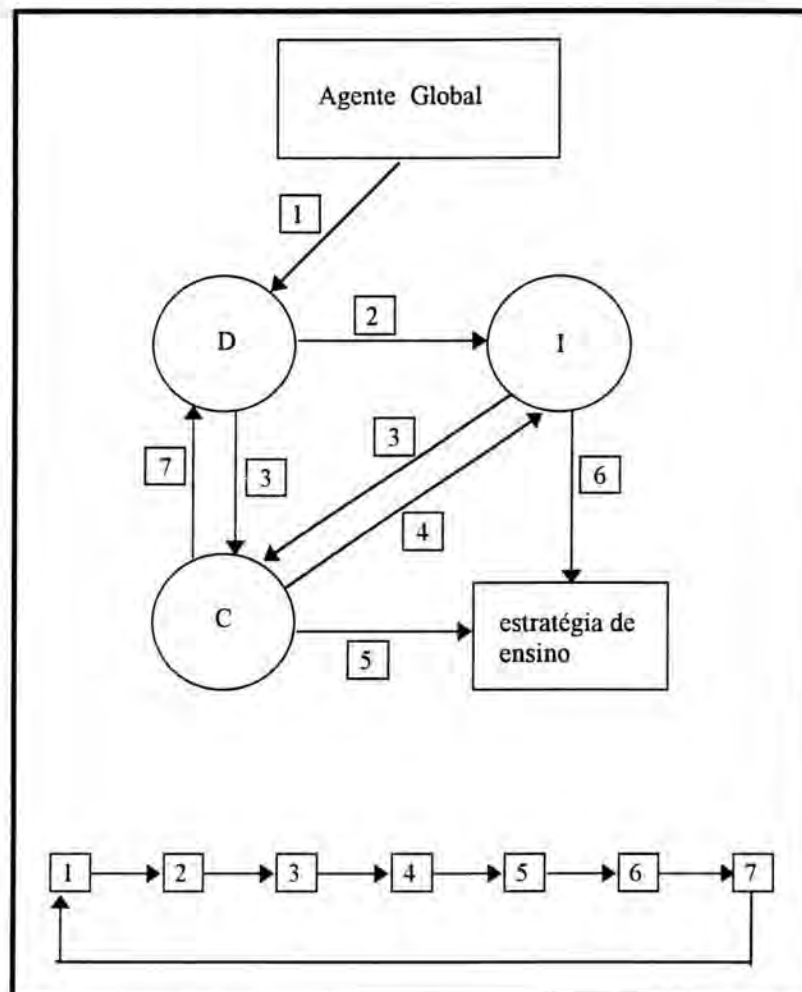


Figura 2.3 - Ciclo de Interação entre os Agentes locais: desejo, crença e intenção

- (1) agente global possui um desejo;
- (2) desejo aciona a intenção a ele associada e envia mensagem: “tem um desejo a ser satisfeito”;
- (3) desejo e intenção enviam mensagem: “verifique se existe um conjunto de crenças para criar e/ou executar uma estratégia de ensino para satisfazer o desejo”;

- (4) crença envia mensagem: “conjunto de crenças selecionado”;
- (5) crença determina ou seleciona estratégia de ensino;
- (6) intenção controla a execução da estratégia de ensino;
- (7) crença envia mensagem ao agente local desejo: “desejo satisfeito”.

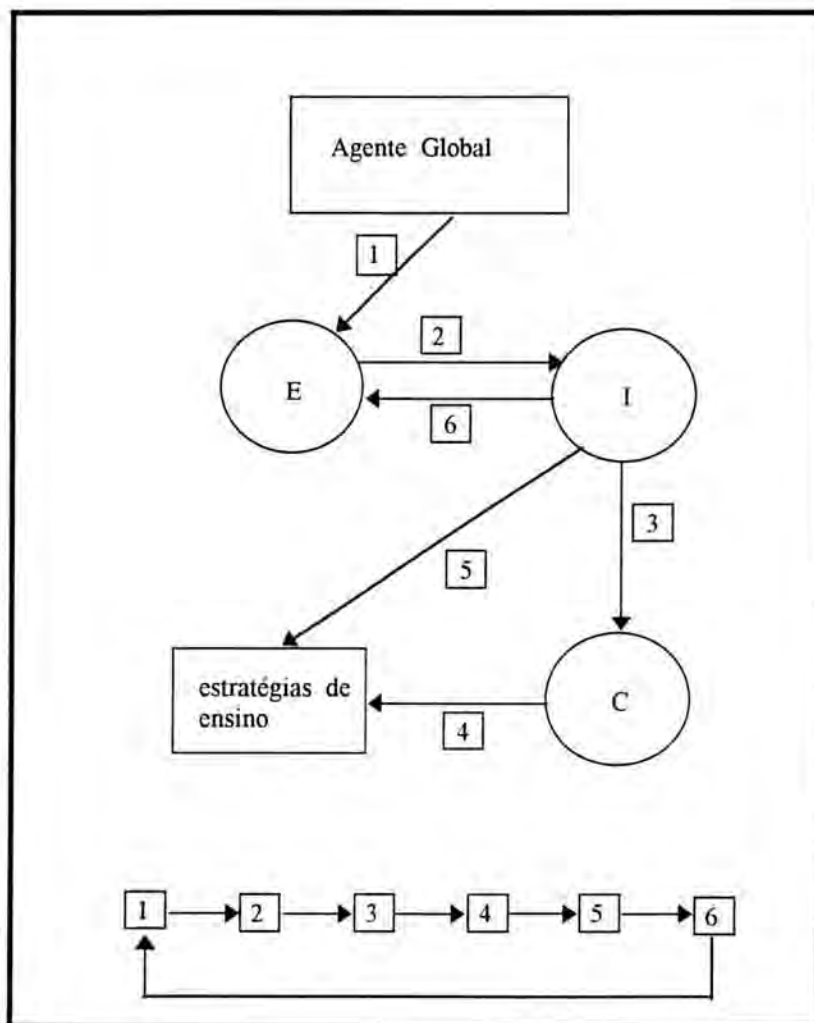


Figura 2.4 - Ciclo de interação entre os agentes locais: expectativa, crença e intenção

Na figura 2.4, temos a troca de ações e de mensagens entre os agentes locais expectativa, crença e intenção, conforme descrito abaixo:

- (1) agente global possui uma expectativa;
- (2) expectativa solicita uma ação;
- (3) intenção envia mensagem: “verifica se existe uma ação ou um conjunto de ações para satisfazer a expectativa”;
- (4) crença determina ou seleciona a ação adequada dentro da estratégia de ensino;
- (5) intenção controla a execução da ação;
- (6) intenção envia mensagem ao agente local expectativa: “expectativa satisfeita”.

2.4.3 Descrição Formal da Arquitetura SEM

A arquitetura SEM_A , Sociedade dos Estados Mentais do agente A, preserva a estrutura das arquiteturas definidas em [GEN87] e é definida pela estrutura de 8-tupla descrita abaixo:

$$SEM_A = \langle M_A, S_A, R_A, \alpha_A, v_A, \psi_A, CDE_A, I_A \rangle \quad \text{onde:}$$

$M_A \rightarrow$ o conjunto dos estados mentais crenças, desejos, intenções e expectativas do agente A, isto é, são os estados internos do agente

$S_A \rightarrow$ o conjunto de todas as possíveis situações externas identificáveis pelo agente A

$R_A \rightarrow$ o conjunto das partições de S_A que caracterizam a capacidade de percepção do agente A

$\alpha_A \rightarrow$ o conjunto das ações do agente A

$\nu_A \rightarrow$ uma função que define a percepção do agente A, relacionando os estados de S_A com as partições em R_A

$$\nu_A : S_A \rightarrow R_A$$

$\psi_A \rightarrow$ uma função que caracteriza os efeitos das ações do agente A no mundo externo

$$\psi_A : \alpha_A \otimes S_A \rightarrow S_A$$

onde o símbolo \otimes representa o produto cartesiano efetuado entre dois conjuntos quaisquer

$CDE_A \rightarrow$ uma estrutura definida pela 3-tupla:

$$\langle C_A, D_A, E_A \rangle \quad \text{onde:}$$

$C_A \rightarrow$ estrutura para as crenças do agente global A, onde se insere o agente local crença, cuja arquitetura é uma 8-tupla de um agente hysterético;

$D_A \rightarrow$ estrutura para os desejos do agente global A, onde se insere o agente local desejo, cuja arquitetura é uma 8-tupla de um agente hysterético;

$E_A \rightarrow$ estrutura para as expectativas do agente global A, onde se insere o agente local expectativa, cuja arquitetura é uma 8-tupla de um agente hysterético;

$I_A \rightarrow$ estrutura para as intenções do agente global A, onde se insere o agente local intenção, cuja arquitetura é uma 8-tupla de um agente hysterético.

2.4.3.1 Agente Histerético

Na definição da arquitetura surgiu o termo **agente histerético** que é definido como sendo um agente que possui estados internos e modifica sua resposta conforme a história das solicitações as quais o sistema se submete. Um agente histerético possui uma arquitetura que contém, em síntese, os componentes fundamentais de uma arquitetura que são: a percepção, a decisão e a ação e é definida pela estrutura 8-tupla descrita abaixo:

$$\mathbf{H}_A = \langle N_A, S_A, R_A, \alpha_A, \upsilon_A, \psi_A, \theta_A, \Phi_A \rangle \text{ sendo:}$$

$N_A \rightarrow$ conjunto dos estados internos do agente A

$S_A \rightarrow$ conjunto dos estados externos do agente A

$R_A \rightarrow$ conjunto das partições de S que caracterizam a capacidade de percepção do agente A, que é capaz de distinguir estados somente quando atua em diferentes partições

$\alpha_A \rightarrow$ conjunto das ações do agente A

$\upsilon_A \rightarrow$ função que caracteriza a capacidade de percepção do agente A, relacionando os estados em S com as partições em R:

$$\upsilon_A: S_A \rightarrow R_A$$

$\psi_A \rightarrow$ função que caracteriza a capacidade de ação do agente A no mundo externo:

$$\psi_A: \alpha_A \otimes S_A \rightarrow S_A$$

onde o símbolo \otimes representa o produto cartesiano efetuado entre dois conjuntos quaisquer.

$\theta_A \rightarrow$ função de atualização que mapeia um estado interno e uma observação num outro estado interno

$$\theta_A : N_A \otimes R_A \rightarrow N_A$$

$\Phi_A \rightarrow$ função que caracteriza as atividades externas do agente A determinando a ação do agente quando este se encontra num estado interno N e reconhece um estado externo pertencente à partição R:

$$\Phi_A : N_A \otimes R_A \rightarrow \alpha_A$$

Um agente histerético pode estar em qualquer conjunto N dos estados internos e pode distinguir um estado interno de outro qualquer. Por esta razão não existe a necessidade de subdividir este conjunto em subconjuntos ou definir funções de percepção.

A arquitetura dos agentes histeréticos se preocupa com o comportamento particular de cada agente, ligando a arquitetura do agente aos contextos das suas interações, fornecendo um formalismo que descreve e explica as interações dos agentes com base em suas arquiteturas e estados mentais que são crença, desejo, intenção e expectativa. Os estados internos são os contextos das interações dos agentes e são definidos em termos dos estados mentais destes agentes e em relação à sua arquitetura.

Toda e qualquer interação de um agente ocorre conforme um determinado contexto que é definido como uma situação complexa composta de estados mentais e outras situações como a história da interação do agente.

2.4.4 Definição e Descrição dos Estados Mentais vistos como Agentes

Descrevemos e definimos abaixo, cada um dos agentes básicos acima citados e as estruturas formalizadas para cada um deles de acordo com a arquitetura SEM_A e cuja representação formal está baseada na Teoria das Situações.

Agente crença

Crença é um estado mental cujo conteúdo externo é uma proposição definida por:

$$C \models \{ \langle \langle \text{bel}, A, P, l, t, v \rangle \rangle \} \quad \text{onde:}$$

$\text{bel} \rightarrow$ é a relação para a representação de crenças

$A \rightarrow$ é um agente que possui uma crença ou crenças

$P \rightarrow$ é uma proposição

$l \rightarrow$ é uma localização espacial

$t \rightarrow$ é uma localização temporal

$v \rightarrow$ assume o valor 1 se o agente A acredita que a proposição P ocorre no mundo; e assume o valor 0, caso contrário.

As crenças de um agente A , na arquitetura SEM_A estão associadas à estrutura:

$$C_A = \langle C_A, \xi_A^C, \delta_A^C, A_A^C \rangle \quad \text{onde:}$$

$C_A \rightarrow$ conjunto das crenças do agente A

$\xi_A^C \rightarrow$ conjunto de valores associados à força e à intensidade que o agente atribui a cada crença, variando de acordo com as particularidades de cada agente

$\delta_A^C \rightarrow$ função definida no conjunto de crenças, tomando valores em ξ_A^C

$$\delta_A^c : C_A \rightarrow \xi_A^c$$

$A_A^c \rightarrow$ agente local crença, cuja arquitetura é definida por:

$$A_A^c = \langle N_A^c, S_A^c, R_A^c, \alpha_A^c, \upsilon_A^c, \psi_A^c, \theta_A^c, \Phi_A^c \rangle \text{ onde:}$$

$N_A^c \rightarrow$ conjunto de estados internos do agente local A_A^c , que pode ser vazio quando o agente não possuir estados internos

$S_A^c \rightarrow$ conjunto das situações externas ao agente local A_A^c

$R_A^c \rightarrow$ conjunto que caracteriza a capacidade de percepção do agente local A_A^c ; caso o agente local não tenha contato com o mundo externo, este conjunto R_A^c fica igual ao S_A^c e a função de percepção é substituída pelo símbolo ϕ (vazio) na 8-tupla do agente A_A^c

$\alpha_A^c \rightarrow$ conjunto das ações do agente local A_A^c .

$\upsilon_A^c \rightarrow$ função que define a percepção do agente local A_A^c , que só existe quando o agente tem contato com o mundo externo

$$\upsilon_A^c : S_A^c \rightarrow R_A^c$$

$\psi_A^c \rightarrow$ função definida no conjunto das ações do agente local crença e de suas situações externas tomando valores no conjunto das crenças e das possíveis mensagens aos outros agentes locais, e que caracteriza os efeitos das ações do agente local A_A^c

$$\psi_A^c : \alpha_A^c \otimes S_A^c \rightarrow C_A \cup M_A^c \text{ onde } M_A^c \text{ é}$$

o conjunto das possíveis mensagens do agente local A_A^c aos demais agentes locais

$\theta_A^c \rightarrow$ função que mapeia um estado interno e uma observação num outro estado interno; se o agente local A_A^c não possuir estados internos, a função θ_A^c não existe, e em seu lugar é colocado o símbolo ϕ (vazio) na posição correspondente a ela na 8-tupla da arquitetura:

$$\theta_A^c : N_A^c \otimes R_A^c \rightarrow N_A^c$$

$\Phi_A^c \rightarrow$ função que caracteriza as atividades do agente local A_A^c

$$\Phi_A^c : N_A^c \otimes S_A^c \rightarrow \alpha_A^c$$

Durante as interações do agente local A_A^c , é importante considerar contextos para a realização das inferências e construção de planos. Esta atividade é caracterizada pela função Φ_A^c , significando que os contextos das interações do agente local A_A^c estão definidos na sua arquitetura como os seus estados internos.

Agente desejo

Desejo é um dos estados mentais que não tem uma definição precisa sendo usado e explicado de diversas maneiras. É um estado intencional, motivador e possui as seguintes características: representa uma situação ou um conjunto de situações que o agente gostaria que estivessem presentes no mundo; pode estar em conflito com as crenças do agente; podem existir simultaneamente desejos conflitantes; os desejos não causam diretamente as ações, mas são potenciais para as suas ocorrências.

Um desejo D de um agente A é um estado intencional, motivador, representado pela situação:

$$D \models \{ \langle \langle \text{des}, A, P, \epsilon, l_0, t_0, v \rangle \rangle \} \quad \text{onde:}$$

$\text{des} \rightarrow$ relação representando desejo

$A \rightarrow$ agente que possui o desejo

$P \rightarrow$ uma proposição

$$\varepsilon \models \langle\langle \text{satisfação}, n_s, t, l \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{urgência}, r_1, t, l \rangle\rangle$$

$$\wedge \langle\langle \text{intensidade}, r_2, t, l \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{insistência}, r_3, t, l \rangle\rangle \text{ sendo:}$$

$n_s \rightarrow$ parâmetro ancorado no conjunto $\{ds, dns\}$ de modo que, num momento $f(t) = t$, $f_s(n_s) = ds$ quando o desejo estiver satisfeito e

$$f_s(n_s) = dns \text{ quando o desejo não estiver satisfeito;}$$

$r_1, r_2, r_3 \rightarrow$ parâmetros ancorados no conjunto dos números reais;

$l_0 \rightarrow$ localização espacial associada à ocorrência do desejo D;

$t_0 \rightarrow$ localização temporal associada à ocorrência do desejo D;

$v \rightarrow$ igual a 1, se ocorre o desejo D ao agente A;

igual a 0, se não ocorre o desejo D ao agente A.

Os desejos de um agente A, na arquitetura SEM_A , estão associados à estrutura:

$$D_A = \langle D_A, \xi^D_A, \delta^D_A, A^D_A \rangle \text{ onde:}$$

$D_A \rightarrow$ conjunto dos desejos do agente A

$$\xi^D_A = V^D_1 \otimes V^D_2 \otimes V^D_3 \otimes V^D_4 \otimes V^D_5 \text{ onde:}$$

$V^D_1 \rightarrow$ conjunto de valores para urgência;

$V^D_2 \rightarrow$ conjunto de valores para intensidade

$V^D_3 \rightarrow$ conjunto de valores para insistência;

$V_4^D \rightarrow$ conjunto $\{ds, dns\}$ sendo:

$ds \rightarrow$ significa desejo satisfeito;

$dns \rightarrow$ significa desejo não satisfeito

$V_5^D \rightarrow$ conjunto de números reais para os valores de certo fator de decisão, dependendo das particularidades de cada agente

$\delta_A^D \rightarrow$ função $\delta_A^D : D_A \rightarrow \xi_A^D$ que vai ancorar os parâmetros da situação ε definida no desejo D , acrescida de $\langle\langle$ fator, r_4 , t , l $\rangle\rangle$

$A_A^D \rightarrow$ agente local desejo, cuja arquitetura é definida pela estrutura:

$$A_A^D = \langle N_A^D, S_A^D, R_A^D, \alpha_A^D, v_A^D, \psi_A^D, \theta_A^D, \Phi_A^D \rangle \text{ onde:}$$

$N_A^D \rightarrow$ conjunto de estados internos do agente local A_A^D , que será representado pelo símbolo ϕ (vazio) quando o agente não possuir estados internos;

$S_A^D \rightarrow$ conjunto das situações externas ao agente local A_A^D ;

$R_A^D \rightarrow$ conjunto que caracteriza a capacidade de percepção do agente local A_A^D ; caso o agente local não tenha contato com o mundo externo, este conjunto R_A^D fica igual ao S_A^D e a função de percepção é substituída pelo símbolo ϕ (vazio) na 8-tupla do agente A_A^D ;

$\alpha_A^D \rightarrow$ conjunto das ações do agente local A_A^D ;

as ações são: operações de criar desejos; atribuição e alteração dos valores de urgência; intensidade e insistência dos desejos; criação de intenções a partir de desejos; envio mensagens aos outros agentes locais.

$v^D_A \rightarrow$ função que define a percepção do agente local A^D_A , que só existe quando o agente tem contato com o mundo externo

$$v^D_A : S^D_A \rightarrow R^D_A$$

$\psi^D_A \rightarrow$ função definida no conjunto das ações do agente local desejo e de suas situações externas, tomando valores no conjunto dos desejos e das possíveis mensagens aos outros agentes locais, e que caracteriza os efeitos das ações do agente local A^D_A

$$\psi^D_A : \alpha^D_A \otimes S^D_A \rightarrow D_A \cup M^D_A \text{ onde } M^D_A$$

é o conjunto das possíveis mensagens do agente local A^D_A aos demais agentes locais

$\theta^D_A \rightarrow$ função que mapeia um estado interno e uma observação num outro estado interno; se o agente local A^D_A não possuir estados internos, a função θ^D_A não existe e, em seu lugar, é colocado o símbolo ϕ (vazio) na posição correspondente a ela na 8-tupla da arquitetura:

$$\theta^D_A : N^D_A \otimes R^D_A \rightarrow N^D_A$$

$\Phi^D_A \rightarrow$ função que caracteriza as atividades do agente local A^D_A

$$\Phi^D_A : N^D_A \otimes S^D_A \rightarrow \alpha^D_A$$

Durante as interações dos agentes, alguns desejos produzem intenções que ficam satisfeitos quando as intenções ficam satisfeitas. A existência de um conjunto de associações de desejos que determina as ações do agente local desejo, significa que estas ações ocorrem conforme um contexto. Isto é verificado na arquitetura através da função Φ^D_A e, se existirem os contextos das interações do agente local A^D_A , estes serão definidos como os seus estados internos.

Agente intenção

Intenção pode ser definida como um guia para as ações do agente em que é assegurado o compromisso e a persistência em atingir o objetivo desejado.

Uma intenção I de um agente A é um estado intencional, motivador, representado pela situação:

$$I \models \{ \langle \langle in, A, P, \varepsilon, K, l_0, t_0, v \rangle \rangle \} \text{ onde:}$$

$in \rightarrow$ relação representando intenção

$A \rightarrow$ agente que possui a intenção

$P \rightarrow$ uma proposição

$$\varepsilon \models \langle \langle \text{satisfação}, n_s, t, I \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, r_1, t, I \rangle \rangle$$

$$\wedge \langle \langle \text{intensidade}, r_2, t, I \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{insistência}, r_3, t, I \rangle \rangle \text{ sendo}$$

$n_s \rightarrow$ parâmetro ancorado no conjunto $\{is, ins\}$ de modo que, num momento $f(t) = t$, $f_s(n_s) = is$ quando a intenção estiver satisfeita e

$$f_s(n_s) = ins \text{ quando a intenção não estiver satisfeita;}$$

$r_1, r_2, r_3 \rightarrow$ parâmetros ancorados no conjunto dos números reais;

$K \rightarrow$ uma estratégia para a satisfação da intenção, ou seja, um guia geral para as ações que o agente faz para a satisfação da intenção I ;

$l_0 \rightarrow$ localização espacial associada à ocorrência da intenção I ;

$t_0 \rightarrow$ localização temporal associada à ocorrência da intenção I ;

$v \rightarrow$ igual a 1, se ocorre a intenção I ao agente A ;

igual a 0, se não ocorre a intenção I ao agente A .

O valor atribuído à intensidade em ε significa o grau de compromisso do agente em satisfazer esta intenção; o valor atribuído à insistência significa o quanto uma intenção vai poder interromper o curso das ações de outras intenções, para ser atendida; o valor atribuído à urgência significa um aumento da intensidade de uma intenção que está sendo atendida.

As intenções I de um agente A , na arquitetura SEM_A , estão associados à estrutura:

$$I_A = \langle I_A, \xi_{A^I}, \delta_{A^I}, A_{A^I} \rangle \text{ onde:}$$

$I_A \rightarrow$ conjunto das intenções do agente A

$$\xi_{A^I} = V_1^I \otimes V_2^I \otimes V_3^I \otimes V_4^I \otimes V_5^I \otimes V_6^I \text{ onde:}$$

$V_1^I \rightarrow$ conjunto de valores para urgência;

$V_2^I \rightarrow$ conjunto de valores para intensidade

$V_3^I \rightarrow$ conjunto de valores para insistência;

$V_4^I \rightarrow$ conjunto $\{is, ins\}$ sendo:

$is \rightarrow$ significa intenção satisfeita;

$ins \rightarrow$ significa intenção não satisfeita

$V_5^I \rightarrow$ conjunto $\{it, ia\}$ sendo:

$it \rightarrow$ significa que o curso das ações para que a intenção seja satisfeita está interrompido;

$ia \rightarrow$ significa que a intenção está ativa

$V_6^I \rightarrow$ conjunto de números reais para os valores de certo fator de decisão, dependendo das particularidades de cada agente

$\delta_A^I \rightarrow$ função $\delta_A^I : I_A \rightarrow \xi_A^I$ que vai ancorar os parâmetros da situação ε de uma intenção I

$A_A^I \rightarrow$ agente local intenção, cuja arquitetura é definida pela estrutura:

$$A_A^I = \langle N_A^I, S_A^I, R_A^I, \alpha_A^I, \upsilon_A^I, \psi_A^I, \theta_A^I, \Phi_A^I \rangle \text{ onde:}$$

$N_A^I \rightarrow$ conjunto de estados internos do agente local A_A^I , cuja existência é obrigatória;

$S_A^I \rightarrow$ conjunto das situações externas ao agente local A_A^I ;

$R_A^I \rightarrow$ conjunto das crenças, desejos, intenções e expectativas do agente global, e mensagens de outros agentes locais;

$\alpha_A^I \rightarrow$ conjunto das ações do agente local A_A^I ;

as ações são: envio de mensagens do agente local intenção aos outros agentes locais; produção de expectativas, crenças, desejos, outras intenções; produção de ações externas do agente global.

$\upsilon_A^I \rightarrow$ função que define a percepção do agente local A_A^I , cuja presença é obrigatória

$$\upsilon_A^I : S_A^I \rightarrow R_A^I$$

$\psi_A^I \rightarrow$ função que caracteriza os efeitos das ações do agente local intenção:

$$\psi_A^I : \alpha_A^I \otimes S_A^I \rightarrow S_A^I$$

$\theta^i_A \rightarrow$ função que mapeia um estado interno e uma observação num outro estado interno e é uma função obrigatória:

$$\theta^i_A : N^i_A \otimes R^i_A \rightarrow N^i_A$$

$\Phi^i_A \rightarrow$ função que caracteriza as atividades do agente local A^i_A

$$\Phi^i_A : N^i_A \otimes S^i_A \rightarrow \alpha^i_A$$

Visto que as ações dos agentes ocorrem, conforme um contexto, diz-se que os contextos das interações do agente local A^i_A serão definidos, na arquitetura, como os seus estados internos.

Agente expectativa

Uma expectativa E de um agente A é um estado intencional, motivador, representado pela situação:

$$E \models \{ \langle \langle \text{exp}, A, P, \varepsilon, l_0, t_0, v \rangle \rangle \} \text{ onde:}$$

$\text{exp} \rightarrow$ relação representando expectativa

$A \rightarrow$ agente que possui a expectativa

$P \rightarrow$ uma proposição

$$\varepsilon \models \langle \langle \text{satisfação}, n_s, t, l \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, r_1, t, l \rangle \rangle$$

$$\wedge \langle \langle \text{intensidade}, r_2, t, l \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{insistência}, r_3, t, l \rangle \rangle \text{ sendo:}$$

$n_s \rightarrow$ parâmetro ancorado no conjunto $\{es, ens\}$ de modo que, num momento $f(t) = t$,

$$f_s(n_s) = es \text{ quando a intenção estiver satisfeita e}$$

$$f_s(n_s) = ens \text{ quando a intenção não estiver satisfeita;}$$

$r_1, r_2, r_3 \rightarrow$ parâmetros ancorados no conjunto dos números reais;

$l_0 \rightarrow$ localização espacial associada à ocorrência da expectativa E;

$t_0 \rightarrow$ localização temporal associada à ocorrência da expectativa E;

$v \rightarrow$ igual a 1, se ocorre a expectativa E ao agente A;

igual a 0, se não ocorre a expectativa E ao agente A.

O valor atribuído à intensidade, em ε significa o grau de confiança que o agente tem de que a expectativa vai ser satisfeita; o valor atribuído à insistência indica o quanto o agente está disposto a reiterar na satisfação da expectativa, caso verifique que ela não ocorreu; o valor atribuído à urgência significa quanto tempo de espera o agente tolera para que a expectativa seja satisfeita.

As expectativas de um agente A, na arquitetura SEM_A , estão associados à estrutura:

$$E_A = \langle E_A, \xi_{A^E}, \delta_{A^E}, A_{A^E} \rangle \text{ onde:}$$

$E_A \rightarrow$ conjunto das expectativas do agente A

$\xi_{A^E} = V_1^E \otimes V_2^E \otimes V_3^E \otimes V_4^E \otimes V_5^E$ onde:

$V_1^E \rightarrow$ conjunto de valores para urgência;

$V_2^E \rightarrow$ conjunto de valores para intensidade

$V_3^E \rightarrow$ conjunto de valores para insistência;

$V_4^E \rightarrow$ conjunto $\{es, ens\}$ sendo

$es \rightarrow$ significa expectativa satisfeita;

ens \rightarrow significa expectativa não satisfeita

$V_s^E \rightarrow$ conjunto de números reais para os valores de certo fator de decisão, dependendo das particularidades de cada agente;

$\delta_A^E \rightarrow$ função $\delta_A^E : E_A \rightarrow \xi_A^E$ que vai ancorar os parâmetros da situação ε de uma expectativa E

$A_A^E \rightarrow$ agente local expectativa, cuja arquitetura é definida pela estrutura:

$$A_A^E = \langle N_A^E, S_A^E, R_A^E, \alpha_A^E, \upsilon_A^E, \psi_A^E, \theta_A^E, \Phi_A^E \rangle \text{ onde:}$$

$N_A^E \rightarrow$ conjunto de estados internos do agente local A_A^E , que será representado pelo símbolo ϕ (vazio) quando o agente não possuir estados internos;

$S_A^E \rightarrow$ conjunto das situações externas ao agente local A_A^E ;

$R_A^E \rightarrow$ conjunto que caracteriza a capacidade de percepção do agente local A_A^E ; caso o agente local não tenha contato com o mundo externo, este conjunto R_A^E fica igual ao S_A^E e a função de percepção é substituída pelo símbolo ϕ (vazio) na 8-tupla do agente A_A^E ;

$\alpha_A^E \rightarrow$ conjunto das ações do agente local A_A^E .

as ações são: produção de crenças; desejos nas mensagens enviadas a outros agentes locais; ações sobre o mundo externo.

$\upsilon_A^E \rightarrow$ função que define a percepção do agente local A_A^E , que só existe quando o agente tem contato com o mundo externo

$$\upsilon_A^E : S_A^E \rightarrow R_A^E$$

$\Psi_A^E \rightarrow$ função definida no conjunto das ações do agente local expectativa e de suas situações externas tomando valores no conjunto dos desejos e das possíveis mensagens aos outros agentes locais, e que caracteriza os efeitos das ações do agente local A_A^E

$$\Psi_A^E : \alpha_A^E \otimes S_A^E \rightarrow E_A \cup M_A^E \text{ onde } M_A^E$$

é o conjunto das possíveis mensagens do agente local A_A^E aos demais agentes locais

$\Theta_A^E \rightarrow$ função que mapeia um estado interno e uma observação num outro estado interno; se o agente local A_A^E não possuir estados internos, a função Θ_A^E não existe, e em seu lugar é colocado o símbolo ϕ (vazio) na posição correspondente a ela na 8-tupla da arquitetura

$$\Theta_A^E : N_A^E \otimes R_A^E \rightarrow N_A^E$$

$\Phi_A^E \rightarrow$ função que caracteriza as atividades do agente local A_A^E

$$\Phi_A^E : N_A^E \otimes S_A^E \rightarrow \alpha_A^E$$

O contexto de uma interação do agente global está situado na arquitetura como um estado interno do agente local intenção e pode conter um determinado subconjunto das expectativas do agente, conforme foi mostrado na definição da arquitetura do agente local intenção. O agente pode ter simultaneamente diferentes interações com o mundo onde cada uma das interações possui o seu próprio contexto que dá significado às percepções e às ações particulares da intenção. A união dos conjuntos das expectativas pertencentes a cada contexto das interações, num determinado momento, caracteriza um conjunto de expectativas que serão prioritárias de acordo com o tempo de tolerância que é atribuído a cada uma delas.

2.4.5 Definição de Urgência, Intensidade e Insistência

As definições apresentadas abaixo estão baseadas nas idéias apresentadas por Corrêa em [COR94].

Quando surgir mais de um desejo ou expectativa para serem satisfeitos e estes não puderem ser satisfeitos simultaneamente, é necessário definir uma ordem ou prioridade para que sejam realizados, de acordo com alguns requisitos preestabelecidos. Estes conflitos ocorrem internamente na mente do agente devido ao fluxo de suas motivações. Para controle dos conflitos internos dos agentes, Beaudoin e Sloman sugerem que se façam comparações entre os motivos através de dimensões a serem tratadas e definidas como: urgência, insistência e intensidade.

Urgência é uma função definida no tempo, tomando valores num conjunto de custos e benefícios. O valor atribuído à urgência determina a prioridade em satisfazer determinado desejo, intenção ou expectativa.

Intensidade ou importância determina o grau de compromisso e de confiança que o agente tem (ou deve ter) para que os desejos, as intenções e as expectativas sejam satisfeitos.

Insistência é o nível de prioridade da interrupção do objetivo e relaciona-se com a urgência e a intensidade. O valor atribuído à insistência significa o quanto o agente está disposto a reiterar na satisfação de um desejo ou de uma expectativa caso verifique que tal estado não ocorreu.

A urgência dos agentes em satisfazer os estados mentais desejo e expectativa está relacionada com a prioridade determinada pelo agente em satisfazer tais estados de acordo com as circunstâncias apresentadas. Os valores atribuídos à função urgência significam quanto tempo de espera pela satisfação do desejo ou da expectativa e determinam a prioridade do agente em satisfazer tais estados. Estes valores variam entre 0.0 e 1.0, ou seja, a urgência mínima é representada por 0.0 e a máxima é representada por 1.0, pois dependem da prioridade que um desejo tem sobre outro e que uma expectativa tem sobre outra. Sempre que houver mais de um desejo ou mais de uma

expectativa, atribui-se um valor à urgência e isto possibilita a manutenção de diálogos em que os agentes têm prioridades diferentes para serem satisfeitas, ou seja, desejos distintos e expectativas distintas numa mesma situação. Por exemplo, quando houver mais de um desejo num mesmo item ou pergunta, o sistema aciona um mecanismo que usa o critério de urgência para determinar a ordem com que os desejos devem ser satisfeitos, respeitando as prioridades do agente em questão e atender aquele que for mais urgente, ou seja, aquele para o qual foi definido um valor maior, para depois tratar do outro ou outros dependendo do caso. O tratamento da urgência é feito para verificar qual estado deverá ser satisfeito em primeiro lugar e assim ativá-lo para que os outros também sejam realizados.

Devido ao enfoque deste trabalho, optamos por tratar apenas a urgência dos agentes em satisfazer os desejos e as expectativas, analisando e atribuindo valores aos estados mentais de acordo com a prioridade de cada um. Deixamos para outra oportunidade o tratamento da intensidade e da insistência.

2.4.6 Uso da Arquitetura SEM na Aplicação

Apresentamos aqui a maneira como vamos descrever os estados mentais dos agentes envolvidos na aplicação. A arquitetura dos agentes locais é uma 8-tupla análoga à arquitetura do agente global.

Uma **crença** é representado por :

$$C_{T/A} \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_{T/A}, P, v \rangle \rangle \} \quad \text{sendo:}$$

$C_T \rightarrow$ crença do tutor;

$C_A \rightarrow$ crença do aluno ;

bel \rightarrow relação representando crença;

$A_T \rightarrow$ agente tutor;

$A_A \rightarrow$ agente aluno;

$P \rightarrow$ uma proposição;

$v \rightarrow$ assume o valor 1, se o agente A acredita que a proposição P ocorre no mundo; e assume o valor 0, caso contrário.

Por exemplo:

O aluno conhece todas as operações com números naturais de um algarismo.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{tabuada1}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{tabuada1} é a proposição:

$\text{tabuada1} \models \{ \langle \langle \text{adição}, 1, 1, 2, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{adição}, 1, 2, 3, 1 \rangle \rangle, \dots,$

$\langle \langle \text{subtração}, 2, 1, 1, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{subtração}, 2, 2, 0, 1 \rangle \rangle, \dots,$

$\langle \langle \text{multiplicação}, 1, 2, 2, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{multiplicação}, 1, 3, 3, 1 \rangle \rangle, \dots, \text{ etc}$

Um **desejo** é representado por:

$DT/A \models \{ \langle \langle \text{des}, AT/A, P, \xi, T, v \rangle \rangle \}$ sendo:

$DT \rightarrow$ desejo do tutor;

$DA \rightarrow$ desejo do aluno;

$\text{des} \rightarrow$ relação representando desejo;

$AT \rightarrow$ agente tutor;

$AA \rightarrow$ agente aluno;

$P \rightarrow$ uma proposição;

$\xi \models \langle \langle \text{satisfação}, n_S, X, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, r_3, X, 1 \rangle \rangle$ sendo:

$n_S \rightarrow$ parâmetro ancorado no conjunto $\{ds, dns\}$ de modo que, num momento $f(t) = t$, $f_S(n_S) = ds$, quando o desejo estiver satisfeito e

$f_S(n_S) = dns$, caso contrário;

$X, r_3 \rightarrow$ parâmetros ancorados no conjunto dos números reais;

$T \rightarrow$ localização temporal associada à ocorrência do desejo;

$v \rightarrow$ é igual a 1, se ocorre o desejo ao agente A;

é igual a 0, se não ocorre o desejo ao agente A.

Por exemplo:

O tutor deseja que o aluno responda com resultado correto ao problema.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, AT, P_{RP1}, \xi, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RP1} é a proposição:

$RP1 \models \langle \langle \text{resp}, AA, AT, p1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{resp-cor}, p1, 1 \rangle \rangle$

Uma **intenção** é representado por:

$I_{T/A} \models \{ \langle \langle \text{in}, AT/A, P, \xi, K, T, v \rangle \rangle \}$ sendo:

$I_T \rightarrow$ intenção do tutor;

$I_A \rightarrow$ intenção do aluno;

$\text{in} \rightarrow$ relação representando intenção;

$AT \rightarrow$ agente tutor;

$AA \rightarrow$ agente aluno;

$P \rightarrow$ uma proposição;

$\xi \models \langle \langle \text{satisfação}, n_s, X, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, r_3, X, 1 \rangle \rangle$ sendo:

$n_s \rightarrow$ parâmetro ancorado no conjunto $\{is, ins\}$ de modo que, num momento $f(t) = t$, $f_s(n_s) = is$, quando a intenção estiver satisfeita e

$f_s(n_s) = ins$, caso contrário;

$X, r_3 \rightarrow$ parâmetros ancorados no conjunto dos números reais;

$K \rightarrow$ uma estratégia para a satisfação da intenção, ou seja, um guia geral para as ações que o agente faz para a satisfação da intenção;

$T \rightarrow$ localização temporal associada à ocorrência da intenção;

$v \rightarrow$ é igual a 1, se ocorre a intenção ao agente A;

é igual a 0, se não ocorre a intenção ao agente A.

Por exemplo:

O tutor intenciona que o aluno responda com resultado correto ao problema.

$IT \models \{ \langle \langle in, A_T, P_{RP1}, ESTRATRPI, \xi, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATRPI** é uma estratégia através da qual o tutor confere a resposta do aluno com a sua.

Uma **expectativa** é representado por:

$$E_{T/A} \models \{ \langle \langle Exp, A_{T/A}, P, \xi, T, v \rangle \rangle \} \quad \text{sendo:}$$

$E_T \rightarrow$ expectativa do tutor;

$E_A \rightarrow$ expectativa do aluno;

$exp \rightarrow$ relação representando expectativa;

$A_T \rightarrow$ agente tutor;

$A_A \rightarrow$ agente aluno;

$P \rightarrow$ uma proposição;

$\xi \models \langle \langle \text{satisfação}, n_s, X, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, r_3, X, 1 \rangle \rangle$ sendo

$n_s \rightarrow$ parâmetro ancorado no conjunto $\{es, ens\}$ de modo que, num momento $f(t) = t$, $f_s(n_s) = es$, quando a expectativa estiver satisfeita e

$f_s(n_s) = ens$, caso contrário;

$X, r_3 \rightarrow$ parâmetros ancorados no conjunto dos números reais;

$T \rightarrow$ localização temporal associada à ocorrência da expectativa;

$v \rightarrow$ é igual a 1, se ocorre a expectativa ao agente A;

é igual a 0, se não ocorre a expectativa ao agente A.

Por exemplo:

O aluno espera resolver corretamente o problema p1 proposto pelo tutor.

$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP1}, \xi, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{EP1} é a proposição:

$EP1 \models \langle \langle \text{resolver-correto}, A_A, p1, A_T, 1 \rangle \rangle$ e $p1 \models \langle \langle \text{dividir}, 642, 3, 1 \rangle \rangle$

resolver-correto: significa a expectativa do aluno de resolver corretamente p1.

Na arquitetura SEM, que é uma **arquitetura de agentes** cognitivos autônomos e deliberativos, os estados mentais são associados aos agentes e tratados como agentes locais. Numa **arquitetura funcional composta por módulos**, os agentes possuem os estados mentais definidos como um todo, como nas descritas em [OLI92a];[OLI93a], ou seja, fazendo parte do agente global, agindo nele e sobre ele.

As vantagens do uso de uma arquitetura deliberativa sobre o uso de uma arquitetura funcional, composta por módulos, são:

- cada estado mental, sendo um agente autônomo, aumenta a flexibilidade na interação entre os estados que estão representados por seus agentes locais;
- há possibilidade de um melhor diagnóstico e um acompanhamento mais fino (granular) do processo de raciocínio dos agentes;

- é mais fácil detectar e acompanhar as mudanças que ocorrem em cada estado, quando ocorrem;
- possibilita uma visão clara e independente do que ocorre com cada estado durante uma interação;
- possibilita o mapeamento da interrelação entre os estados mentais através das interações entre os agentes locais;
- a comunicação feita entre os estados através dos agentes, fica explícita;
- facilita a análise do comportamento de cada agente em relação aos estados mentais.

Assim, a especificação das arquiteturas de agentes é diferente das adotadas em arquiteturas de módulos funcionais. Por exemplo, a arquitetura IRMA, apresentada por Bratman em [COR94] é composta basicamente pelos módulos funcionais: perceptor, filtrador de opções, raciocinador de meio-e-fim e deliberador de ações; a arquitetura STI, apresentada por Oliveira e Viccari em [OLI93b], específica para um tutor inteligente, é composta pelos módulos funcionais: interface do estudante, módulo de ensino, resolvidor de problemas e sistema de adaptação. Estes sistemas construídos utilizam a arquitetura baseada em módulos e em lógica de crenças, criando assim sistemas no qual o tutor e o aluno, preocupados com o processo de aprendizagem, cooperam um com o outro para construir uma teoria comum que vai ser um conjunto de crenças sobre o domínio a ser estudado. Tais sistemas exploram: aspectos do processo de aprendizagem, cuja medida resultante da interação entre os agentes é, por exemplo, feita através do uso de medidas topológicas; aspectos da representação do conhecimento em tutores inteligentes, cuja representação dos sistemas é feita através de redes conceituais; aspectos da revisão de crenças.

Uma característica da arquitetura SEM é que a definição dos estados mentais do agente é feita de acordo com a Teoria das Situações. O comportamento do agente é representado pelas ações, através das quais ele interage com os outros agentes e com o mundo, e resulta das relações causais entre estes estados mentais que são o núcleo a partir do qual a arquitetura é definida. Nesta, os agentes locais interagem entre si,

comunicando-se através de mensagens. Este modelo de comunicação entre os agentes é explicado em [BUN89];[POW79];[ALL78].

Ainda, numa arquitetura de **módulos funcionais**, característica dos Tutores Inteligentes, ocorre a mudança dos estados mentais dependendo da situação em que o agente se encontra, ou do que ocorre com ele. Fica muito difícil, se não impossível, detectar com clareza a ocorrência destas mudanças, e o momento exato em que ocorreram, pois os estados mentais estão representados em bloco, num só conjunto, não aparecem agindo independentemente, embora isto aconteça. Eles agem independentemente mas, para o observador, a idéia é que esta independência não existe. Sendo assim, pode ficar mascarada ou imperceptível a ocorrência de alguma mudança.

Uma arquitetura de agentes favorece, a nosso ver, a observação de cada estado, que é feita como este sendo uma entidade individual e possibilitando ao observador ter uma visão mais clara e mais precisa do que acontece. A arquitetura funcional, mesmo usando agentes (cada agente correspondendo a um módulo), esconderia algumas mudanças importantes e a observação não seria perfeita, pois, quando em um só agente temos todos os estados mentais, o acesso a cada estado fica mais difícil e menos claro.

Em geral, nas arquiteturas funcionais não é tratada a *urgência* em satisfazer os desejos e as expectativas. Já na arquitetura de agentes assumida, a urgência é um dos parâmetros dos agentes desejos e expectativas. A urgência é vista como *prioridade* para resolver os problemas que surgem em cada etapa de um determinado diálogo.

A proposta de usar uma arquitetura de agentes no lugar da arquitetura tradicional, baseada em módulos, permitiu flexibilizar a interação de ensino e aprendizagem nos Sistemas Tutores Inteligentes através da maior precisão com que podemos tratar os estados mentais dos agentes. Assim, esta mudança de arquitetura permitiu aumentar o poder de representação destes estados mentais, proporcionando um maior poder explicativo das interações e uma melhor avaliação dos métodos de ensino e aprendizagem, possibilitando a simulação de interações mais detalhadas.

3 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

3.1 Caracterização do Problema

Nesta seção, serão apresentados e tratados os diálogos que constituem a aplicação e que descrevem situações em relação ao desenvolvimento da operação de divisão de números naturais. O conjunto dos números naturais é o conjunto formado pelos números inteiros positivos e é representado por $\mathbb{N} = \{0, 1, 2, 3, 4, \dots\}$.

A escolha da Matemática, como domínio de aplicação e estudo, deve-se à familiaridade que temos com esta disciplina e também por se tratar de um domínio fechado e bem definido onde os fatos acontecem ou não acontecem, não existe um talvez. Obtém-se um resultado exato decorrente do desenvolvimento correto de uma técnica para resolver determinada operação ou obtém-se um resultado incorreto devido a falhas ou erros na aplicação da técnica, nunca obtém-se um resultado meio certo ou meio errado. O mesmo não se aplica, naturalmente, ao raciocínio utilizado para a obtenção do resultado. Este poderá estar correto em vários aspectos e incorreto em apenas um aspecto, por exemplo.

Em linhas gerais as situações selecionadas por nós para serem analisadas são:

- A) Diálogo ou situação onde os agentes - tutor e aluno - concordam a respeito do conhecimento e analisam o método de solução do problema proposto; nesta situação o aluno mostra que sabe resolver o problema proposto (através do uso de uma estratégia conhecida pelo tutor), ou seja, pelo método EBL - Explanation-Based Learning - citado por Mitchell em [MIT86], por Costa em [COS90] e por Baffes e Mooney em [BAF95] e descrito em 2.2; neste caso, estamos interessados na observação da mudança ocorrida nos estados mentais em si, e na operação de aprendizagem que o tutor necessita ativar.

- B) Diálogo ou situação em que os agentes - tutor e aluno - possuem conhecimentos diferentes sobre como resolver o problema proposto e necessitam entrar em acordo sobre o conhecimento envolvido para solucionar o problema de modo análogo ao descrito em [OLI93a]. Nesta situação, o aluno acredita que sabe realizar a operação proposta e comete um erro, que é detectado pelo tutor através de suas interações com o aluno. Tal erro é corrigido pelo tutor que, para isto, se utiliza da EBL; neste caso, estamos interessados em explorar o uso da revisão de crenças² que ocorre nos modelos dos agentes sobre o domínio da aplicação.
- C) Diálogo ou situação em que um dos agentes, no caso o tutor quer conversar e o outro, o aluno, não está interessado ou não tem condições de cooperar. Nesta situação, o aluno não possui conhecimentos sobre o domínio da aplicação, isto é, não sabe realizar a operação proposta e o tutor, acreditando que o aluno deseja aprender a resolvê-la, explica passo a passo tudo o que deve ser feito até chegar ao resultado esperado. Neste caso, estamos interessados em explorar aspectos do uso de estratégias de ensino.

Nosso objetivo geral, com esta aplicação, é analisar alguns estados mentais de cada um dos agentes tutor e aluno, vistos através da representação proposta por Corrêa em [COR94]. Os estados mentais escolhidos por nós são: *crenças*, *desejos*, *intenções* e *expectativas* e são tratados como agentes locais de acordo com explicações apresentadas em 2.1. Tencionamos, conforme os objetivos já apresentados em 1.4, mostrar as alterações ou modificações que ocorrem nos estados mentais quando os agentes globais interagem durante uma relação de ensino/aprendizagem, destacando com um sinal (→) os estados que mudam e fazendo comentários a respeito destas mudanças.

² Para este trabalho assumimos a existência de um método de revisão de crenças como o desenvolvido em [FRA92], pois não era objetivo deste a implementação de um método de revisão de crenças.

Concentrou-se esforços em analisar as mudanças de estado em cada agente e em determinar um mecanismo para o tratamento da urgência com que as mudanças ocorrem. Nesta aplicação, é muito importante termos um mecanismo para controlar a urgência em relação à satisfação de um determinado estado - desejo ou expectativa - numa determinada fase do diálogo. Na seção 2.4.5 apresentamos uma definição e uma explicação para urgência.

A análise dos diálogos selecionados é feita frase a frase com o objetivo de observar o que se passa em cada interação tutor/aluno.

O tutor e o aluno possuem um conjunto de crenças que, dependendo da situação, coincidem ou não; as crenças permanentes do tutor e do aluno são citadas em 3.4.1; 3.4.2 e as crenças particulares de cada aluno, relativas a cada situação apresentada, aparecem no decorrer dos diálogos.

Os desejos do tutor e do aluno, bem como as intenções e as expectativas variam nas três situações apresentadas e, em geral, são bem definidos e particulares, ou seja, o aluno, por exemplo, tem desejos, intenções e expectativas específicas em relação à natureza dele como aluno e o tutor também possui tais estados mentais bem específicos e descritos de acordo com a natureza de um tutor, conforme 1.1.

Cada desejo tem uma intenção a ele associada, pois é na intenção que se descreve o plano de ensino a ser usado na solução dos problemas que surgem no decorrer dos diálogos ou interações. Os planos de ensino são construídos dentro do contexto considerado, e quem solicita as suas aplicações são as intenções associadas ao conjunto de crenças envolvido com a finalidade de satisfazer os desejos.

A intenção possui planos de ensino para executar a ação proposta pelo desejo e executa a ação adequada para atingir o objetivo descrito por ele. Dependendo da situação, as ações para alcançar os objetivos podem mudar e isto nos interessa bastante, pois estas ações estão relacionadas com as estratégias de ensino que os agentes utilizam para promover a aprendizagem. A intenção está amarrada com a noção de

compromisso, ou seja, a tarefa solicitada deve ser executada pelo agente para satisfazer o desejo ou a intenção [COR94].

Resumindo, tratar os estados mentais como agentes locais, como descrito em 2.4.4, possibilita ao observador ter uma visão mais clara e mais precisa do que ocorre durante a interação entre os dois agentes globais. A análise das mudanças que ocorrem nos estados mentais e a relação entre eles torna-se mais fácil, mais direta e mais clara quando tais estados são definidos como agentes autônomos, cuja definição apresentamos em 2.1. Como já foi colocado em 2.4, a arquitetura de agentes escolhida para suportar esta aplicação foi a arquitetura SEM proposta por Corrêa em [COR93] e cujo formalismo e simbolismo se baseia na Teoria das Situações desenvolvida por Barwise e Perry e Devlin citados por [COR94]. Esta teoria usada para analisar as mudanças que ocorrem nos estados mentais está descrita em 2.3. Estes estados, vistos como agentes, conforme já foi colocado anteriormente, possuem atividades paralelas e se comunicam através da troca de mensagens. A arquitetura SEM, por ser deliberativa, possibilita que as ações ocorram para satisfazer os desejos através das interações que acionam estratégias com a finalidade de satisfazer os desejos, conforme descrito em 2.4.1.

O método de ensino utilizado pelo Tutor e pelo Aluno, no decorrer da interação, quando a um deles é solicitado apresentar o desenvolvimento detalhado da operação proposta ou quando o tutor se propõe a ensinar ao aluno a maneira correta de resolver a operação e determinar o resultado correto, é baseado na EBL citado em 2.2. Tal método torna mais direta a troca de algoritmos e é mais preciso ao responder sobre o desenvolvimento de determinado procedimento.

Ao utilizarmos o termo estratégia, estamos nos referindo às estratégias de ensino ou planos de ensino usados pelo tutor ou pelo aluno durante a interação.

3.2 Diálogos da Aplicação Analisados em Relação às Mudanças nos Estados Mentais

Apresentamos, a seguir, os diálogos utilizados na aplicação, indicando as mudanças que ocorrem nos estados mentais em cada passo dos diálogos. Tais mudanças serão explicadas detalhadamente nos próximos itens.

3.2.1 Diálogo A

Neste diálogo, o tutor propõe um problema ao aluno e este o resolve, mostrando ao tutor que conhece o processo de divisão e tem certeza de que realizou corretamente a operação proposta. Ou seja, o tutor e o aluno compartilham as mesmas crenças a respeito do assunto e resolvem o problema utilizando-se da mesma estratégia.

→ 1. Tutor: - Representa o resultado da divisão de 642 por 3.

Ocorre aqui o surgimento de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

2. Aluno: - Ao dividir 642 por 3, encontrei como resultado o número 214.

3. Tutor: - O resultado está correto.

→ 4. Aluno: - Eu sei, eu tinha certeza.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

→ 5. Tutor: - Como podes ter certeza de que o resultado estaria correto?

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

→ 6. Aluno: - Porque eu verifiquei através de uma prova, antes de apresentar o resultado.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia.

→7.Tutor: - Que prova é esta? Como verificaste que o resultado estava correto, através do uso do algoritmo da divisão?

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

8.Aluno: - Não, verifiquei que o resultado da divisão estava correto através da sua operação inversa.

→9.Tutor: - Como assim, não entendi.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

→10.Aluno: - Eu explico. É o seguinte, para se verificar se o valor apresentado como resultado de uma operação realizada está correto, não é necessário realizá-la novamente, basta usar a operação inversa e aí fica-se sabendo se o resultado está ou não correto. Se não estiver, aplica-se o algoritmo para resolver a operação e obter o possível resultado correto, verificando-se, logo a seguir, pela inversa, se agora ele está correto. A operação de multiplicação é a inversa da operação de divisão, assim como a operação de subtração é a inversa da operação de adição. Assim, quando dividimos um número chamado dividendo (D) por outro, diferente de zero, chamado divisor (d) e obtemos um resultado chamado quociente (Q), este resultado será considerado correto se, ao multiplicá-lo pelo divisor, obtivermos o dividendo, ou seja, ao aplicarmos a operação inversa da divisão que é a multiplicação, encontrarmos como resultado da multiplicação o número (D) que foi dividido inicialmente.

Por exemplo:

$20 \div 5 = 4$	sse	$4 * 5 = 20$	multiplicação inversa da divisão subtração inversa da adição
$642 \div 3 = 214$	sse	$214 * 3 = 642$	
$10 - 3 = 7$	sse	$7 + 3 = 10$	
$348 - 48 = 300$	sse	$300 + 48 = 348$	

Desta maneira, ao realizar a operação $642 \div 3$ encontrei como resultado o número 214 e, antes de apresentar este número como resultado da operação, realizei a operação inversa da divisão, ou seja, fiz $214 * 3$ e encontrei como resultado o número 642, que é o dividendo da divisão proposta. Assim, tive certeza de que a divisão que havia realizado estava correta e apresentei o resultado. Como o resto desta divisão foi zero, encontramos o dividendo como resultado da multiplicação do divisor com o quociente. Agora, se o resto da divisão não for zero, o dividendo é obtido através da multiplicação citada acima mais o resto da divisão, ou seja,

$$D \div d = Q \quad \text{sse} \quad (Q * d) + R = D$$

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

→11.Tutor: - Agora eu entendi. Vou assimilar suas informações para usá-las quando for necessário.

Ocorre aqui mudança de crenças, desejo, intenção e estratégia.

12.Aluno: - Fico satisfeito e orgulhoso por ter tido a oportunidade de ensinar-te algo.

→13.Tutor: - Gostaria agora que me explicasses como desenvolveste a operação de divisão. Talvez eu aprenda outra coisa, se resolveste a operação de maneira correta mas diferente da que estou esperando que resolvas.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

→ 14.Aluno: - Inicialmente, verifiquei quantas vezes o 3 cabe no 6 e concluí que eram duas vezes, e não sobra nada.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção, estratégia e expectativa.

15.Tutor: - Porque iniciaste a divisão pelo algarismo 6 e não pelo 4 ou pelo 2 ?

→ 16.Aluno: - Porque conheço a posição dos algarismos num número e sei que o número 642 é formado por 6 centenas, 4 dezenas e 2 unidades. Sei também que, quando

se divide um número por outro, inicia-se a divisão pela classe de maior ordem no número, que neste caso é a centena.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção e estratégia.

→ 17.Tutor: - Inicia-se uma divisão pelo algarismo que estiver mais à esquerda por ocupar a maior classe no número.

Ocorre aqui mudança de estratégia.

18.Aluno: - Continuando a operação e verificando quantas vezes o 3 cabe no 4, concluo que é uma vez e que sobra o algarismo 1 na classe das dezenas.

19.Tutor: - O que fazes com este algarismo que sobrou na casa das dezenas?

20.Aluno: - Transformo esta dezena em 10 unidades para poder continuar a divisão e somo a estas 10 unidades as 2 unidades do número, ficando ao todo com 12 unidades e verifico que o 3 cabe 4 vezes no 12, não sobrando unidade nenhuma.

21.Tutor: - Por que transformaste a dezena em 10 unidades ?

22.Aluno: - Porque existe um princípio da Matemática que diz que: "Todo algarismo colocado à esquerda de outro representa classe e ordem imediatamente superior a este, ou seja, 10 vezes maior."

Assim : 1 milhar = 10 centenas; 1 centena = 10 dezenas; 1 dezena = 10 unidades.

→ 23.Tutor: - Sou levado a concluir que sabes dividir um número formado por 3 algarismos por um número formado por 1 algarismo.

Ocorre aqui mudança de estratégia.

3.2.2 Diálogo B

Neste diálogo, o tutor propõe um problema ao aluno, acreditando que este sabe resolvê-lo sem dificuldade. Ele o resolve, apresentando o resultado convencido de que realizou corretamente a operação e, para sua surpresa, o tutor verifica que ele cometeu um erro. Então, o tutor solicita que o problema seja resolvido passo a passo pelo aluno. Identificado o erro, o tutor explica ao aluno uma maneira adequada de resolver o problema e o porquê do erro. Apresenta novos problemas, envolvendo a mesma dificuldade e, se ele resolver sem cometer erros, o tutor conclui que as crenças do aluno foram alteradas e que ocorreu a aprendizagem.

→ 1. Tutor: - Quero que apresentes o resultado da divisão de 648 por 6.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção e estratégia.

2. Aluno: - Ao dividir 648 por 6, encontrei como resultado o número 18.

→ 3. Tutor: - O resultado não está correto. Faça novamente a operação

Ocorre aqui mudança de crença, desejo, intenção e estratégia.

4. Aluno: - O resultado que encontrei foi 18.

→ 5. Tutor: - O resultado continua errado. Apresenta o desenvolvimento da operação que realizaste.

Ocorre aqui mudança de desejo.

→ 6. Aluno: - Inicialmente verifiquei quantas vezes o 6 cabe no 6 e concluí que é uma vez e não sobra nada.

Ocorre aqui mudança de crença, desejo, intenção, estratégia e expectativa.

→ 7. Tutor: - Por que iniciaste a divisão pelo algarismo 6 e não pelo 4 ou pelo 8?

Ocorre aqui mudança de crença.

8. Aluno: - Porque sei que se deve iniciar a divisão de um número por outro pelo algarismo que estiver na maior ordem que, neste caso, é o 6. Conheço também a posição dos algarismos num número e sei que o número 648 é formado por 6 centenas, 4 dezenas e 8 unidades.

9. Tutor: - Continua a tua explicação sobre o desenvolvimento desta operação.

→ 10. Aluno: - Continuando a operação, verifico quantas vezes o 6 cabe no 4 e concluo que o 6 cabe no 4 nenhuma vez. A seguir, abaixo o 8 que, ao lado do 4, forma o número 48 e verifico que o 6 cabe 8 vezes no 48.

Ocorre aqui mudança de crença, desejo, intenção e estratégia.

11. Tutor: - Como representaste o resultado da situação em que o 6 cabe no 4 nenhuma vez?

12. Aluno: - Não representei, porque penso que não se representa o resultado quando o 6 cabe alguma vez num número.

→ 13. Tutor: - Quero que me respondas quantas vezes o 6 cabe nas 6 centenas e como representas este resultado.

Ocorre aqui mudança de crença, desejo, intenção e estratégia.

14. Aluno: - Como o 6 cabe uma vez no 6, represento o resultado usando o algarismo 1.

→ 15. Tutor: - Agora, quero que me respondas quantas vezes o 6 cabe nas 4 dezenas.

Ocorre aqui mudança de expectativa.

16. Aluno: - Nenhuma vez.

17. Tutor: - Com que algarismo poderias representar “nenhuma vez”?

18. Aluno: - Acho que com o algarismo zero.

19. Tutor: - Por que não representaste este algarismo no resultado da divisão?

20. Aluno: - Porque sei que, quando o 6 cabe no 4 nenhuma vez, não preciso representar o resultado, devo abaixar o algarismo seguinte, que neste caso é o 8, formando assim o número 48 e continuar a divisão.

→ 21. Tutor: - Toda vez que se divide um algarismo por outro, deve-se representar o resultado desta divisão.

Assim, dividindo a centena 6 por 6, o resultado foi 1 e foi representado pelo algarismo 1.

Ao dividir a dezena 4 por 6, o resultado foi nenhuma vez e este resultado deve ser representado pelo algarismo zero.

A seguir, deve-se transformar as 4 dezenas na ordem imediatamente inferior, multiplicando-as por 10, e somar a elas o algarismo da ordem em questão, formando um novo número para continuar a divisão. No nosso caso, devemos transformar as 4 dezenas em 40 unidades e somá-las com as 8 unidades do número, formando assim o novo número que é o 48; prosseguir a divisão, verificando quantas vezes o 6 cabe nas 48 unidades, concluir que são 8 vezes e representar este resultado usando o algarismo 8.

Tenta agora, realizar novamente a divisão de 648 por 6, apresentando o resultado.

Ocorre aqui mudança de crença, desejo, intenção e estratégia.

22. Aluno: - Depois de realizar a divisão, o resultado que encontrei foi 108.

23. Tutor: - O resultado agora está correto. Realiza a divisão de 836 por 4, apresentando o resultado.

24. Aluno: - Encontrei o número 209 como resultado da divisão de 836 por 4.

→ 25. Tutor: - O resultado está correto. Posso concluir que aprendeste a realizar a operação de divisão com este tipo de dificuldade.

Ocorre aqui mudança de crença.

3.2.3 Diálogo C

Neste diálogo, o tutor propõe um problema ao aluno, mas este não sabe o que fazer, ou melhor, não sabe como realizar a operação solicitada. O tutor acredita que o aluno sabe resolver o problema proposto e, ao descobrir o contrário, passa a acreditar que o aluno deseja aprender. Assim, explica passo a passo a maneira de resolver tal problema.

→ 1. Tutor: - Represente o resultado da divisão de 642 por 3.

Ocorre aqui mudança de desejo, intenção e estratégia.

2. Aluno: -

→ 3. Tutor: - Divide 642 por 3.

Ocorre aqui mudança de crença e desejo.

→ 4. Aluno: -

Ocorre aqui mudança de desejo e expectativa.

→ 5. Tutor: - Entendeste o que foi solicitado?

Ocorre aqui mudança de desejo e expectativa.

→ 6. Aluno: - Entendi, mas não sei o que fazer.

Ocorre aqui mudança de desejo e expectativa.

→ 7. Tutor: - Sabes o que significa dividir um número por outro?

Ocorre aqui mudança de desejo e intenção.

→ 8. Aluno: - Não.

Ocorre aqui mudança de desejo e expectativa.

→ 9. Tutor: - Vou te ensinar ...

Ocorre aqui mudança de crenças, desejo e expectativa.

3.3 Ambiente usado na Aplicação

Power em [POW79] mostra como um diálogo pode ser produzido a partir de procedimentos conversacionais que são listas de instruções a serem seguidas por dois agentes: um ouvinte e um falante num ambiente simples no qual estes agentes interagem. Mostra que um diálogo pode ser produzido por procedimentos conversacionais que são seqüências de instruções por meio das quais as frases, aos pares, deveriam ser produzidas e interpretadas. A teoria que envolve os procedimentos conversacionais tem, por base, a noção de pares adjacentes apresentada por Schegloff e Sacks e descrita em [POW79]. No ambiente idealizado por Power, constam dois agentes em salas diferentes e uma porta de comunicação entre eles. Os agentes cooperam e discutem seus planos para realizar a tarefa proposta que é um dos agentes abrir a porta para o outro passar para a sala onde este se encontra. Este trabalho é feito com robôs.

Este ambiente também foi adotado por Corrêa em [COR94] para a realização de suas experiências. Ele utilizou um ambiente adequado para a simulação das interações dos agentes autônomos em seu trabalho. Precisava de um ambiente simples para poder examinar, controladamente, os efeitos de certas variáveis da arquitetura no comportamento global do agente e mostrar as principais características da arquitetura SEM.

Na nossa interpretação em relação ao trabalho de Corrêa, a razão pela qual ele adotou o ambiente de Power, para suas experiências, é que, além de ser um ambiente simples, ele (Power) procura modelar os diálogos entre os agentes e apresenta o fenômeno da cooperação entre eles, interagindo em seu ambiente. Este ambiente também foi usado por Cohen citado por [COR94] para testar suas idéias que eram

mostrar como a decisão sobre o que um agente vai dizer é uma função das crenças do agente.

Corrêa aplicou e avaliou a teoria dos procedimentos conversacionais numa variação do ambiente apresentado por Power através da orientação do trabalho de Cascalho que implementou, em Prolog, um modelo de diálogo descrito em [COR94], a partir das idéias de Power. Analisando esta experiência, Corrêa concluiu que o método, cujo enfoque é a arquitetura do agente e que trabalha com um sistema capaz de dialogar, oferece mais recursos e possibilidades para a obtenção de sistemas mais flexíveis e mais transparentes para a compreensão do comportamento do agente. Sendo assim, suas experiências foram realizadas utilizando a arquitetura SEM. Foram feitas várias interações entre os agentes e analisadas como e por que tais interações ocorrem. Usando uma variação do ambiente apresentado por Power, apresentaremos algumas interações dos agentes e vamos analisar como e por que as interações e mudanças nos estados mentais acontecem, e qual a razão que leva um agente a realizar determinada ação. Por exemplo, o tutor faz uma pergunta ao aluno e supõe que este vai apresentar uma resposta. O que garante isto é a flexibilidade da arquitetura SEM e a variação no ambiente de Power feita por Cascalho e descrita em [COR94].

Nosso ambiente é formado por dois agentes, um tutor e um aluno, onde um ensina e o outro aprende, e as interações entre eles são os diálogos escritos em Português para facilitar a leitura do texto. Estes diálogos, na realidade, são mensagens em forma de programas escritos em Prolog (ARITY/PROLOG) sem formato fixo, ou seja, com formato variável. Nos programas existe um **gerenciador** que governa o tutor e o aluno e que conhece a estrutura das mensagens, filtrando-as sempre que for necessário para que a interação não seja interrompida e seja realizada com sucesso.

Quando dizemos que um agente ensina e o outro aprende não estamos fixando que o tutor ensina e o aluno aprende (como em geral é rotulado que o tutor tem a função de ensinar e o aluno tem a função de aprender); pode ocorrer aprendizagem por parte dos dois agentes em momentos diferentes e estes serão descritos mais adiante.

O ambiente adotado impõe a especificação de um conjunto de crenças iniciais para cada agente. Crenças a respeito do domínio, crenças de um agente sobre os seus conhecimentos e os conhecimentos do outro agente, crenças sobre ações e estratégias de ensino (ou planos de ensino) a serem utilizadas.

Do conhecimento prévio assumido pelo tutor constam suas crenças as quais chamamos de crenças permanentes do tutor, pois estão intimamente relacionadas com o conhecimento sobre o domínio da aplicação e as crenças que o tutor possui sobre o conhecimento do aluno (modelo inicial do aluno), e são descritas abaixo:

- o tutor conhece todas as operações com números naturais de um algarismo;
- o tutor conhece todas as operações com números naturais de dois algarismos;
- o tutor conhece todas as operações com números naturais de três algarismos;
- o tutor conhece a operação de adição;
- o tutor conhece a operação de subtração;
- o tutor conhece a operação de multiplicação;
- o tutor conhece a concatenação entre dois números naturais para gerar um terceiro;
- o tutor conhece o conceito de igualdade entre dois números naturais;
- o tutor conhece o que significa dividir um número com dois ou mais algarismos por outro com um algarismo de acordo com o algoritmo **ESTRAT6**, descrito em 3.4.3.1(A);
- o tutor conhece a posição dos algarismos em um número qualquer;
- o tutor conhece a relação entre as classes dos algarismos;
- o tutor conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados;
- o tutor conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

O aluno, por sua vez, possui algumas destas crenças listadas para o tutor mas, no caso dele, algumas variam de acordo com a situação a ser trabalhada, pois o aluno nem sempre é o mesmo a cada situação descrita. Temos pelo menos três alunos diferentes que possuem algumas crenças permanentes. Listaremos aqui as crenças permanentes que qualquer aluno possui, independente da situação ou diálogo, e, ao trabalharmos em cima de cada diálogo em particular, apresentaremos as crenças de cada aluno.

As crenças permanentes do aluno são:

- o aluno conhece todas as operações com números naturais de um algarismo;
- o aluno conhece todas as operações com números naturais de dois algarismos;
- o aluno conhece todas as operações com números naturais de três algarismos;
- o aluno conhece a operação de adição;
- o aluno conhece a operação de subtração;
- o aluno conhece a operação de multiplicação;
- o tutor conhece o conceito de igualdade entre dois números naturais;
- o aluno conhece a posição dos algarismos em um número qualquer;
- o aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos;
- o aluno conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos.

Para produzir as interações especifica-se, para cada agente, os desejos, as intenções e as expectativas possíveis de serem satisfeitos no ambiente adotado. Os resultados da afinação da arquitetura são mostrados em vários instantes das interações dos agentes, através das relações entre os estados mentais, as estratégias de ensino, os contextos (domínio da aplicação) e as ações realizadas pelos agentes. A figura 3.1 mostra o desejo, produzindo intenções que, associadas às crenças, selecionam e aplicam estratégias para satisfazê-lo:

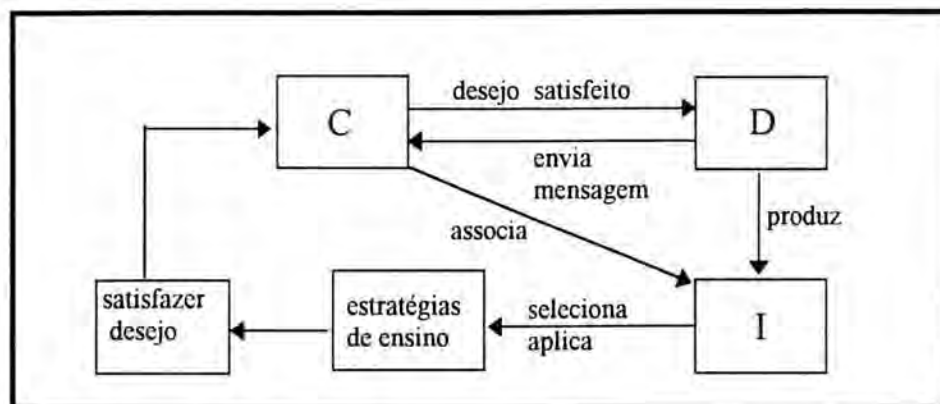


Figura 3.1 - Agentes trocando Mensagens para satisfazer Desejos

A partir dos desejos que o tutor e o aluno possuem, são produzidas as intenções que, interagindo com as crenças dos agentes, constroem estratégias de ensino com a finalidade de satisfazer os desejos. Quando existe mais de um desejo, é acionado o tratamento de urgência, ou seja, conforme definido pela arquitetura SEM, na representação dos desejos é definida uma função para tratar a satisfação de acordo com a urgência em satisfazer determinado objetivo. A cada uma delas é atribuído um valor significativo, principalmente à urgência, no nosso caso específico, com a finalidade de priorizar ou definir a prioridade do desejo a ser satisfeito.

No momento em que é definido qual o desejo a ser satisfeito em primeiro lugar, a intenção a ele associada recebe uma mensagem e seleciona a estratégia adequada para satisfazer tal desejo. Esta estratégia se relaciona com as crenças, satisfazendo o desejo, e envia a mensagem de que o desejo foi satisfeito; o mecanismo continua e verifica se existe outro desejo ou outros desejos a serem satisfeitos. Caso existam, verifica-se o fator relativo à urgência, seleciona-se o desejo que possui maior fator e, através da intenção correspondente, a estratégia é acionada e o desejo é satisfeito. O ciclo continua até que todos os desejos relativos àquela fase sejam satisfeitos e fica-se aguardando nova interação entre os agentes (globais). A cada interação entre o tutor e o aluno, ou seja, a cada passo do diálogo, é feita uma análise sobre os estados mentais do agente em relação àquele passo e sobre as mudanças que ocorrem nos estados. Assim, quando há mais de um desejo, após ser satisfeito o que tem maior prioridade, ocorre uma mudança, pois surge um novo desejo que deve ser satisfeito. Quando ocorre mudança de

crenças é porque aconteceu ou houve aprendizagem por parte do agente - aluno ou tutor.

3.4 Descrição das Crenças do Tutor, do Aluno e do Conhecimento do Domínio³ no Formalismo da Arquitetura SEM

3.4.1 Crenças Permanentes do Tutor

Do conhecimento prévio assumido pelo tutor, constam as crenças permanentes do tutor, o conhecimento sobre o domínio da aplicação e as crenças que o tutor possui sobre o conhecimento do aluno (modelo inicial do aluno), descritas abaixo:

CT1.1 - conhece todas as operações com números naturais de um algarismo.

CT1.1 \models { $\langle\langle$ bel, A_T , P_{tabuada1} , 1 $\rangle\rangle$ } onde P_{tabuada1} é a proposição:

$\text{tabuada1} \models \langle\langle$ adição, 1, 1, 2, 1 $\rangle\rangle, \langle\langle$ adição, 1, 2, 3, 1 $\rangle\rangle, \dots, \wedge$

$\langle\langle$ subtração, 2, 1, 1, 1 $\rangle\rangle, \langle\langle$ subtração, 2, 2, 0, 1 $\rangle\rangle, \dots, \wedge$

$\langle\langle$ multiplicação, 1, 2, 2, 1 $\rangle\rangle, \langle\langle$ multiplicação, 1, 3, 3, 1 $\rangle\rangle, \dots, \text{etc}$

CT1.2 - conhece todas as operações com números naturais de dois algarismos.

CT1.3 - conhece todas as operações com números naturais de três algarismos.

CT1.2 e CT1.3 são definidos como CT1.1 trocando apenas a proposição P_{tabuada1} , para P_{tabuada2} , P_{tabuada3} .

³ Os símbolos usados nesta seção são:

CT que representa crenças do tutor; CA que representa crenças do aluno;

AA que representa agente aluno; AT que representa agente tutor

A representação das crenças do tutor CT1.2 e CT1.3 é idêntica a CT1.1 apenas variando a tabuada em relação à quantidade de algarismos envolvidos nas operações.

CT2 - conhece a operação de adição.

$$CT2 \models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{CT1.1}, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{bel}, AT, P_{CT1.2}, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{bel}, AT, P_{CT1.3}, 1 \rangle \rangle \}$$

CT3 - conhece a operação de subtração.

CT4 - conhece a operação de multiplicação.

A representação das crenças CT3 e CT4 segue a mesma definição de CT2 e a definição das operações segue a mesma definição apresentada em CT1.1, CT1.2 e CT1.3.

CT5 - conhece o que significa dividir um número com dois ou mais algarismos por outro com um algarismo de acordo com o algoritmo descrito em 1.3.

CT5 $\models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{ESTRAT6-B}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{ESTRAT6-B}$ é proposição:

$ESTRAT6-B \models \langle \langle \text{estratégia-para}, ESTRAT6, SP1, 1 \rangle \rangle$ onde $ESTRAT6$ é a estratégia descrita em 3.4.3 e

$SP1 \models \langle \langle \text{resolve}, AT, p1, 1 \rangle \rangle$ onde $p1 \models \langle \langle \text{dividir}, X, Y, 1 \rangle \rangle$

CT6 - conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

CT6 $\models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{posição}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{posição}$ é a proposição:

$posição \models \langle \langle \text{milhar}, N, M, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{centena}, N, C, 1 \rangle \rangle \wedge$

$\langle \langle \text{dezena}, N, D, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{unidade}, N, U, 1 \rangle \rangle$

(N, M, C, D, U são, respectivamente, o número, o milhar, a centena, a dezena e a unidade).

CT7 - conhece a relação entre as classes dos algarismos.

CT7 $\models \{ \langle\langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação}}, 1 \rangle\rangle \}$ onde $P_{\text{relação}}$ é a proposição:

relação $\models \langle\langle \text{igual}, 1 \text{ milhar}, 10 \text{ centenas}, 1 \rangle\rangle \wedge$

$\langle\langle \text{igual}, 1 \text{ centena}, 10 \text{ dezenas}, 1 \rangle\rangle \wedge$

$\langle\langle \text{igual}, 1 \text{ dezena}, 0 \text{ unidades}, 1 \rangle\rangle$

CT8 - conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

CT8 $\models \{ \langle\langle \text{bel}, A_T, P_{\text{menor-classe}}, 1 \rangle\rangle \}$ onde $P_{\text{menor-classe}}$ é a proposição:

menor-classe $\models \langle\langle \text{unidade-menor-milhar}, N, UMM, 1 \rangle\rangle \wedge$

$\langle\langle \text{unidade-menor-centena}, N, UMC, 1 \rangle\rangle \wedge$

$\langle\langle \text{unidade-menor-dezena}, N, UMD, 1 \rangle\rangle \wedge$

$\langle\langle \text{unidade-menor-classe}, N, UML, 1 \rangle\rangle$

(N, UMM, UMD, UMC, UML são, respectivamente, o número, a unidade de menor classe de milhar, a unidade de menor classe da centena, a unidade de menor classe da dezena e a unidade de menor classe)

CT9 - conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

CT9 $\models \{ \langle\langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação-classe}}, 1 \rangle\rangle \}$ onde $P_{\text{relação-classe}}$ é a proposição:

relação-classe $\models \langle\langle \text{dez-vezes}, \text{Milhar}, \text{centena}, 1 \rangle\rangle \wedge$

$\langle\langle \text{dez-vezes}, \text{Centena}, \text{Dezena}, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{dez-vezes}, \text{Dezena}, \text{Unidade}, 1 \rangle\rangle$

(Milhar, Centena, Dezena e Unidade são respectivamente, o milhar, a centena, a dezena e a unidade de um número).

3.4.2 Crenças Permanentes do Aluno

As crenças do aluno, neste caso, coincidem com as crenças do tutor de 1 até 9, ou seja, $CA1.1, \dots, CA2, \dots, CA9$ é igual a $CT1.1, \dots, CT2, \dots, CT9$. Assim não serão repetidas aqui. Além destas, o aluno possui uma crença que o tutor não possui que é:

CA10 - conhece que a divisão é inversa da multiplicação.

$CA10 \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{PCA}, 1 \rangle \rangle \}$, onde P_{PCA} é a proposição:

$$PCA \models \langle \langle \text{inversa}, SI, SM, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{inversa}, SM, SI, 1 \rangle \rangle$$

$$SI \models \langle \langle \text{divisão}, A, B, C, 1 \rangle \rangle$$

$$SM \models \langle \langle \text{multiplicação}, C, B, A, 1 \rangle \rangle$$

3.4.3 Conhecimento que o Agente possui do Domínio de Aplicação

Nossa aplicação está voltada para o ensino e a aprendizagem de agentes cognitivos autônomos. São eles, um tutor que, na maioria das vezes, tem por objetivo ensinar ao aluno como resolver determinado problema usando para isto a técnica de ensino EBL descrita em 2.2 ou confirmar os desenvolvimentos apresentados pelo aluno, e um aluno que, em geral, aprende com os ensinamentos do tutor.

A interação entre os agentes globais, quando trata o caso do ensino e da aprendizagem, se torna um caso bastante complexo de ser tratado, pois uma coisa é dois agentes interagirem através da troca de mensagens de seus agentes locais em que um solicita ao outro alguma informação ou um favor, e outra é um agente se propor a ensinar ao outro algo que este desconhece.

Para que se processe a aprendizagem é necessário a existência de estratégias de ensino, ou seja, procedimentos que irão determinar a maneira adequada de

como determinado conteúdo deve ser ensinado. Tais estratégias precisam estar disponíveis para serem facilmente manuseadas, selecionadas, tratadas (adequadas ao problema em questão) e executadas sempre que houver necessidade. Não se pode esquecer que um fator importante para que haja aprendizagem é a Motivação, entretanto, este trabalho não aborda este tema.

Estas estratégias estão vinculadas ao agente local intenção que desempenha a função, entre outras, de controlador da execução dos planos de ensino. Na arquitetura SEM, as estratégias estão descritas também no agente local intenção na forma de um subconjunto das intenções formado por ações específicas para satisfazer desejos, intenções e expectativas. As estratégias de ensino constituem um conjunto de ações, ou seja, um plano ao qual o agente local crença tem acesso. Quando se faz necessário o uso de uma estratégia de ensino, o agente local crença envia uma mensagem ao conjunto das estratégias e seleciona a mais adequada ao caso em questão, baseado nas crenças do agente global. As estratégias que são determinadas pelo agente local intenção devem, de alguma maneira, estar associadas a uma ou mais crenças de maneira significativa para que a escolha seja adequada.

A figura 3.2 representa o diagrama das estratégias de ensino utilizadas pelo tutor e pelo aluno nos três diálogos que fazem parte desta aplicação.

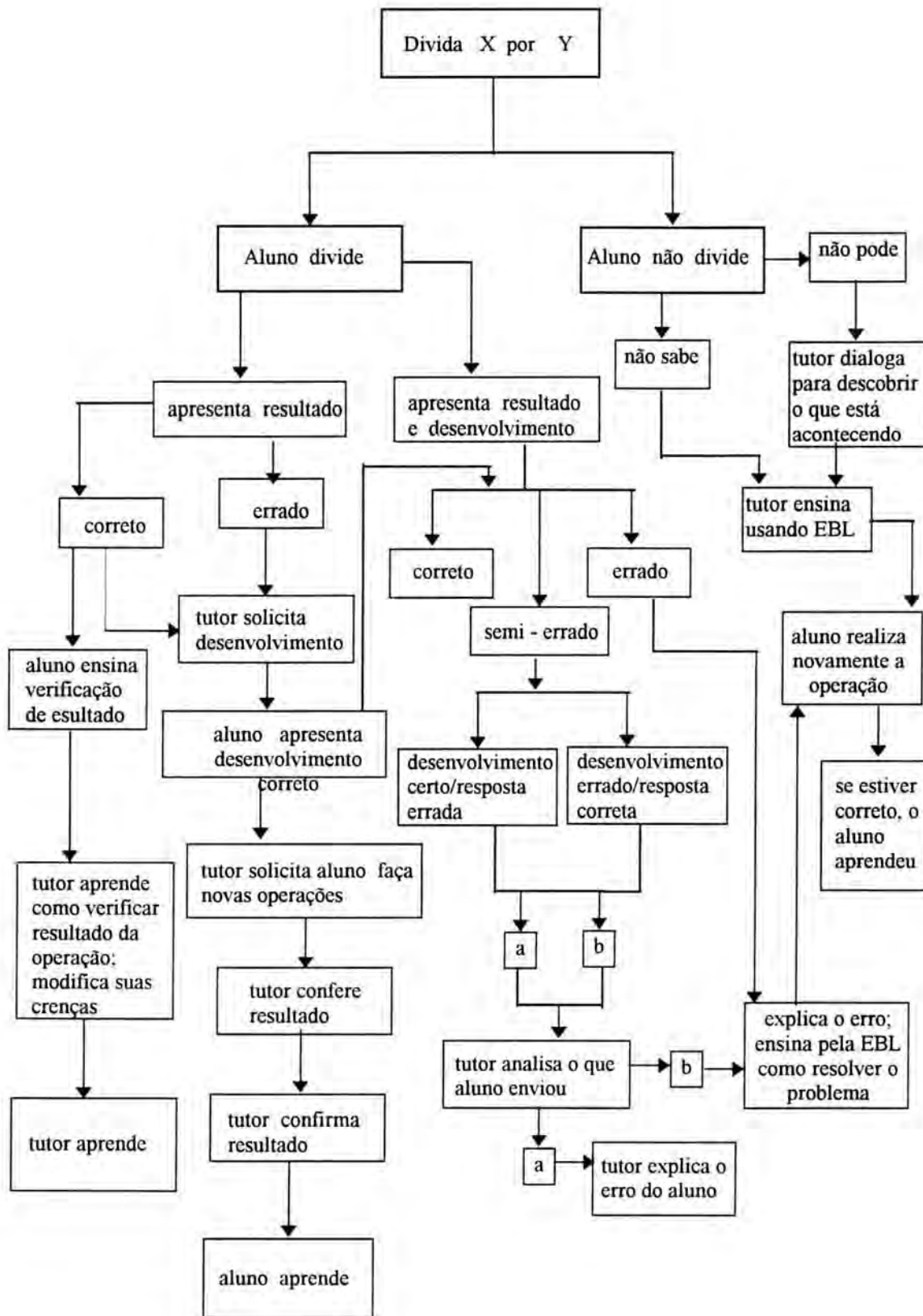


Figura 3.2 - Diagrama das Estratégias de Ensino dos Agentes

Apresentamos a seguir algumas *estratégias de ensino* utilizadas pelo aluno e pelo tutor no decorrer dos diálogos.

3.4.3.1 Estratégias usadas pelo Tutor

A) Estratégia adotada pelo tutor para resolver o problema da divisão de um número X por outro Y, com as crenças associadas a sua utilização.

A estratégia para dividir um número por outro é feita segundo os seguintes passos:

- 1) divide o algarismo A1 da maior classe pelo divisor D, resultado Q, com resto R1;
- 2) multiplica R1 por 10, resultado R10;
- 3) soma R10 com o algarismo A2 da classe menor seguinte, resultado A210;
- 4) repete os passos 1 a 3, até o algarismo das unidades;
- 5) o resultado da operação será o número cujos algarismos, são os Q obtidos na seqüência de passos de 1 a 4.

Esta estratégia pode ser definida pelo algoritmo abaixo descrito:

ESTRAT6 |= { << faz-se, BS1, AC1, 1 >>, << faz-se, QS1, ACQ1, 1 >>,
 << faz-se, BR1, ACR1, 1 >>, << faz-se, BS2, AC2, 1 >>,
 << faz-se, BS3, AC3, 1 >>, << faz-se, BQSD, ACQ, 1 >> }

BS1 |= { << bel, AT, P_{PS1}, 1 >> } onde P_{PS1} é a proposição:

PS1 |= << divisão-completada, N, D, 0 >> ∧

<< dígito-da-maior-classe, N, A, 1 >> ∧

$\ll \text{n\~{a}o-foi-efetuada-divis\~{a}o, A, D, 1} \gg$

N é o tipo $[\text{NP}|\text{SN} \models \ll \text{divis\~{a}o, NP, DV, 1} \gg \wedge \ll \text{dividendo, NP, 1} \gg]$, com o parâmetro numérico NP ancorado em N;

D é o tipo $[\text{DV}|\text{SN} \models \ll \text{divis\~{a}o, NP, DV, 1} \gg \wedge \ll \text{divisor, DV, 1} \gg]$, com o parâmetro numérico DV ancorado em D.

$\text{AC1} \models \ll \text{divide, AT, A, D, 1} \gg$

A é do tipo $[\text{AP}|\text{SAP} \models \ll \text{divis\~{a}o-completada, N, D, 0} \gg \wedge$

$\ll \text{d\~{i}gito-da-maior-classe, N, AP, 1} \gg \wedge \ll \text{n\~{a}o-foi-efetuada-divis\~{a}o, AP, D, 1} \gg]$

sendo AP é um parâmetro para dígito e ancorado em A.

$\text{QS1} \models \{ \ll \text{bel, AT, P}_{\text{QS1}}, 1 \gg \}$ onde P_{QS1} é a proposição:

$\text{PQS1} \models \ll \text{quociente-da-divis\~{a}o, A, D, Q1, 1} \gg$

$\text{ACQ1} \models \ll \text{coloca-d\~{i}gito-em-quociente-da-divis\~{a}o, AT, N, D, Q1} \gg$

$\text{BR1} \models \{ \ll \text{bel, AT, P}_{\text{BR1}}, 1 \gg \}$ onde P_{BR1} é a proposição:

$\text{PR1} \models \ll \text{resto-da-divis\~{a}o, A, D, R, 1} \gg$

$\text{ACR1} \models \ll \text{multiplica, AT, R, 10, 1} \gg$

$\text{BS2} \models \{ \ll \text{bel, AT, P}_{\text{BS2}}, 1 \gg \}$ onde P_{BS2} é a proposição:

$\text{PS2} \models \ll \text{divis\~{a}o-completada, N, D, 0} \gg \wedge \ll \text{d\~{i}gito-da-maior-classe, N, B, 1} \gg \wedge$

$\ll \text{n\~{a}o-foi-efetuada-divis\~{a}o, B, D, 1} \gg \wedge$

$\ll \text{resultado-da-multiplic\~{a}o, R, 10, R10, 1} \gg$

$\text{AC2} \models \ll \text{soma, AT, PS2, 1} \gg$ onde

B é do tipo [BP|SBP |= << divisão-completada, N, D, 0 >> ∧

<< dígito-da-maior-classe, N, BP, 1 >> ∧ << não-foi-efetuada-divisão, BP, D, 1 >>]

BS3 |= { << bel, A_T, P_{PS3}, 1 >> } onde P_{PS3} é a proposição:

PS3 |= << resultado-da-soma, R10, B, C >>

AC3 |= << divide, A_T, C, D >>

BQSD |= { << bel, A_T, P_{PQSD}, 1 >> } onde P_{PQSD} é a proposição:

PQSD |= << resultado-divisão, C, D, QS >>

ACQ |= << coloca-dígito-em-quociente-da-divisão, A_T, N, D, QS >>.

B) Outras Estratégias usadas pelo tutor

ESTRATP é a estratégia:

enviar a mensagem: divide o número 642 por 3.

- assumir que o aluno possui as crenças permanentes descritas em 3.4.2;
- esperar a resposta do aluno que deverá ser: X.

ESTRAT1 é a estratégia:

se o tutor não apresentou o problema então:

usa a estratégia que envolve a crença do tutor para o problema:

- envia ao aluno a mensagem: divide X por Y.
- espera resposta do aluno

ESTRAT3 é a estratégia:

- verifica se a estratégia usada pelo aluno está correta:
- envia ao aluno a mensagem: Como foi que fizeste a divisão de X por Y ?

- espera a resposta do aluno, que pode ser:
- o aluno responde (a) ou (b) abaixo:
 - a) todos os passos das operações que fez, em uma única mensagem;
 - b) mostra o processo de solução utilizado, passo a passo.
- se (a) o tutor confere todos os passos com ESTRAT6 e:
 - se forem idênticos o tutor acredita que o aluno sabe fazer a operação de divisão;
 - se existir algum passo que for diferente, o tutor inicia uma operação de análise das diferenças encontradas, podendo aprender com o aluno ou ensiná-lo.
- se (b) o tutor confere este passo com o passo correspondente de ESTRAT6 e:
 - se for idêntico, tutor pede o passo seguinte, repetindo ESTRAT3 itens (a) ou (b);
 - se for diferente, tutor utiliza uma estratégia para analisar as diferenças encontradas, podendo aprender com o aluno ou ensiná-lo.

ESTRAT2 é a estratégia:

O tutor envia a mensagem ao aluno: qual o resultado de X dividido por Y ?

Espera a resposta do aluno, que pode ser:

- a) certa, coincide com a esperada;
 - b) errada;
 - c) certa, mas diferente da esperada.
- se a resposta for (a) ou (c), solicita que o aluno apresente o desenvolvimento da operação passo a passo;
 - se a resposta for (b), solicita que o aluno realize novamente a operação e aguarda a resposta que pode ser (a) ou (c); e
 - se a resposta for novamente (b), solicita que o aluno apresente passo a passo o desenvolvimento da operação que realizou.

ESTRATAEC é a estratégia:

- se $ESTRATAEC = ESTRAT6$ então o aluno usou estratégia correta para resolver o problema p1
- se $ESTRATAEC \neq ESTRAT6$ então o tutor utiliza uma estratégia para verificar se o desenvolvimento do aluno está correto, apesar de diferente do seu;

- se estiver correto, envia outros problemas para o aluno resolver;
- se estiver errado, usa uma estratégia para descobrir o erro do aluno.

ESTRATIEC é a estratégia:

- o tutor se propõe a ensinar ao aluno como resolver a operação de divisão de um número por outro. Para isto, utiliza a ESTRAT6 e diz ao aluno que, se seguir todos os passos daquele algoritmo, conseguirá resolver a operação proposta e todas as operações que tiverem aquele tipo de dificuldade.

ESTRAT8 é a estratégia:

- verifica se o aluno respondeu ao problema p1.
- se o aluno respondeu: resposta RA1, então o tutor resolve o problema p1: estratégia ESTRAT6; resultado RT1.
- se $RA1 = RT1$ então envia mensagem ao aluno: o resultado está correto.

ESTRATAKC é a estratégia:

- verifica se o aluno respondeu ao problema p2.
- se o aluno respondeu: resposta RA2, então o tutor resolve o problema p2, usando as estratégias ESTRAT6, ESTRATRESB e ESTRATREP; resultado RT2.
- se $RA2 = RT2$ então envia mensagem ao aluno: o resultado apresentado está correto.

ESTRAT5 é a estratégia:

- enviar a mensagem: divide o número 648 por 6.
- assumir que o aluno possui as crenças permanentes que estão descritas em 3.4.2
- esperar a resposta do aluno que deverá ser: X.

ESTRATDGA é a estratégia:

- se $ESTRAT4 = ESTRAT6$ então não há erro;
- se $ESTRAT4 \neq ESTRAT6$ então conclui que há erro.

ESTRATREPRES é a estratégia ESTRATRESB usada pelo tutor que explica como se representa o resultado de toda divisão parcial.

ESTRATRP7 é a estratégia:

- quando se divide a centena por um número menor que ela, o resultado desta divisão parcial é o algarismo que representa quantas vezes o número cabe nas centenas;

- quando se divide a centena por um número maior que ela, o resultado desta divisão parcial é o algarismo zero que representa que o número cabe nas centenas nenhuma vez;

- quando se divide a dezena por um número menor que ela, o resultado desta divisão parcial é o algarismo que representa quantas vezes o número cabe nas dezenas;

- quando se divide a dezena por um número maior que ela, o resultado desta divisão parcial é o algarismo zero que representa que o número cabe nas dezenas nenhuma vez;

- quando se divide a unidade por um número menor que ela, o resultado desta divisão parcial é o algarismo que representa quantas vezes o número cabe nas unidades;

- quando se divide a unidade por um número maior que ela, o resultado desta divisão parcial é o algarismo zero que representa que o número cabe nas unidades nenhuma vez.

ESTRATRESB:

O tutor envia as mensagens ao aluno:

A) - Como representaste a divisão da centena (6) por 6, ou seja, como representaste a situação que responde a pergunta: quantas vezes o 6 cabe no 6 ?

Aguarda a resposta:

- se a resposta for 1, manda prosseguir;

- se a resposta for diferente de 1, explica que o 6 cabe 1 vez no 6 e que a resposta da divisão parcial é de 6 por 6 é 1;

B) - Como representaste a divisão da dezena (4) por 6, ou seja, como representaste a situação que responde a pergunta: quantas vezes o 6 cabe no 4 ?

Aguarda a resposta:

· se a resposta foi nenhuma vez e não se representa o resultado, o tutor interrompe o aluno e explica que toda divisão parcial de uma divisão deve ser representada por um resultado, assim:

· se um número cabe nenhuma vez em outro, o resultado é representado pelo algarismo ZERO;

· se a resposta foi nenhuma vez e representa-se por ZERO, manda prosseguir a operação.

Ao dividir um algarismo X por outro algarismo Y temos duas situações:

- a) se $X \geq Y$, o resultado da divisão é $Z \in \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$;
- b) se $X < Y$, o resultado da divisão é o algarismo ZERO.

ESTRATREP: representação do resultado das divisões parciais:

O tutor envia a mensagem ao aluno: com que algarismo representas o resultado da divisão de X por Y ?

Aguarda a resposta que pode ser :

- a) com o algarismo que representa o número de vezes que Y cabe no X;
- b) com o algarismo Zero;
- c) não represento.

· se a resposta for (a) ou (b), o aluno continua o processo de divisão;

· se a resposta for (c), o tutor sugere ao aluno que chame estratégia

ESTRATRESB.

ESTRATRESP é a estratégia:

O tutor envia a mensagem: por que não apresentaste resposta ao problema proposto?

Aguarda a resposta que pode ser:

- a) porque não quis;
- b) porque não sei o que fazer.

· se a resposta for (a) o tutor abandona o aluno;

· se a resposta for (b) o tutor explica ao aluno que ele deveria realizar a operação de divisão do número 642 pelo número 3.

ESTRATAAR é a estratégia:

- a) explicar ao aluno que deve realizar a divisão do número apresentado, no caso 642 por 3, se o aluno responder que não entendeu o que é para fazer;
- b) explicar ao aluno como se realiza a divisão de um número por outro, se o aluno responder que não sabe dividir, não conhece o processo de divisão de um número por outro.

ESTRATCRP é a estratégia:

O tutor envia mensagem: conheces o processo de divisão para resolver o problema proposto?

Aguarda a resposta que pode ser:

- a) conheço; então o tutor solicita que o aluno realize a operação passo a passo para que possa conferir o desenvolvimento do aluno com a estratégia ESTRAT6;
- b) não conheço; então o tutor ensina o aluno usando as estratégias ESTRAT6, ESTRATRESB, ESTRATREP, através do método EBL.

ESTRATAOD é uma estratégia usada pelo tutor para ensinar ao aluno como resolver a operação de divisão. Esta estratégia é uma combinação de ESTRAT6, ESTRATRESB, ESTRATREP.

ESTRATPBT é a estratégia ESTRATRESB item B, usada pelo tutor para solicitar que o aluno responda sua pergunta e para verificar se o aluno representou o resultado da divisão parcial, ou seja, se o aluno colocou o algarismo zero na resposta da divisão parcial.

ESTRATEAR é a estratégia usada pelo tutor para ensinar ao aluno como resolver a operação de divisão de um número natural por outro. Esta estratégia é uma combinação de ESTRAT6, ESTRATRESB, ESTRATREP.

ESTRATDVJ é a estratégia:

Envia mensagem ao aluno: como tens certeza do resultado da operação?

Espera resposta do aluno que pode ser:

- a) tirando a prova;
- b) aplicando o algoritmo que resolve a divisão;
- se resposta for (a), solicita que explique que prova usou;
- se resposta for (b), acredita que o aluno sabe resolver a operação e concorda com o resultado.

ESTRATHLJ é a estratégia:

Envia mensagem ao aluno: explica-me como realizaste a prova para ter certeza do resultado da operação.

Aguarda resposta que pode ser:

- a) vou te explicar;
- b) não vou te explicar;
- se for (a) aguarda explicação;
- se for (b) solicita novamente até obter resposta positiva.

ESTRATENI é a estratégia:

Envia mensagem ao aluno: ensina-me o algoritmo para verificar se o resultado da divisão está correto ou não;

Aguarda resposta que pode ser:

- a) vou te ensinar
- b) não vou te ensinar;
- se for (a) aguarda explicação;
- se for (b) solicita novamente até obter resposta positiva.

ESTRATCONF é a estratégia:

- aluno representa com um algarismo o resultado de toda divisão(subdivisões) que realiza, o tutor acredita que ele possui a crença de que se representa o resultado de toda a divisão ;
- aluno não representa resultado de alguma divisão, o tutor acredita que ele não possui a crença e então usa ESTRATREP para ensiná-lo.

3.4.3.2 Estratégias usadas pelo Aluno

ESTRATMA é a estratégia:

- a) se coincidir, o resultado está correto e o desenvolvimento também;
- b) se não coincidir, e o resultado estiver correto, o tutor confere o desenvolvimento do algoritmo apresentado pelo aluno:
 - se estiver tudo correto, de acordo com suas crenças, assimila este modo de resolver o problema apresentado pelo aluno e que ele não conhecia (acontece aprendizagem por parte do tutor) e comunica ao aluno que está tudo correto;
 - se não estiver correto, comunica ao aluno e ensina-o a resolver o problema usando a ESTRAT6.

ESTRAT4 é a estratégia:

- a) coincide com ESTRAT6;
- b) estratégia usada pelo aluno:
 - 1) verificar quantas vezes o divisor (d) cabe no algarismo (A1), aquele que está mais à esquerda do número?
 - se for um número X de vezes e $X > 0$, escrever este no resultado (Q) como Q1 e verificar o resto (R1);
 - se $X = 0$, não escrever ele em Q;
 - 2) multiplicar R1 por 10;
 - 3) somar o resultado obtido em (2) com o algarismo (A2) da classe menor seguinte, formando um novo número e voltar para (1);
 - 4) repetir os passos 1 a 3 até o algarismo das unidades;
 - 5) o resultado da operação é a soma dos algarismos representados em (Q), ou seja,

$$Q1 + Q2 + \dots + Qn = Q.$$

ESTRATMOT é a estratégia usada pelo aluno para resolver o problema e mostrar ao tutor que aprendeu a resolver a operação usando as estratégias ESTRAT6, ESTRATRESB e ESTRATREP.

ESTRATINF é a estratégia através da qual o aluno procura comunicar ao tutor que não sabe o que fazer:

O aluno envia a mensagem: não sei o que responder, gostaria que me dissesse o que devo fazer.

O aluno aguarda resposta que pode ser:

- a) vou te ensinar;
 - b) o tutor não envia mensagem.
- se a resposta for (a) aguarda a explicação;
- se for (b) solicita novamente até ser atendido.

ESTRATODF é a estratégia ESTRATINF através da qual o aluno solicita ao tutor que lhe diga o que fazer.

ESTRATART é uma estratégia através da qual o aluno responde ao tutor:

O aluno envia a mensagem:

- a) sei que devo realizar a operação de divisão do número 642 por 3, mas não sei como realizá-la;
- b) quero aprender o processo para realizar a operação de divisão;
- c) não quero aprender a realizar a operação de divisão;
- d) quero resolver o problema proposto;

Aguarda a resposta que pode ser:

- se mensagens forem (a), (b) ou (d) o tutor utiliza a ESTRAT6 e ensina o aluno;
- se resposta for (c) encerra a comunicação com o aluno.

ESTRATEXP é a estratégia ESTRATINF usada pelo aluno para explicar ao tutor que entendeu a solicitação, mas não sabe o que é para fazer.

ESTRATENS é a estratégia ESTRATART usada pelo aluno para solicitar ao tutor que lhe ensine o processo de divisão de um número por outro.

ESTRATRSV é a estratégia ESTRATART através da qual o aluno comunica ao tutor que deseja resolver o problema proposto.

ESTRATAPD é a estratégia ESTRATART através da qual o aluno comunica ao tutor sua intenção de aprender o processo de divisão de um número por outro.

ESTRATSMJ é a estratégia usada pelo aluno para mostrar ao tutor que sabe verificar se o resultado de uma operação está correto ou não:

Envia mensagem ao tutor: existem duas maneiras de checar o resultado de uma operação:

- a) tirar a prova usando a operação inversa que, no nosso caso, é usar a multiplicação que é a operação inversa da divisão;
- b) aplicar o algoritmo que resolve a operação;

· se usar (a) a resposta é imediata. Por exemplo, para saber se o resultado de:

$$20 \div 4 = 5 \quad \text{está correto o resultado, basta fazer } 5 * 4 = 20$$

e aí se tem certeza de que o resultado da divisão está correto;

· se usar (b) além de ser mais demorado, pode se cometer algum erro se não souber usar corretamente o algoritmo.

ESTRATDPJ é a estratégia usada pelo aluno para ensinar ao tutor como verificar o resultado da divisão usando a operação inversa:

Envia mensagem ao tutor: para verificar se o resultado de uma operação de divisão está correto, faz-se o seguinte:

- ao dividirmos um número natural chamado dividendo(D) por outro, diferente de zero, chamado divisor(d) obtemos um resultado chamado quociente(Q) e um resto(R);
- o resultado da operação pode estar certo ou pode não estar certo:
- estará correto se e somente se (sse) ao multiplicarmos o quociente pelo divisor e somarmos o resto, obtivermos o dividendo, ou seja,

$D \div d = Q \quad \text{sse} \quad (Q * d) + R = D$

- estará errado (ou incorreto) se e somente se:

$$(Q * d) + R \neq D$$

- usa-se o algoritmo abaixo descrito:

ESTRATCR |= { << faz-se, BS, AC, 1 >> } onde:

BS |= { << bel, A_A , PCA, 1 >> }

PCA |= << inversa, SI, SM, 1 >> \wedge << inversa, SM, SI, 1 >>

SI - definição da divisão de A por B onde o resultado é C:

SI |= << divisão, A, B, C, 1 >>

SM - definição da multiplicação de C por B onde o resultado é A:

SM |= << multiplicação, C, B, A, 1 >>

AC |= << confere-result, A_A , SI, 1 >>

ESTRATDBC é a estratégia:

Envia mensagem ao tutor: inicia-se o processo de divisão pelo algarismo que estiver mais à esquerda por ocupar a maior classe no número;

- Para realizar a operação: verifica-se quantas vezes este algarismo cabe no algarismo que está dividindo e representa-se o resultado.

Aguarda resposta que pode ser:

tutor concorda com o aluno;

tutor discorda do aluno, e explica como fazer usando ESTRAT6.

3.5 Exemplos do uso da EBL nesta Aplicação

Vamos aqui definir e descrever exemplos que usam as técnicas de ensino por explicação do método EBL e que envolvem:

a) uma ação de ensino realizada pelo agente tutor em relação ao agente aluno;

b) uma ação de ensino realizada pelo agente aluno em relação ao agente tutor.

O método EBL consiste em apresentar um conjunto de informações sobre um determinado problema e determinar uma explicação operacional para resolvê-lo.

A) Usaremos como exemplo a situação em que o tutor propõe um problema ao aluno e este responde que não sabe como resolvê-lo. O tutor solicita que o aluno realize uma operação de divisão e este responde que não sabe como realizar tal operação. O tutor então se propõe a ensinar ao aluno como resolvê-la.

No método EBL, a situação acima citada fica definida como:

Dado:

Conceito Alvo: ensinar ao aluno como realizar a operação de divisão de números naturais;

Teoria do Domínio: dentro da teoria do domínio, encontramos a **ESTRAT6** cujo formalismo baseia-se na Teoria das Situações e o modelo do aluno (aquele que está no papel de quem aprende) que descrevemos abaixo:

Modelo do Aluno: conjunto de crenças, desejos, intenções e expectativas do aluno, que fazem parte do conhecimento que o tutor tem sobre este. As crenças estão descritas em 3.4.2 e os demais estados mentais aparecem descritos no decorrer do diálogo.

Para realizar corretamente a operação de divisão, usa-se o algoritmo **ESTRAT6** descrito em 3.4.3.1(A).

Exemplo de Treinamento: um par de perguntas e respostas; uma interação entre tutor e aluno através de um diálogo como o representado a seguir:

Tutor: - Representa o resultado da divisão de 642 por 3.

Aluno: -

Tutor: - Divide 642 por 3.

Aluno: -

Tutor: - Entendeste o que foi solicitado?

Aluno: - Entendi, mas não sei o que fazer.

Tutor: - Sabes o que significa dividir um número por outro?

Aluno: - Não.

Tutor: - Vou te ensinar ...

Critério de Operacionalidade: a explicação deve ser dada usando predicados da teoria do tutor ou fornecidos pelo aluno. A explicação da estratégia utilizada está descrita em 3.4.3.1(A) e no programa que implementamos.(ver anexo páginas 209, ..., 214)

Determina: uma explicação (prova) operacional de que a resposta do aluno é correta (ou incorreta)

Tutor: - Divide 642 por 3.

O aluno não responde.

O tutor, ao fazer tal solicitação, acredita que o aluno sabe dividir um número por outro.

O aluno possui as crenças CA1.1, ..., CA4 descritas em 3.4.2, além das crenças abaixo:

CA11 - o aluno não sabe o que fazer para apresentar uma resposta ao tutor.

CA12- o aluno não conhece o processo de divisão.

O tutor possui as crenças CT1.1, ..., CT5, descritas em 3.4.1.

Interagindo com o aluno, o tutor verifica que possui crenças erradas em relação ao conhecimento do aluno. O tutor acredita que o aluno conhece a operação de divisão (Verdadeiro), que o aluno conhece o processo para resolvê-la (Falso) e sabe o que significa dividir um número por outro (Falso).

O tutor assume a crença errada do aluno e procura explicar ao aluno seu erro, corrigi-lo e, feito isto com sucesso, atualiza sua crença.

A explicação obtida (já generalizada) é descrita abaixo:

Dividir um número chamado dividendo(D) por outro chamado divisor(d), diferente de zero, significa verificar quantas vezes o divisor cabe no dividendo e este número de vezes é o resultado da divisão, chamado quociente(Q). O número D é formado por várias classes (...milhar, centena, dezena, unidade) e para cada classe realiza-se a divisão e obtém-se um resultado, ou seja, se o número D é formado por 3 algarismos, verifica-se quantas vezes d cabe nas centenas e obtém-se o resultado Q1. A seguir, verifica-se quantas vezes d cabe nas dezenas e obtém-se o resultado Q2, e, finalmente, verifica-se quantas vezes d cabe nas unidades e obtém-se o resultado Q3. O resultado final Q será a soma de Q1, Q2 e Q3, ou seja, $Q1 + Q2 + Q3 = Q$.

B) Usaremos como exemplo a situação em que o tutor propõe um problema ao aluno e este, ao tentar responder, comete um erro. O tutor interagindo com o aluno descobre este erro e explica para ele uma maneira adequada de resolver o problema proposto e o porquê do erro por ele cometido.

No método EBL a situação acima citada fica definida como:

Dado:

Conceito Alvo: ensinar ao aluno como realizar a operação de divisão de números naturais;

Teoria do Domínio: dentro da teoria do domínio, encontramos a **ESTRAT6**, cujo formalismo baseia-se na Teoria das Situações e o modelo do aluno(aquele que está no papel de quem aprende) que descrevemos abaixo:

Modelo do Aluno: conjunto de crenças, desejos, intenções e expectativas do aluno, que fazem parte do conhecimento que o tutor tem sobre este. As crenças estão descritas em 3.4.2 e os demais estados mentais aparecem descritos no decorrer do diálogo.

Para realizar corretamente a operação de divisão, usa-se o algoritmo ESTRAT6 descrito em 3.4.3.1(A).

Exemplo de Treinamento: um par de perguntas e respostas; uma interação entre tutor e aluno através de um diálogo como o representado a seguir:

Tutor - Represente o resultado da divisão de 648 por 6.

Aluno - Ao dividir 648 por 6, encontrei como resultado o número 18.

Tutor - O resultado está errado. Apresenta o desenvolvimento da operação.

...

Tutor - Como representaste o resultado da situação onde o 6 cabe no 4 nenhuma vez?

Aluno - Não representei, porque penso que só se representa o resultado quando o 6 cabe alguma vez num número.

...

Critério de Operacionalidade: a explicação deve ser dada usando predicados da teoria do tutor ou fornecidos pelo aluno. A explicação da estratégia utilizada está descrita em 3.4.3.1(A) e no programa que implementamos.(ver anexo páginas 209,...,214)

Determina: uma explicação (prova) operacional de que a resposta do aluno é correta (ou incorreta)

Tutor: - Divide 648 por 6.

Aluno: - O resultado é 18.

Tutor: - Está errado.

O aluno acredita que não se representa o resultado da divisão do número que não cabe no outro. O tutor assume a crença errada do aluno e procura explicar ao aluno seu erro, corrigi-lo e, feito isto com sucesso, atualiza sua crença.

CA - o aluno sabe verificar quantas vezes um algarismo cabe no outro.

CA - o aluno conhece que só se representa o resultado quando um algarismo cabe no outro alguma vez.

CA - o aluno conhece que não se representa o resultado quando um algarismo não cabe no outro, ou cabe no outro nenhuma vez.

CA - o aluno não conhece que o algarismo zero representa a situação de dividir um número por outro maior que ele.

As duas últimas crenças estão erradas, pois toda a divisão que se realiza deve ter um resultado, e este deve ser representado pelo número de vezes que o divisor cabe no dividendo. Quando este cabe “nenhuma vez”, o resultado é representado pelo algarismo zero, e este número deve ser somado ao da classe inferior seguinte, formando um novo número e prosseguir a divisão, verificando quantas vezes o divisor cabe no novo número, apresentar o resultado e seguir a operação.

A explicação obtida (já generalizada) é descrita abaixo:

Assim, por exemplo, dividindo a centena 6 por 6, o resultado foi 1 e foi representado pelo algarismo 1. Ao dividir a dezena 4 por 6, o resultado foi nenhuma vez e este resultado deve ser representado pelo algarismo zero. A seguir, deve-se transformar as 4 dezenas na ordem imediatamente inferior, multiplicando-as por 10, e somar a elas o algarismo da ordem em questão, formando um novo número para continuar a divisão. No nosso caso, devemos transformar as 4 dezenas em 40 unidades e somá-las com as 8 unidades do número, formando assim o novo número que é o 48 e aí prosseguir a divisão, verificando quantas vezes o 6 cabe nas 48 unidades. Concluir que são 8 vezes e representar este resultado usando o algarismo 8.

C) O aluno se propõe a ensinar ao tutor uma maneira diferente de verificar se o resultado de uma operação está ou não correto, sem precisar utilizar o algoritmo para resolver a operação. Este deve ser usado para verificar se o desenvolvimento da operação está ou não correto, fazendo-se uma análise passo a passo.

No método EBL a situação acima citada fica definida como:

Dado:

Conceito Alvo: ensinar ao tutor uma maneira para verificar o resultado da operação de divisão de números naturais;

Teoria do Domínio: dentro da teoria do domínio, encontramos a **ESTRATCR** cujo formalismo baseia-se na Teoria das Situações e o modelo do aprendiz (aquele que está no papel de quem aprende) que descrevemos abaixo:

Modelo do Aprendiz (neste caso é o tutor): conjunto de crenças, desejos, intenções e expectativas do tutor que fazem parte do conhecimento que o aluno tem sobre este. As crenças estão descritas em 3.4.1 e os demais estados mentais aparecem descritos no decorrer do diálogo.

Para verificar se o resultado da operação de divisão está correto ou não, usa-se o algoritmo ESTRATCR descrito em 3.4.3.2.

Exemplo de Treinamento: um par de perguntas e respostas; uma interação entre tutor e aluno através de um diálogo como o representado a seguir:

Tutor: - Divide 642 por 3.

Aluno: - Ao dividir 642 por 3, encontrei como resultado 214.

Tutor: - O resultado está correto.

Aluno: - Eu sei, eu tinha certeza.

Tutor: - Como podes ter certeza?

Aluno: - Porque eu verifiquei através de uma prova, antes de apresentar o resultado.

Tutor: - Que prova é esta?

Aluno: - É o uso da operação inversa.

Critério de Operacionalidade: a explicação deve ser dada usando predicados da teoria do tutor ou fornecidos pelo aluno. A explicação da estratégia utilizada está descrita em 3.4.3.2 e no programa que implementamos. (ver anexo páginas 211,...,222)

Determina: uma explicação (prova) operacional de que a resposta do aluno é correta (ou incorreta)

O tutor, para verificar se o resultado da operação realizada pelo aluno está correto, aplica o algoritmo ESTRAT6 que realiza toda a operação e aí se certifica de que o resultado apresentado pelo aluno está correto, pois coincide com o resultado encontrado por ele após aplicar o algoritmo.

O aluno descobre, através do diálogo com o tutor, que este não possui a crença sobre o uso da operação inversa para verificar se o resultado de uma operação está ou não correto, por isso resolve explicar ao tutor como realizar tal tarefa.

A explicação obtida (já generalizada) é descrita abaixo:

Para se verificar se o valor apresentado como resultado de uma operação realizada está correto, não é necessário realizá-la novamente, basta usar a operação inversa e aí fica-se sabendo se o resultado está ou não correto. Se não estiver, aplica-se o algoritmo para resolver a operação e obter o possível resultado correto, verificando-se logo a seguir pela inversa se agora ele está correto. A operação de multiplicação é a inversa da operação de divisão, assim como a operação de subtração é a inversa da operação de adição. Assim, quando dividimos um número (D) por outro (d), diferente de zero, e obtemos um resultado (Q), este resultado será correto se, ao multiplica-lo pelo (d), obtivermos (D), ou seja, ao aplicarmos a operação inversa da divisão, que é a multiplicação, encontrarmos como resultado da multiplicação o número (D) que foi dividido inicialmente.

Desta maneira, ao realizar a operação 642 por 3 encontra-se como resultado o número 214 e, antes de apresentar este número como resultado da operação, realiza-se a operação inversa da divisão, ou seja, faz-se $214 * 3$, obtendo-se 642 e aí tem-se certeza de que o resultado da divisão que foi realizada estava correto. Como nesta operação o resto da divisão é zero, não há necessidade de utilizá-lo, mas, se o resto da divisão for um número diferente de zero, após realizar a multiplicação é necessário somar a este resultado o resto para então obter-se o dividendo.

O que segue abaixo vale para os exemplos apresentados, ou seja, tem relação com a técnica EBL descrita. Escrevemos apenas aqui para não sermos repetitivos.

Após receber a explicação em relação ao problema apresentado, o agente - Tutor ou Aluno - que aprendeu a explicação operacional, guarda esta, incorporando-a à teoria do domínio de forma generalizada. Toda a vez que surgir um problema ou que seja necessário obter uma explicação, existe um mecanismo que verifica se ela já existe ou se há necessidade de solicitar que seja criada uma nova. Acreditamos que, assim, a técnica EBL fica bem caracterizada, justificando seu uso neste trabalho. Após uma série de explicações, guardadas em seu domínio, o agente (que está no papel de quem aprende) se preocupa em ativar (ou o trabalho do agente passa a ser selecionar e ativar) estas explicações sempre que houver necessidade e seleciona a que mais convém para o caso em questão.

3.6 Exemplos do Uso do Simbolismo da Teoria das Situações neste trabalho

a) $CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{CAL1}, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{bel}, AA, P_{CAL2}, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{bel}, AA, P_{CAL3}, 1 \rangle \rangle \}$ onde CA é um símbolo de situação e o que está entre $\{\}$ (chaves) é um conjunto de infons. Temos aqui que: **bel** é a relação que representa uma crença; **AA** é o agente aluno; P_{CAL1} é uma proposição e **1** é a polaridade que indica que existe a relação **bel** entre o agente e a proposição.

b) $CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{\text{posição}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{posição}}$ é a proposição:

$$\text{posição} \models \langle \langle \text{milhar}, N, M, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{centena}, N, C, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{dezena}, N, D, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{unidade}, N, U, 1 \rangle \rangle$$

Sobre o exemplo acima podemos dizer que *posição* é um símbolo de situação e que temos a seguinte sintaxe: $\langle \text{símbolo de situação} \rangle \models \langle \text{expressão de infons} \rangle$ e que nesta expressão de infons, como a polaridade é 1, todos os elementos tem

a relação definida, ou seja, existe a relação milhar entre N e M; existe a relação centena entre N e C; existe a relação dezena entre N e D e existe a relação unidade entre N e U.

c) $DA \models \{ \langle \langle \text{des}, A_A, P_{SP1}, EPS1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SP1} é a proposição:

$SP1 \models \langle \langle \text{propõe}, A_T, A_A, p1, 1 \rangle \rangle$ e $p1 \models \langle \langle \text{dividir}, 642, 3, 1 \rangle \rangle$

$EPS1 \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$

Neste exemplo, temos DA que é um símbolo de situação e o que está entre {}(chaves) é um conjunto de infons. Temos aqui que: **des** é a relação desejo; **AT** é o agente tutor; **AA** é o agente aluno; P_{SP1} é uma proposição; **EPS1** o argumento que define a satisfação e a urgência, **T** é a localização temporal e **1** é a polaridade que indica que existe a relação des entre os objetos.

d) $CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{representar}, 0 \rangle \rangle \}$

e) $CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{CPD}, 0 \rangle \rangle \}$ onde P_{CPD} é a proposição:

$CPD \models \langle \langle \text{conhece}, A_A, \text{processo-divisão}, 0 \rangle \rangle$

Os dois últimos exemplos mostram que **não** existe a relação “**bel**” entre os elementos descritos nos infons, pois a polaridade está indicada pelo algarismo zero.

No item (d), temos um símbolo de situação e um conjunto de infons representando que não existe a relação **bel** entre os objetos **AA** e **representar**.

No item (e), temos um símbolo de situação e um conjunto de infons representando que não existe a relação **bel** entre os objetos **AA** e P_{CPD} , pois a polaridade a eles atribuída é zero. Temos aqui P_{CPD} que representa uma proposição escrita na forma < símbolo de situação > \models < expressão de infons >.

f) $IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{ENL}, \text{ESTRATENI}, \text{EPT5}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATENI** é uma estratégia do tutor.

g) $ET \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{ESD}, \text{EPST3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{ESD} é a proposição:

ESD |= << ensinar, AA, AT, processo-verificação, 1 >>

Nos exemplos (f) e (g), temos **IT**, **ET**, e **ESD** sendo símbolos de situação definindo um conjunto de infons; **in** representa a relação intenção e **exp** a relação expectativa entre os objetos; **AT**, **AA** são agentes; **EPT5** e **EPST3** são argumentos que definem a satisfação e a urgência; **T** é a localização temporal e **1** a polaridade indicando que existe a relação entre os objetos.

A representação formal e simbólica de crenças, desejos, intenções e expectativas adotada neste trabalho é definida de acordo com a arquitetura SEM, baseando-se na Teoria das Situações para analisar as mudanças que ocorrem nos estados mentais dos agentes, possibilitando-nos maior riqueza na observação dessas mudanças. Esta teoria, utilizada para agentes artificiais inteligentes, permite uma representação mais fina dos estados mentais, aumenta o poder explicativo das interações e, como consequência, fornece uma melhor avaliação das transformações que ocorrem nos processos de ensino e aprendizagem.

3.7 Explicação e Análise dos Diálogos

Nosso objetivo, ao realizar este trabalho, é fazer uma simulação da “conversa” entre duas máquinas ou dois programas que se comunicam através de mensagens que seus agentes locais, trocam entre si e estes com os agentes globais tutor e aluno. Estes agentes locais como já foi colocado, são os estados mentais crença, desejo, intenção e expectativa que cada agente global possui e que estão descritos em 2.4.4. Para realizar tal trabalho de simular as mudanças ou alterações que ocorrem nos estados mentais durante as interações de ensino/aprendizagem de dois agentes autônomos, nos baseamos na simulação da interação de dois agentes humanos, analisando o que ocorre com eles e como ocorrem estas transformações. Podemos observar como cada agente age ou reage diante das situações colocadas em relação a ele mesmo e em relação ao outro agente (modelos mentais). Inicialmente, fizemos um trabalho analisando o que acontece entre dois agentes humanos, apresentamos um

relatório que está descrito nos itens 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3 onde descrevemos, explicamos e analisamos cada um dos diálogos A, B e C. Ao transferirmos nossas observações para a máquina, fomos obrigados a cortar alguns itens do diálogo e alguns estados mentais que não faziam sentido em se tratando de troca de mensagens entre máquinas. A partir daí, começamos a trabalhar para verificar o que ocorreria se os agentes fossem autônomos, ou seja, duas máquinas ou dois programas que trocam mensagens ou “conversam” através de programas escritos em PROLOG.

Neste item, comentaremos algumas fases significativas de cada diálogo e o que os diferencia e os caracterizam individualmente. Os diálogos, como já foi colocado, resultam da organização da arquitetura SEM, a qual usa, para a representação dos estados mentais crença, desejo, intenção e expectativa, o enfoque da Teoria das Situações definindo-os como relações: **bel**, **des**, **in** e **exp**, respectivamente, segundo Corrêa e Mendes em [COR95], ao contrário de outras teorias lógicas que estendem a Lógica de Primeira Ordem através da criação de operadores. Isto pode ser constatado nos trabalhos de alguns pesquisadores como os de Genesereth e Nilsson, Cohen e Levesque e outros.

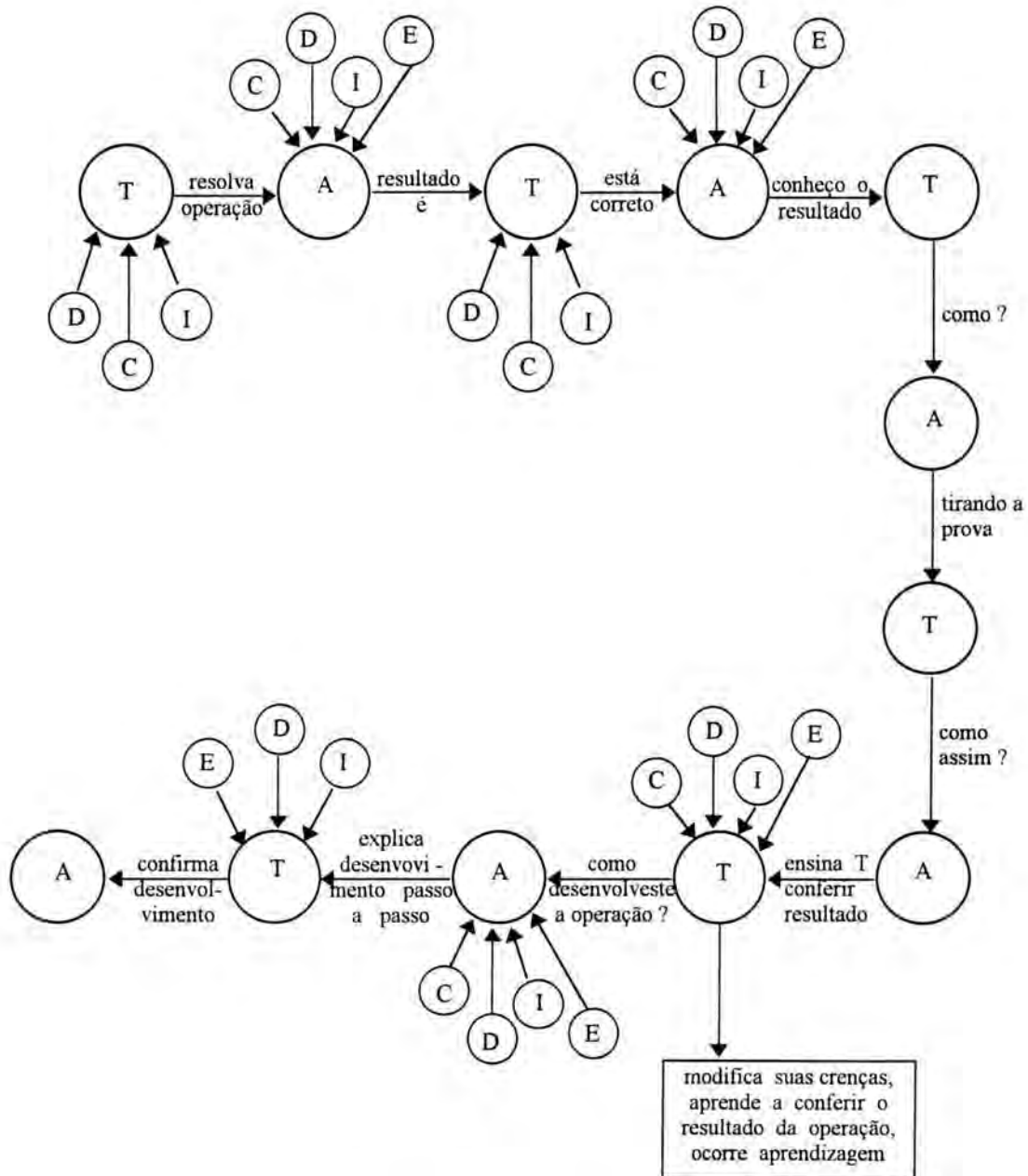


Figura 3.3 - Diálogo A

3.7.1 Explicação e Análise do Diálogo A

O diálogo inicia com o tutor enviando a seguinte mensagem ao aluno:

- " Representa o resultado da divisão de 642 por 3 "

Ao enviar tal mensagem, o tutor possui dois desejos que são:

- a) propor o problema p1 ao aluno;
- b) que o aluno responda corretamente ao problema p1.

Na representação simbólica destes desejos, foi definido um valor para o parâmetro urgência a fim de determinar qual dos desejos tem maior prioridade. Sabendo que os valores para urgência variam de 0.0 (menor urgência) até 1.0 (máxima urgência), os valores escolhidos neste caso foram 1.0 para o desejo da situação (a) e 0.7 para o desejo da situação (b).

Deste modo temos, por exemplo, os desejos (a) e (b) descritos como:

$D_a \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{SP1}, EPS1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SP1} é a proposição:

$SP1 \models \langle \langle \text{propõe}, A_T, A_A, p1, 1 \rangle \rangle$ e $p1 \models \langle \langle \text{dividir}, 642, 3, 1 \rangle \rangle$

$EPS1 \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle \vee$

$\langle \langle \text{satisfação}, dns, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$

onde **ds** indica desejo satisfeito e **dns** indica desejo não satisfeito.

$D_b \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{RP1}, EPS2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RP1} é a proposição:

$RP1 \models \langle \langle \text{resposta}, A_T, A_A, p1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{res-cor}, p1, 1 \rangle \rangle$

$EPS2 \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.7, t_1, 1 \rangle \rangle \vee$

$\langle \langle \text{satisfação}, dns, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$

Associado a cada um destes desejos, existem as intenções, e, associadas a estas, existem as estratégias adequadas para satisfazer os desejos. As estratégias, no nosso caso, são os planos de ensino e são construídas com base nas crenças permanentes do tutor. Tais crenças são aquelas que dizem respeito ao conhecimento do tutor em relação ao domínio em estudo.

O tutor possui todas as crenças permanentes que já foram definidas e comentadas em 3.4.1. Além destas crenças, o tutor possui a crença de que ele sabe apresentar um problema ao aluno, amarrada à estratégia de como apresentar o problema ao aluno.

Satisfeito o desejo (a) através da estratégia adequada, a intenção envia ao desejo a mensagem “ o desejo (a) foi satisfeito “, e aguarda nova mensagem que é satisfazer o próximo desejo que é o (b). A intenção procede de maneira semelhante com o desejo (b) e, ao saber que este foi satisfeito, faz a devida comunicação. Não havendo mais desejos, o tutor aguarda a intervenção do aluno que é a próxima frase do diálogo.

Ao receber a mensagem do tutor, o aluno procura executar a ordem recebida e apresentar uma resposta ao tutor. O aluno recebe a ordem e cria o desejo de “resolver o problema proposto pelo tutor”. Associada a este desejo, existe a intenção que é a responsável pela satisfação do desejo. O processo de inferência verifica se existe uma estratégia, baseada nas crenças do aluno, capaz de satisfazer este desejo. Esta estratégia é executada, e o aluno envia a resposta ao tutor. Existe aí a expectativa do aluno que é resolver corretamente o problema proposto. Nesta expectativa, está implícita a confirmação das crenças do aluno por parte do tutor. tais crenças são: CA1.1, CA1.2, CA1.3, CA3, CA5 descritas em 3.4.2.

O tutor, ao receber a resposta do aluno, deverá verificá-la e determinar se está correta ou não. Em qualquer das situações - resposta correta ou não - ele solicitará ao aluno o desenvolvimento do problema passo a passo para que a verificação seja completa, ou seja, para que ele possa concluir, através de interações com o aluno, se este sabe realmente realizar a operação proposta para resolver o problema (EBL).

Ao receber a resposta do aluno, o tutor verifica, num primeiro momento, se está correta ou não. Se a resposta do aluno coincidir com a dele, tudo bem, o diálogo segue com o tutor solicitando que o aluno apresente passo a passo a maneira como desenvolveu a operação, pois, para ele, não interessa apenas que o resultado esteja correto, interessa, principalmente, verificar se o raciocínio está correto.

Se a resposta do aluno não coincidir com a do tutor, este solicita que o aluno realize novamente a operação e se, mesmo assim, ele continuar não coincidindo, o tutor solicita que o aluno apresente passo a passo o desenvolvimento da operação que realizou para que possa ter condições de verificar e descobrir, se for o caso, o erro cometido pelo aluno. Esta situação será estudada e descrita no diálogo B.

Se o resultado estiver correto e o desenvolvimento apresentado pelo aluno não coincidir com as crenças que possui no modelo do domínio, este tem condições de acionar a técnica de EBL e aprender com o aluno uma nova estratégia para resolver o problema.

No caso em estudo, a resposta apresentada pelo aluno está correta, mas isto não garante ao tutor que o aluno está utilizando um algoritmo correto para resolver o problema e encontrar o resultado. Por este motivo, o tutor solicita que o aluno apresente todos os passos utilizados por ele para encontrar o resultado.

A verificação do resultado é feita através da estratégia definida na intenção do tutor em relação ao resultado apresentado pelo aluno. Tal intenção está associada ao desejo de que o aluno responda com resultado correto, e este desejo é satisfeito através da estratégia já mencionada.

A afirmação do aluno sobre o resultado estar correto, pois $214 * 3 = 642$, significa que este quer mostrar ao tutor que multiplicando o resultado da divisão realizada pelo número que divide no caso o 3, o resultado obtido é o número que inicialmente foi dividido, no caso o 642.

Observa-se, neste caso, uma mudança no desejo do aluno, que passa a ser “ensinar ao tutor uma maneira de conferir o resultado de uma operação de divisão”. Amarrada a este desejo, existe a intenção que chama a estratégia adequada que, junto com as crenças do aluno, em relação à operação inversa definida em 3.4.2, procura satisfazer o desejo acima citado. O tutor não possui a crença da operação inversa e só sabe conferir o resultado da operação utilizando a estratégia ESTRAT6 definida em 3.4.3.1(A). O aluno possui a crença de que a multiplicação é a operação inversa da

divisão, e utiliza uma estratégia para ensinar ao tutor que é possível verificar o resultado de uma operação qualquer através da sua operação inversa. Esta afirmação baseia-se na Álgebra de acordo com o que descrevemos a seguir.

Segundo a Álgebra, podemos afirmar que em relação aos números naturais X, Y, Z e R , sendo $Y \neq 0$, X dividido por Y é igual a Z se e somente se Z multiplicado por Y é igual a X somado com o resto R , ou seja, sendo $X \in \mathbf{N}, Y \in \mathbf{N}^*, Z \in \mathbf{N}, R \in \mathbf{N}$,

$$X \div Y = Z \quad \leftrightarrow \quad Z * Y = X + R$$

ESTRATDPJ é a estratégia usada pelo aluno para ensinar ao tutor o uso da operação inversa da divisão para verificar se ela está correta ou não:

- realizada a operação de divisão X por Y , sendo $Y \neq 0$, o resultado encontrado é Z ;
- verificar se $Z * Y$ coincide com X , nesta etapa pode acontecer:
 - a) se $Z * Y = X$ então o resultado da divisão está correto;
 - b) se $Z * Y \neq X$ então o resultado da divisão não está correto.

Se acontecer (a), o tutor promove uma alteração em suas crenças, acrescentando a elas a crença sobre a operação inversa, igual a do aluno. No momento em que acontece esta mudança nas crenças do tutor, podemos afirmar que ocorreu aprendizagem por parte dele.

A aprendizagem está intimamente relacionada com as crenças de um agente e segundo [OLI92]; [OLI93b] no momento em que se processam alterações nas crenças, acrescentando novas crenças ou atualizando algumas consideradas antigas, quando necessário, podemos dizer que ocorreu aprendizagem por parte do agente envolvido, pois as crenças de um agente expressam o conhecimento deste agente em relação ao domínio em questão.

Se acontecer (b), a operação deve ser realizada novamente, e se ocorrer (b) outra vez, é hora do tutor entrar em ação, solicitar o desenvolvimento passo a passo e encontrar o erro cometido pelo aluno.

Na situação que estamos descrevendo ocorre o item (a) e a aprendizagem por parte do tutor. O aluno tem então sua expectativa “o tutor aceitar sua explicação em relação à operação inversa e seu uso para verificação do resultado da divisão” satisfeita no momento em que o tutor aceita sua explicação e acrescenta a crença nova às suas crenças.

O diálogo prossegue com o tutor solicitando ao aluno que apresente passo a passo o desenvolvimento da operação que realizou, para que ele possa analisar o que foi feito pelo aluno ou o que está sendo feito, e interromper o trabalho do aluno sempre que houver necessidade. Para que o aluno apresente passo a passo o desenvolvimento que realizou, o tutor apresenta para ele frases do diálogo bem direcionadas de maneira que ele deve apresentar apenas o que está sendo solicitado e só continua sua intervenção quando for solicitado (ou quando houver nova intervenção por parte do tutor)⁴.

Na frase 13 do diálogo, existem duas expectativas por parte do tutor e faz-se necessário determinar qual delas tem maior prioridade para ser satisfeita. Para isto, atribui-se valores à urgência em cada caso. O fato do aluno utilizar uma estratégia correta para resolver a operação proposta é prioritário sobre o resultado apresentado ser 214, neste caso. Assim, a urgência da primeira expectativa recebe o valor 1.0 e a da segunda recebe o valor 0.5, conforme descrito em 2.4.5. Observa-se nesta fase a mudança do desejo do tutor que passa a ser: “que o aluno utilize a estratégia correta para

⁴ Em situações reais de ensino/aprendizagem, no modelo do tutor deve haver um controlador das respostas do aluno, para os seguintes casos:

- se o aluno responder de uma vez só como desenvolveu o processo de divisão, o tutor deve ser capaz de, ao receber esta resposta, solicitar ao aluno que explique pausadamente, ou passo a passo o desenvolvimento da operação, esperando a manifestação ou comentários do tutor sobre cada passo antes de prosseguir;

- se o aluno apresentar o desenvolvimento por partes que não sejam as esperadas pelo tutor, este deve ser capaz de solicitar ao aluno que apresente só uma parte da resposta dada, para que ele possa fazer alguns comentários e verificar se o que o aluno está expondo coincide com o desenvolvimento que ele possui ou faz sentido se comparado com o desenvolvimento dele.

resolver o problema proposto”, desejo este que só será plenamente satisfeito no final do diálogo, quando o aluno acabar de apresentar suas explicações, e o tutor tiver conferido todo o raciocínio utilizado pelo aluno. Ao mudar o desejo que antes era em relação ao resultado da operação, mudam também a intenção a ele associada e a estratégia para satisfazê-lo.

A partir da frase 14 do diálogo, acontecem interações entre o tutor e o aluno, este explicando passo a passo a maneira como usou o algoritmo para resolver a operação. O aluno começa explicando a maneira como ele inicia o processo de divisão. Ele explica, por exemplo, como iniciou a operação dividindo o algarismo da centena, no caso o 6 por 3 que é o divisor e o resultado que obteve. Aguarda a intervenção do tutor para continuar, pois, no programa que define as intervenções do tutor, existe um mecanismo que induz o aluno a apresentar a resposta por partes, ou seja, há um controlador das respostas do aluno.

Acontecem, nesta fase, mudanças no desejo do aluno que passa a ser agora “utilizar uma estratégia correta para resolver o problema proposto pelo tutor”, no lugar de ensinar algo ao tutor, desejo este que já foi satisfeito. Mudam também a intenção do aluno, a estratégia usada para satisfazer o novo desejo e a expectativa. O desejo citado acima só será satisfeito completamente quando o aluno terminar sua explicação e o tutor afirmar que a estratégia utilizada por ele está correta. No decorrer do diálogo, o desejo vai sendo satisfeito parcialmente toda a vez que o tutor confirmar as explicações do aluno. Além de mudar a expectativa do aluno, surgem outras duas que, para serem satisfeitas, precisam ter bem determinados os valores da urgência com que elas devem ser satisfeitas.

O tutor envia ao aluno nova pergunta (frase 15), agora em relação ao critério usado pelo aluno para iniciar a divisão, com a finalidade de verificar se o aluno conhece a posição dos algarismos num número, a relação entre as classes dos algarismos e certificar-se de que o aluno sabe que se inicia a divisão pelo algarismo da maior classe do número.

A resposta do aluno (frase 16) em relação à intervenção anterior serve para que o tutor confirme suas crenças em relação aos conhecimentos do aluno sobre a posição dos algarismos e sobre as relações entre as classes dos algarismos. Ocorre aqui uma mudança de desejo por parte do aluno que, mesmo sem ter satisfeito o desejo anterior, apresenta novo desejo que deverá ser satisfeito antes do anterior, pois diz respeito à pergunta direta que o tutor lhe fez em relação a como se inicia o processo de divisão. O desejo anterior é suspenso, pois, como já foi colocado, só será satisfeito totalmente no final do diálogo. No decorrer deste, tal desejo fica em suspenso.

Para satisfazer o desejo imediato do aluno que é “mostrar ao tutor que sabe por onde se inicia o processo de divisão” a intenção recebe uma mensagem do desejo a ela associado, envia uma mensagem à crença, solicitando um conjunto de crenças que, junto com a estratégia por ela (intenção) determinada, vai procurar satisfazer o desejo. A estratégia utilizada neste caso é a seguinte:

- os algarismos de um número qualquer possuem uma posição de acordo com as crenças CA6 e CA7 definidas por:

O aluno conhece a posição dos algarismos num número qualquer.

$CA6 \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{posição}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{posição}}$ é a proposição:

$\text{posição} \models \langle \langle \text{milhar}, N, M, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{centena}, N, C, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{dezena}, N, D, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{unidade}, N, U, 1 \rangle \rangle$

(N, M, C, D, U são, respectivamente, o número, o milhar, a centena, a dezena e a unidade).

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

$CA7 \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{relação}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{relação}}$ é a proposição:

$\text{relação} \models \langle \langle \text{igual}, 1 \text{ milhar}, 10 \text{ centenas}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{igual}, 1 \text{ centena}, 10 \text{ dezenas}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{igual}, 1 \text{ dezena}, 10 \text{ unidades}, 1 \rangle \rangle$

- se a maior classe for o milhar, ou seja, o número tem 4 algarismos, então inicia-se a divisão pelo algarismo que estiver na classe dos milhares;

- se a maior classe for a centena, ou seja, o número tem 3 algarismos, então inicia-se a divisão pelo algarismo pertencente à centena;

- se a maior classe for a dezena, ou seja, o número tem 2 algarismos, então inicia-se a divisão pelo algarismo que estiver na classe das dezenas;

- se a maior classe for a unidade, ou seja, o número é formado apenas por um algarismo, é claro que se inicia a divisão por ele. A unidade é a menor classe que nosso aluno conhece.

Para satisfazer as expectativas é feito um tratamento da urgência e verifica-se qual a que possui maior valor e que deverá ser satisfeita em primeiro lugar. Estas expectativas são as mesmas do aluno na fase anterior (frase 14). Elas se repetem aqui por não terem sido totalmente satisfeitas, pois se relacionam com perguntas do tutor, em relação à resolução do problema, e devem acompanhar o aluno até o momento em que ele apresenta um resultado final ao tutor e não recebe mais perguntas. A fim de que sejam satisfeitas as expectativas, elas se relacionam com os desejos e as crenças que juntos criam ações capazes de satisfazer as expectativas envolvidas.

Em relação à estratégia apresentada pelo aluno, neste caso a ESTRATDBC, o tutor analisa-a com a finalidade de confirmá-la e de confirmar suas crenças em relação ao conhecimento do aluno.

Na próxima fase do diálogo (frase 17), surge novamente o desejo do tutor de que “o aluno utilize uma estratégia correta para resolver p1”, pois ele não foi totalmente satisfeito e só será no momento em que o aluno encerrar sua explicação sobre o desenvolvimento do problema.

Até aqui, podemos dizer que este desejo tem sido parcialmente satisfeito, ou seja, a cada explicação do aluno, nesta situação, o tutor faz a devida análise, verifica que coincide com o seu próprio desenvolvimento ou está bem próximo dele, e solicita que o aluno prossiga.

Para que o desejo acima citado seja plenamente satisfeito, podem ocorrer duas coisas:

- a estratégia apresentada pelo aluno coincidir com a estratégia do tutor, então desejo satisfeito;

- a estratégia apresentada pelo aluno não coincidir com a estratégia do tutor, apesar do resultado ser o correto. O tutor então tem meios de verificar se a estratégia apresentada está correta e:

- se for correta, podemos afirmar que o desejo do tutor foi satisfeito e que ocorreu uma ação de aprendizagem por parte do tutor, que acrescenta às suas estratégias a que acabou de ser analisada e considerada correta;

- se não for correta, o tutor elimina-a e envia ao aluno a sua estratégia para resolver o problema.

A interação entre o tutor e o aluno continua com o aluno explicando como desenvolveu a operação e mostrando ao tutor que conhece a posição dos algarismos num número, a relação entre as classes. Ele mostra também que sabe que quando sobra um algarismo numa classe que não é a unidade, que é a menor classe (ou a última classe a ser usada na divisão), é necessário transformar este algarismo na para a classe imediatamente inferior à classe em questão, somar com o algarismo da classe, formando um novo número e aí então continuar a divisão, ou seja, é necessário multiplicar o algarismo que sobrou por 10, somar com o algarismo da classe imediatamente inferior, formando um novo número, e continuar a divisão.

Cabe ao tutor confirmar as crenças do aluno em relação à posição dos algarismos, a menor classe, a relação entre as classes e que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

No momento em que o aluno acaba de explicar a divisão que fez com o algarismo pertencente à unidade e que não sobrou nada, o que ocorre no caso que está sendo descrito, ele dá por finalizado o seu trabalho, encerrando a descrição do processo de divisão, pois a unidade é a menor classe que ele conhece e a última que participa da divisão. Depois desta classe não existe, para o aluno, nenhum algarismo a ser dividido,

pois os algoritmos com os quais ele trabalha pertencem ao conjunto dos números naturais já definido anteriormente.

Diante da apresentação final do aluno, cabe ao tutor confirmar suas crenças em relação ao conhecimento do aluno e, finalmente, concluir que o aluno sabe realizar o processo de divisão, pois a estratégia utilizada por ele está correta. Este fato leva a satisfazer completamente o desejo e a expectativa que não haviam sido totalmente satisfeitos por causa da estratégia de resolução ter sido apresentada por partes.

Na frase (23) em que o tutor encerra o diálogo, concluindo que o aluno sabe realizar corretamente a operação, acontece uma mudança de estratégia pois, além de verificar se o aluno respondeu corretamente ao problema proposto, comparando a resposta dele com a sua, é preciso comparar a estratégia apresentada pelo aluno com a sua. Ao finalizar estas comparações e concluir que são semelhantes, o tutor tem seus desejos satisfeitos. A resposta da operação é obtida pelo tutor através do uso do algoritmo ESTRAT6. Neste momento, o tutor envia uma mensagem ao aluno, confirmando que sua resposta está correta e que ele realmente sabe como realizar a operação de divisão de um número natural com mais de dois algarismos por um número natural com um algarismo.

3.7.1.1 Descrição Passo a Passo do Diálogo A

Apresentamos abaixo as frases do diálogo descritas passo a passo através do simbolismo proposto pela arquitetura SEM.

1. Tutor: - Representa o resultado da divisão de 642 por 3.

O tutor conhece como apresentar um problema ao aluno.

CT \models { << bel, AT, P_{apresentar-p1}, AT, 1 >> } onde P_{apresentar-p1} é a proposição:

apresentar-p1: apresentar um problema para o aluno resolver, seguindo a estratégia ESTRATP descrita em 3.4.3.1(B)

A partir deste momento, o tutor deseja que o aluno resolva corretamente o problema $p1^5$.

O tutor deseja propor o problema $p1$ ao aluno.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{SP1}, EPT1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SP1} é a proposição:

$SP1 \models \langle \langle \text{propõe}, A_T, A_A, p1, 1 \rangle \rangle$ e $p1 \models \langle \langle \text{dividir}, 642, 3, 1 \rangle \rangle$

$EPT1 \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle \vee$

$\langle \langle \text{satisfação}, dns, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$

O tutor tem a intenção de propor o problema $p1$ ao aluno.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{SP1}, \text{ESTRATSP1}, EPT1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde ESTRATSP1 é a estratégia ESTRAT1 , descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para apresentar um problema ao aluno.

O tutor deseja que o aluno responda corretamente ao problema $p1$.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{RP1}, EPT2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RP1} é a proposição:

$RP1 \models \langle \langle \text{resp}, A_A, A_T, p1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{resp-cor}, p1, 1 \rangle \rangle$

resp: resposta do aluno ao problema proposto;

resp-cor: resposta correta

$EPT2 \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.7, t_1, 1 \rangle \rangle$

O tutor tem a intenção que o aluno responda corretamente ao problema $p1$.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{RP1}, \text{ESTRATRP1}, EPT2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde ESTRATRP1 é a estratégia ESTRAT3 descrita em 3.4.3.1(B).

2. Aluno: - Ao dividir 642 por 3, encontrei como resultado o número 214.

O aluno possui crenças correspondentes às crenças CA1.1, CA1.2, CA1.3, CA2, CA3 e CA5 que já foram definidas para o agente tutor, e vai resolver o problema

⁵ As mudanças (ou transições) que ocorrem nos estados mentais não foram representadas no formalismo da arquitetura SEM. Elas podem ser acompanhadas nos programas que implementam os diálogos. (Ver anexo)

proposto de acordo com estas crenças e os estados mentais que vão surgir durante a sua interação com o tutor. As crenças são:

O aluno conhece operações com números de um algarismo.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{tabuada1}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{tabuada1} é a proposição:

$\text{tabuada1} \models \langle \langle \text{adição}, 1, 1, 2, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{adição}, 1, 2, 3, 1 \rangle \rangle, \dots, \wedge$
 $\langle \langle \text{subtração}, 2, 1, 1, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{subtração}, 2, 2, 0, 1 \rangle \rangle, \dots, \wedge$
 $\langle \langle \text{multiplicação}, 1, 2, 2, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{multiplicação}, 1, 3, 3, 1 \rangle \rangle, \dots,$

O aluno conhece operações com números de dois algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{tabuada2}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{tabuada2} é a proposição:

$\text{tabuada2} \models \langle \langle \text{adição}, 10, 1, 11, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{adição}, 10, 2, 12, 1 \rangle \rangle, \dots, \wedge$
 $\langle \langle \text{subtração}, 10, 1, 9, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{subtração}, 10, 2, 8, 1 \rangle \rangle, \dots, \wedge$
 $\langle \langle \text{multiplicação}, 10, 1, 10, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{multiplicação}, 10, 2, 20, 1 \rangle \rangle, \dots,$

O aluno conhece operações com números de três algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{tabuada3}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{tabuada3} é a proposição:

$\text{tabuada3} \models \langle \langle \text{adição}, 100, 1, 101, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{adição}, 100, 2, 102, 1 \rangle \rangle, \dots, \wedge$
 $\langle \langle \text{subtração}, 100, 1, 99, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{subtração}, 100, 2, 98, 1 \rangle \rangle, \dots, \wedge$
 $\langle \langle \text{multiplicação}, 100, 1, 100, 1 \rangle \rangle, \langle \langle \text{multiplicação}, 100, 2, 200, 1 \rangle \rangle, \dots,$

Com as crenças definidas anteriormente, o aluno consegue realizar a operação proposta pelo tutor e apresentar um resultado considerado correto. Assim, o aluno espera que o tutor confirme suas crenças.

No momento em que o aluno recebe o problema a ser resolvido, ele vai possuir o desejo e a intenção correspondente.

O aluno tem o desejo de resolver o problema proposto pelo tutor.

$DA \models \{ \langle \langle \text{in}, AA, P_{\text{DP2}}, \text{EPA1}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{DP2} é a proposição:

DP2 |= << resolve, AA, p1, AT, 1 >>

O aluno tem a intenção de resolver o problema proposto pelo tutor.

IA |= { << in, AA, P_{DP2}, ESTRAT6, EPA1, T, 1 >> } onde **ESTRAT6** é a estratégia correta usada para resolver o problema p1, e o algoritmo que a define está descrito em 3.4.3.1(A).

O aluno espera resolver corretamente o problema p1 proposto pelo tutor.

EA |= { << exp, AA, P_{EP1}, EPS1, T, 1 >> } onde **P_{EP1}** é a proposição:

EP1 |= << resolver-correto, AA, p1, AT, 1 >> e **p1** |= << dividir, 642, 3, 1 >>

resolver-correto: significa a expectativa do aluno de resolver corretamente o problema p1.

Neste momento, a expectativa do aluno é que o resultado apresentado esteja correto.

3.Tutor: - O resultado está correto.

O tutor entra em processo de confirmação das suas crenças em relação ao conhecimento do aluno, que são: CT1.1, CT1.2, CT1.3 e CT5. As crenças do tutor em relação ao seu próprio conhecimento, neste caso, ficam inalteradas. São elas:

O tutor conhece operações com números de um algarismo.

CT |= { << bel, AT, P_{tabuada1}, 1 >> } onde P_{tabuada1} é a proposição:

tabuada1 |= << adição, 1, 1, 2, 1 >>, << adição, 1, 2, 3, 1 >>, ..., ^
 << subtração, 2, 1, 1, 1 >>, << subtração, 2, 2, 0, 1 >>, ..., ^
 << multiplicação, 1, 2, 2, 1 >>, << multiplicação, 1, 3, 3, 1 >>, ...,

O tutor conhece operações com números de dois algarismos.

CT |= { << bel, AT, P_{tabuada2}, 1 >> } onde P_{tabuada2} é a proposição:

$$\begin{aligned} \text{tabuada2} \models & \langle\langle \text{adição}, 10, 1, 11, 1 \rangle\rangle, \langle\langle \text{adição}, 10, 2, 12, 1 \rangle\rangle, \dots, \wedge \\ & \langle\langle \text{subtração}, 10, 1, 9, 1 \rangle\rangle, \langle\langle \text{subtração}, 10, 2, 8, 1 \rangle\rangle, \dots, \wedge \\ & \langle\langle \text{multiplicação}, 10, 1, 10, 1 \rangle\rangle, \langle\langle \text{multiplicação}, 10, 2, 20, 1 \rangle\rangle, \dots, \end{aligned}$$

O tutor conhece operações com números de três algarismos.

CT \models { $\langle\langle \text{bel}, A_T, P_{\text{tabuada3}}, 1 \rangle\rangle$ } onde P_{tabuada3} é a proposição:

$$\begin{aligned} \text{tabuada3} \models & \langle\langle \text{adição}, 100, 1, 101, 1 \rangle\rangle, \langle\langle \text{adição}, 100, 2, 102, 1 \rangle\rangle, \dots, \wedge \\ & \langle\langle \text{subtração}, 100, 1, 99, 1 \rangle\rangle, \langle\langle \text{subtração}, 100, 2, 98, 1 \rangle\rangle, \dots, \wedge \\ & \langle\langle \text{multiplicação}, 100, 1, 100, 1 \rangle\rangle, \langle\langle \text{multiplicação}, 100, 2, 200, 1 \rangle\rangle, \dots, \end{aligned}$$

O tutor verifica que a resposta apresentada pelo aluno é igual ao resultado que ele possui da operação depois de realizá-la, utilizando o algoritmo ESTRAT6 descrito em 3.4.3.1(A).

O tutor deseja que o aluno responda com resultado correto ao problema proposto.

DT \models { $\langle\langle \text{des}, A_T, P_{RP1}, EPT2, T, 1 \rangle\rangle$ } onde P_{RP1} é a proposição:

$$RP1 \models \langle\langle \text{resp}, A_A, A_T, p1, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{resp-cor}, p1, 1 \rangle\rangle$$

O tutor intenciona que o aluno responda com resultado correto ao problema proposto.

IT \models { $\langle\langle \text{in}, A_T, P_{RP1}, \text{ESTRAT2}, EPT2, T, 1 \rangle\rangle$ } onde **ESTRAT2**, descrita em 3.4.3.1(B), é uma estratégia através da qual o tutor confere a resposta do aluno com a sua.

4. Aluno: - Eu sei, eu tinha certeza.

O aluno confirma suas crenças em relação às operações de adição, subtração e multiplicação:

O aluno conhece operações com números de um algarismo.

CA \models { $\langle\langle \text{bel}, A_A, P_{\text{tabuada1}}, 1 \rangle\rangle$ }

O aluno conhece operações com números de dois algarismos.

CA \models { $\langle\langle \text{bel}, A_A, P_{\text{tabuada2}}, 1 \rangle\rangle$ }

O aluno conhece operações com números de três algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{tabuada3}}, 1 \rangle \rangle \}$

CA - conhece que a operação de multiplicação é inversa da operação de divisão.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{PCA}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{PCA} é a proposição:

$\text{PCA} \models \langle \langle \text{inversa}, \text{SI}, \text{SM}, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{inversa}, \text{SM}, \text{SI}, 1 \rangle \rangle$

SI: temos aqui definida uma divisão de A por B onde o resultado é C.

$\text{SI} \models \langle \langle \text{divisão}, A, B, C, 1 \rangle \rangle$

SM: temos aqui definida uma multiplicação de C por B onde o resultado é A

$\text{SM} \models \langle \langle \text{multiplicação}, C, B, A, 1 \rangle \rangle$

Juntando SI com SM, podemos dizer que A dividido por B é C porque C multiplicado por B é A, ou seja, que a multiplicação é a operação inversa da divisão e esta é uma maneira utilizada para verificar se o resultado da divisão está correto.

5.Tutor: - Como podes ter certeza de que o resultado estaria correto?

O tutor deseja conhecer como o aluno tem certeza da sua resposta.

$\text{DT} \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{\text{DVJ}}, \text{EPT3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{DVJ} é a proposição:

$\text{DVJ} \models \langle \langle \text{conhecer}, A_T, \text{certeza-resp-aluno}, 1 \rangle \rangle$

conhecer: conhecer algoritmo usado pelo aluno para ter certeza de sua resposta

O tutor intenciona conhecer como o aluno tem certeza da sua resposta.

$\text{IT} \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{\text{DVJ}}, \text{ESTRATDVJ}, \text{EPT3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATDVJ** é a estratégia usada pelo tutor para solicitar ao aluno que lhe explique como tem certeza de que sua resposta está correta e está descrita em 3.4.3.1(B).

O tutor espera uma resposta esclarecedora por parte do aluno.

$\text{ET} \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{\text{RH1}}, \text{EPST1}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RH1} é a proposição:

$\text{RH1} \models \langle \langle \text{resp-esc}, A_A, A_T, 1 \rangle \rangle$

resp-esc: resposta do aluno, explicando como fez para verificar que sua divisão estava correta.

6. Aluno: - Porque eu verifiquei através de uma prova, antes de apresentar o resultado.

O aluno deseja mostrar ao tutor que sabe verificar se o resultado de uma operação está correto ou não.

DA |= { << des, AA, P_{SMJ}, EPA2, T, 1 >> } onde P_{SMJ} é a proposição:

SMJ |= << **mostrar**, AA, AT, **verific-result**, 1 >>

mostrar: mostrar que sabe verificar se o resultado da operação está correto ou não sem utilizar o algoritmo de resolução.

O aluno tem intenção de mostrar ao tutor que sabe verificar se o resultado de uma operação está correto ou não.

IA |= { << in, AA, P_{SMJ}, ESTRATSMJ, EPA2, T, 1 >> } onde **ESTRATSMJ** é a estratégia usada pelo aluno para mostrar ao tutor que sabe verificar se o resultado de uma operação está correto ou não, e está descrita em 3.4.3.2.

7. Tutor: - Que prova é esta? Como verificaste que o resultado estava correto, através do uso do algoritmo da divisão?

O tutor deseja saber como o aluno realizou tal prova.

DT |= { << des, AT, P_{HLJ}, EPT4, T, 1 >> } onde P_{HLJ} é a proposição:

HLJ |= << **saber**, AT, como, AS, **realizou-prova**, 1 >>

saber: conhecer o algoritmo que o aluno usou para verificar o resultado da operação, que é diferente do usado para desenvolver ou resolver a operação.

O tutor tem a intenção de saber como o aluno realizou tal prova.

IT |= { << in, AT, P_{HLJ}, ESTRATHLJ, EPT4, T, 1 >> } onde **ESTRATHLJ** é a estratégia, descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para solicitar ao aluno que lhe explique como realizou a prova para ter certeza do resultado da operação.

O tutor espera que o aluno lhe explique como fez a verificação do resultado.

ET |= { << exp, AT, P_{XB1}, EPST2, T, 1 >> } onde P_{XB1} é a proposição:

XB1 |= << **expliq**, AS, AT, **verific-result**, 1 >>

expliq: explicar ao tutor o algoritmo que usou para realizar a verificação do resultado.

8. Aluno: - Não, verifiquei que o resultado da divisão estava correto através da sua operação inversa.

O aluno confirma sua crença em relação à operação inversa:

O aluno conhece que a operação de divisão é inversa da multiplicação.

CA |= { << bel, AA, P_{PCA}, 1 >> }

O aluno espera que o tutor aceite sua explicação.

EA |= { << exp, AA, P_{EPG}, EPS2, T, 1 >> } onde P_{EPG} é a proposição:

EPG |= << aceitar, AT, **EXP**, AA, 1 >>

EXP é a explicação dada pelo aluno ao tutor a respeito da confirmação do resultado da divisão; o aluno justifica seu resultado mostrando ao tutor que está correto, pois, ao aplicar a operação inversa da divisão, que é a multiplicação, encontrou como resultado o número que havia dividido, no caso o 642.

9. Tutor: - Como assim, não entendi.

O tutor deseja aprender com o aluno o processo de verificar o resultado da divisão.

DT |= { << des, AT, P_{ENI}, EPT5, T, 1 >> } onde P_{ENI} é a proposição:

ENI |= << **aprender**, AT, AS, **processo-verificação**, 1 >>

processo-verificação: algoritmo usado pelo aluno para verificar se o resultado da operação está correto ou não.

O tutor tem a intenção de aprender com o aluno o processo de verificar o resultado da divisão.

IT $\models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{ENI}, \text{ESTRATENI}, \text{EPT5}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATENI** é uma estratégia usada pelo tutor para solicitar ao aluno que lhe ensine o processo de verificar o resultado da divisão, e está descrita em 3.4.3.1(B).

O tutor espera que o aluno lhe ensine o processo de verificar o resultado da divisão.

ET $\models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{ESD}, \text{EPST3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{ESD}** é a proposição:

ESD $\models \langle \langle \text{ensinar}, A_S, A_T, \text{processo-verificação}, 1 \rangle \rangle$

processo-verificação: algoritmo usado pelo aluno para verificar se o resultado da divisão está correto ou não.

10. Aluno: - Eu explico.

Esta explicação já foi apresentada em 3.2.1(10) e, para não sermos repetitivos, não a apresentaremos aqui.

O aluno tem o desejo de ensinar ao tutor a maneira de verificar o resultado.

DA $\models \{ \langle \langle \text{des}, A_A, P_{DPJ}, \text{EPS3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{DPJ}** é a proposição:

DPJ $\models \langle \langle \text{ensinar}, A_T, \text{maneira-verific-result}, 1 \rangle \rangle$

ensinar: ensinar ao tutor que o resultado da operação de divisão pode ser conferido através do uso da operação inversa.

O aluno tem a intenção de ensinar ao tutor a maneira de verificar o resultado.

IA $\models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{DPI}, \text{ESTRATDPJ}, \text{EPA3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATDPJ** é a estratégia usada pelo aluno para ensinar ao tutor como verificar o resultado da divisão usando a operação inversa, esta está descrita em 3.4.3.2.

O aluno espera que o tutor aprenda a verificar o resultado da operação.

EA $\models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{HPG}, \text{EPS3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{HPG}** é a proposição:

HPG $\models \langle \langle \text{aprender}, A_T, \text{processo-verificação}, 1 \rangle \rangle$

11.Tutor: - Agora eu entendi. Vou assimilar suas informações para usá-las quando for necessário.

Neste momento, o tutor acrescenta a crença da operação inversa às suas crenças, pois houve aprendizagem da sua parte, ou seja, ele aprendeu uma maneira de verificar se o resultado de uma operação está correto ou não, utilizando para isto o algoritmo da operação inversa.

12.Aluno: - Fico satisfeito e orgulhoso por ter tido a oportunidade de ensinar-lhe algo.

13.Tutor: - Como desenvolveste a operação da divisão?

O tutor deseja que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{AEC}, EPT6, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{AEC} é a proposição:

$AEC \models \langle \langle \text{resolve}, A_A, p1, ESTRAT6, 1 \rangle \rangle$

resolve: resolver o problema proposto utilizando a mesma estratégia do tutor.

O tutor intenciona que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{AEC}, ESTRATAEC, EPT6, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATAEC** é uma estratégia, descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para comparar a estratégia do aluno para resolver o problema.

A intenção do tutor aqui é que o aluno resolva corretamente o problema proposto utilizando uma estratégia adequada como a que está descrita na **ESTRAT6**.

Observando e analisando as respostas do aluno, o tutor irá verificar se suas crenças em relação ao conhecimento do aluno (CTA), estão corretas. São elas:

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.1.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA1}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA1} é a proposição:

$SPA1 \models \langle \langle \text{bel}, A_T, \text{crença-1}, 1 \rangle \rangle$

crença-1: é a crença CT1.1

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.2.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA2}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA2} é a proposição:

$SPA2 \models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-2}, 1 \rangle \rangle$

crença-2: é a crença CT1.2

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.3.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA3}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA3} é a proposição:

$SPA3 \models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-3}, 1 \rangle \rangle$

crença-3: é a crença CT1.3

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.4.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA4}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA4} é a proposição:

$SPA4 \models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-4}, 1 \rangle \rangle$

crença-4: é a crença CT1.4

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT3.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA6}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA6} é a proposição:

$SPA6 \models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-5}, 1 \rangle \rangle$

crença-5: é a crença CT3

O tutor espera que o aluno apresente como resultado, do problema p1, 214.

$ET \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{RP2}, EPST4, T \ 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RP2} é a proposição:

$RP2 \models \langle \langle \text{resp-214}, p1, 1 \rangle \rangle$

resp-214: a resposta do aluno deve coincidir com a resposta do problema que é 214.

$EPST4 \models \langle \langle \text{satisfação}, \text{exp}, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.5, t_1, 1 \rangle \rangle$

O tutor espera que o aluno utilize uma estratégia correta para resolver o problema p1.

ET |= { << exp , AT, P_{AEC}, EPST5, T, 1 >> } onde P_{AEC} é a proposição:

AEC |= << resolve, A_A, p1, ESTRAT6, 1 >>

EPST5 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t1, 1 >>

14. Aluno: - Inicialmente, verifiquei quantas vezes o 3 cabe no 6 e concluí que eram duas vezes e não sobrava nada.

O aluno deseja utilizar uma estratégia correta para resolver o problema p1.

DA |= { << des, A_A, P_{MA}, EPA4, T, 1 >> } onde P_{MA} é a proposição:

MA |= << mostra, A_A, AT, solução-p1, 1 >>

mostra: resolver o problema proposto utilizando uma estratégia que coincida com o tutor.

O aluno tem a intenção de utilizar uma estratégia correta para resolver o problema p1.

IA |= { << in, A_A, P_{MA}, ESTRATMA, EPA4, T, 1 >> } onde ESTRATMA é uma estratégia, descrita em 3.4.3.2, através da qual o aluno mostra ao tutor como resolveu o problema.

O desejo e a intenção do aluno são de mostrar ao tutor que conhece como se inicia o processo de divisão de um número natural por outro e, também, que o tutor confirme suas crenças em relação a este conhecimento.

O aluno espera resolver corretamente o problema p1, proposto pelo tutor.

EA |= { << exp, A_A, P_{EP1}, EPS1, T, 1 >> } onde P_{EP1} é a proposição:

EP1 |= << resolver-correto, A_A, p1, AT, 1 >> e p1 |= << dividir, 642, 3, 1 >>

EPS1 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t1, 1 >>

O aluno espera responder às perguntas do tutor.

EA |= { << exp, A_A, P_{EP2}, EPS3, T, 1 >> } onde P_{EP2} é a proposição:

EP2 |= << responder, A_A, P2, AT, 1 >> e P2 são perguntas do tutor

$EPS3 \models \langle\langle \text{satisfação, exp, } t_1, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{urgência, 0.8, } t_1, 1 \rangle\rangle$

A expectativa do aluno não se resume, apenas, em resolver corretamente o problema, mas em responder às perguntas do tutor à medida que forem sendo apresentadas.

15. Tutor: - Por que iniciaste a divisão pelo algarismo 6 e não pelo 4 ou pelo 2?

O tutor conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

$CT \models \{ \langle\langle \text{bel, } AT, P_{\text{posição}}, 1 \rangle\rangle \}$ onde $P_{\text{posição}}$ é a proposição:

$\text{posição} \models \langle\langle \text{milhar, N, M, 1} \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{centena, N, C, 1} \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{dezena, N, D, 1} \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{unidade, N, U, 1} \rangle\rangle$

(N, M, C, D, U são, respectivamente, o número, o milhar, a centena, a dezena e a unidade).

O tutor conhece a relação entre as classes dos algarismos.

$CT \models \{ \langle\langle \text{bel, } AT, P_{\text{relação}}, 1 \rangle\rangle \}$ onde $P_{\text{relação}}$ é a proposição:

$\text{relação} \models \langle\langle \text{igual, 1 milhar, 10 centenas, 1} \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{igual, 1 centena, 10 dezenas, 1} \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{igual, 1 dezena, 10 unidades, 1} \rangle\rangle$

O tutor conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

$CT \models \{ \langle\langle \text{bel, } AT, P_{\text{menor-classe}}, 1 \rangle\rangle \}$ onde $P_{\text{menor-classe}}$ é a proposição:

$\text{menor-classe} \models \langle\langle \text{unidade-menor-milhar, N, UMM, 1} \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{unidade-menor-centena, N, UMC, 1} \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{unidade-menor-dezena, N, UMD, 1} \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{unidade-menor-classe, N, UML, 1} \rangle\rangle$

(N, UMM, UMD, UMC, UML são, respectivamente, o número, a unidade de menor classe de milhar, a unidade de menor classe da centena, a unidade de menor classe da dezena e a unidade de menor classe)

O tutor quer confirmar suas crenças em relação ao conhecimento do aluno sobre a posição dos algarismos num número, e a relação existente entre as classes dos algarismos:

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT6.

CTA $\models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA7}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA7} é a proposição:

SPA7 $\models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-6}, 1 \rangle \rangle$

crença-6: é a crença CT6

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT7.

CTA $\models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA8}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA8} é a proposição:

SPA8 $\models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-7}, 1 \rangle \rangle$

crença-7: é a crença CT7

16. Aluno: - Porque conheço a posição dos algarismos num número e sei que o número 642 é formado por 6 centenas, 4 dezenas e 2 unidades. Sei também que, quando se divide um número por outro, inicia-se a divisão pela classe de maior ordem no número que, neste caso, é a centena.

O aluno conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

CA $\models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{posição}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{posição}$ é a proposição:

posição $\models \langle \langle \text{milhar}, N, M, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{centena}, N, C, 1 \rangle \rangle \wedge$

$\langle \langle \text{dezena}, N, D, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{unidade}, N, U, 1 \rangle \rangle$

(N, M, C, D, U são, respectivamente, o número, o milhar, a centena, a dezena e a unidade).

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

CA $\models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{relação}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{relação}$ é a proposição:

relação $\models \langle \langle \text{igual}, 1 \text{ milhar}, 10 \text{ centenas}, 1 \rangle \rangle \wedge$

$\langle \langle \text{igual}, 1 \text{ centena}, 10 \text{ dezenas}, 1 \rangle \rangle \wedge$

$\langle \langle \text{igual}, 1 \text{ dezena}, 10 \text{ unidades}, 1 \rangle \rangle$

O aluno conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

$CA \models \{ \langle\langle \text{bel}, AA, P_{\text{relação-classe}}, 1 \rangle\rangle \}$ onde $P_{\text{relação-classe}}$ é a proposição:

$$\begin{aligned} \text{relação-classe} \models & \langle\langle \text{dez-vezes}, \text{Milhar}, \text{Centena}, 1 \rangle\rangle \wedge \\ & \langle\langle \text{dez-vezes}, \text{Centena}, \text{Dezena}, 1 \rangle\rangle \wedge \\ & \langle\langle \text{dez-vezes}, \text{Dezena}, \text{Unidade}, 1 \rangle\rangle \end{aligned}$$

(Milhar, Centena, Dezena e Unidade são respectivamente, o milhar, a centena, a dezena e a unidade de um número)

A posição dos algarismos num número é um conhecimento significativo, pois refere-se ao lugar que o algarismo ocupa no número. Se este lugar for trocado, o número também se altera, assim, por exemplo, o número 642, do nosso problema, é formado por 6 centenas, 4 dezenas e 2 unidades, ou seja, o 6 representa o número 600, o 4 representa o número 40 e o 2 o número 2. Se o número fosse 426 teríamos 4 centenas, 2 dezenas e 6 unidades. A estratégia usada pelo aluno é embasada na aplicação do Princípio da Matemática sobre os algarismos e as classes de ordem a que o algarismos pertencem, definindo a relação entre estas classes.

O aluno deseja mostrar ao tutor que sabe por onde se inicia o processo de divisão.

$DA \models \{ \langle\langle \text{des}, AA, P_{\text{DBC}}, \text{EPA5}, T, 1 \rangle\rangle \}$ onde P_{DBC} é a proposição:

$$\text{DBC} \models \langle\langle \text{mostrar}, AA, AT, \text{início-div}, 1 \rangle\rangle$$

início-div: inicia-se uma divisão pelo algarismo que pertencer à classe de maior ordem no número.

É intenção do aluno mostrar ao tutor que sabe por onde se inicia o processo de divisão.

$IA \models \{ \langle\langle \text{in}, AA, P_{\text{DBC}}, \text{ESTRATDBC}, \text{EPA5}, T, 1 \rangle\rangle \}$ onde **ESTRATDBC** é a estratégia usada pelo aluno para mostrar ao tutor que ele sabe por onde se inicia o processo de divisão; está descrita em 3.4.3.2.

O aluno deseja mostrar ao tutor que conhece o processo divisão e quer que o tutor confirme suas crenças. No momento em que o tutor continua o diálogo, o aluno fica confiante que está no caminho certo e procura fazer o melhor que consegue, pois não foi contrariado.

O aluno espera resolver corretamente o problema proposto pelo tutor.

$$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP1}, EPS1, T, 1 \rangle \rangle \}$$

$$EPS1 \models \langle \langle \text{satisfação}, \text{exp}, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$$

O aluno espera responder às perguntas do tutor.

$$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP2}, EPS3, T, 1 \rangle \rangle \}$$

$$EPS2 \models \langle \langle \text{satisfação}, \text{exp}, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.8, t_1, 1 \rangle \rangle$$

A expectativa do aluno se relaciona com o seu desejo de resolver corretamente o problema e de responder com precisão às perguntas do tutor.

17. Tutor: - Inicia-se uma divisão pelo algarismo que estiver mais à esquerda por ocupar a maior classe no número.

O tutor conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

$$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{posição}}, 1 \rangle \rangle \}$$

O tutor conhece a relação entre as classes dos algarismos.

$$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação}}, 1 \rangle \rangle \}$$

O tutor conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

$$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{menor-classe}}, 1 \rangle \rangle \}$$

O tutor deseja que o aluno utilize uma estratégia correta para resolver o problema p1.

$$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{IEC}, EPT7, T, 1 \rangle \rangle \}$$
 onde P_{IEC} é a proposição:

IEC |= << **resolve**, **AA**, **p1**, **ESTRAT6**, **1** >>

O tutor intenciona que o aluno utilize uma estratégia correta para resolver p1.

IT |= { << in, **AT**, **P_{IEC}**, **ESTRATIEC**, **EPT7**, **T**, **1** >> } onde **ESTRATIEC**, descrita em 3.4.3.1(B), é uma estratégia através da qual o tutor propõe ensinar ao aluno como resolver o problema.

É desejo, intenção e expectativa do tutor que a estratégia usada pelo aluno seja de seu conhecimento. Quando esta expectativa não se verifica, o tutor aguarda a intervenção do aluno.⁶

O tutor espera que o aluno utilize uma estratégia correta para resolver o problema p1.

ET |= { << exp , **AT**, **P_{AEC}**, **EPT5**, **1** >> }

18.Aluno: - Continuando a operação e verificando quantas vezes o 3 cabe no 4, concluo que é uma vez e que sobra o algarismo 1 na classe das dezenas.

O aluno conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

CA |= { << bel, **AA**, **P_{posição}**, **1** >> }

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

CA |= { << bel, **AA**, **P_{relação}**, **1** >> }

O aluno confirma suas crenças e segue realizando o processo da operação de divisão descrito anteriormente.

19.Tutor: - O que fazes com este algarismo que sobrou na casa das dezenas?

O tutor conhece a relação entre as classes dos algarismos.

⁶ Nestes casos poderá ocorrer uma ação de aprendizagem por parte do tutor

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação}}, 1 \rangle \rangle \}$

O tutor conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação-classe}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{relação-classe}}$ é a proposição:

relação-classe $\models \langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Milhar}, \text{Centena}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Centena}, \text{Dezena}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Dezena}, \text{Unidade}, 1 \rangle \rangle$

(Milhar, Centena, Dezena e Unidade são respectivamente, o milhar, a centena, a dezena e a unidade de um número)

O tutor confirma as crenças do aluno e as suas crenças em relação ao conhecimento do aluno, ou seja, confirma que o aluno conhece a relação entre as classes de algarismos e sabe aplicar esta relação.

O tutor deseja que o aluno utilize uma estratégia correta para resolver o problema p1.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{AEC}, EPT6, 1 \rangle \rangle \}$

O tutor intenciona que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{AEC}, \text{ESTRATAEC}, EPT6, T, 1 \rangle \rangle \}$

O tutor espera que o aluno utilize uma estratégia correta para resolver o problema p1.

$ET \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{AEC}, EPST5, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{AEC} é a proposição:

AEC $\models \langle \langle \text{resolve}, A_A, p1, \text{ESTRAT6}, 1 \rangle \rangle$

20. Aluno: - Transformo esta dezena em 10 unidades para poder continuar a divisão e somo a estas 10 unidades as 2 unidades do número, ao todo com 12 unidades, e verifico que o 3 cabe 4 vezes no 12, não sobrando unidade.

O aluno possui as crenças CA1.1, CT1.2, CT1.3, e as crenças abaixo:

O aluno conhece operações com números de um algarismo.

CA |= { << bel, AA, P_{tabuada1}, 1 >> }

O aluno conhece operações com números de dois algarismos.

CA |= { << bel, AA, P_{tabuada2}, 1 >> }

O aluno conhece operações com números de três algarismos.

CA |= { << bel, AA, P_{tabuada3}, 1 >> }

O aluno conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

CA |= { << bel, AA, P_{menor-classe}, 1 >> } onde P_{menor-classe} é a proposição:

$$\begin{aligned} \text{menor-classe} \text{ |= } & \ll \text{unidade-menor-milhar, N, UMM, 1} \gg \wedge \\ & \ll \text{unidade-menor-centena, N, UMC, 1} \gg \wedge \\ & \ll \text{unidade-menor-dezena, N, UMD, 1} \gg \wedge \\ & \ll \text{unidade-menor-classe, N, UML, 1} \gg \end{aligned}$$

(N, UMM, UMD, UMC, UML são, respectivamente, o número, a unidade de menor classe de milhar, a unidade de menor classe da centena, a unidade de menor classe da dezena e a unidade de menor classe)

O aluno conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

CA |= { << bel, AA, P_{relação-classe}, 1 >> }

21. Tutor: - Por que transformaste a dezena em 10 unidades ?

O tutor conhece a relação entre as classes dos algarismos.

CT |= { << bel, AT, P_{relação}, 1 >> }

O tutor conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

CT |= { << bel, AT, P_{relação-classe}, 1 >> }

22. Aluno: - Porque existe um princípio da Matemática que diz que : "Todo algarismo colocado à esquerda de outro representa classe de ordem imediatamente superior a este, ou seja, 10 vezes maior."

Assim : 1 milhar = 10 centenas; 1 centena = 10 dezenas; 1 dezena = 10 unidades.

O aluno confirma suas crenças que são:

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

CA |= { << bel, AA, P_{relação}, 1 >> }

O aluno conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

CA |= { << bel, AA, P_{menor-classe}, 1 >> }

O aluno conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

CA |= { << bel, AA, P_{relação-classe}, 1 >> }

23. Tutor: - Sou levado a concluir que sabes dividir um número formado por 3 algarismos por um número formado por 1 algarismo.

As definições abaixo visam confirmar o uso correto do algoritmo ESTRAT6

O tutor deseja que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1

DT |= { << des, AT, P_{AEC}, EPT6, T, 1 >> } onde P_{AEC} é a proposição:

AEC |= << resolve, AA, p1, ESTRAT6, 1 >>

O tutor intenciona que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1.

IT |= { << in, AT, P_{AEC}, ESTRAT8, EPS3, T, 1 >> } onde **ESTRAT8** é a estratégia, descrita em 3.4.3.1(B), para verificar se a resposta do aluno ao problema proposto p1 está correta.

O tutor espera que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1.

ET |= { << exp, AT, P_{AEC}, EPST5, 1 >> }

O tutor, depois de confirmar suas crenças, as do aluno, e de verificar que a estratégia usada pelo aluno coincide com a sua, verifica que o desenvolvimento do problema está correto e que o aluno realmente provou que sabe utilizar o processo de divisão, pois não cometeu erro algum ao resolver a operação. Esta verificação foi feita através da explicação apresentada pelo aluno através do método EBL.

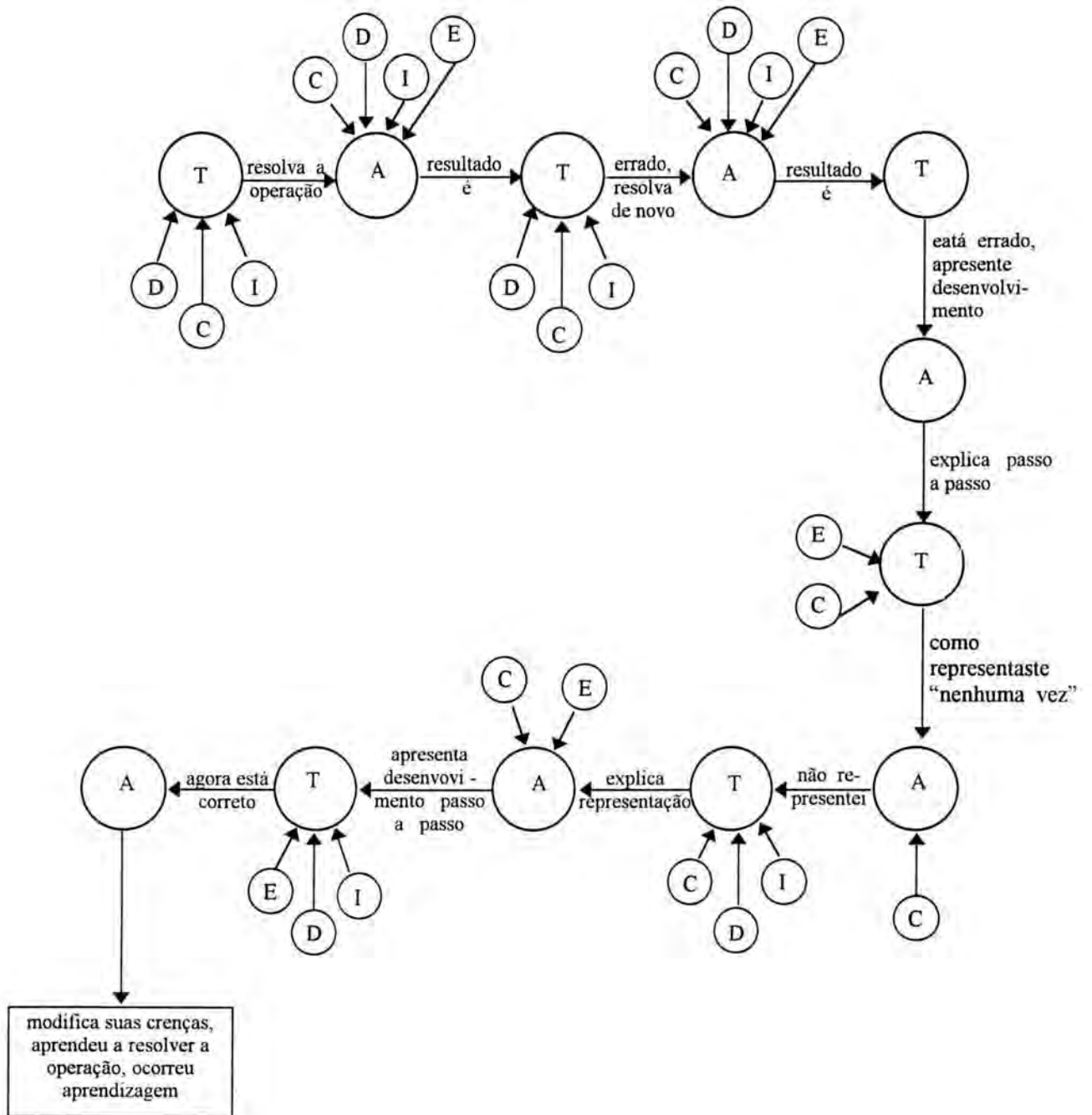


Figura 3.4 - Diálogo B

3.7.2 Explicação e Análise do Diálogo B

Este diálogo desenvolve-se inicialmente de maneira análoga ao diálogo da situação anterior. Diferencia-se do anterior no momento em que o tutor comunica ao aluno que sua resposta está errada e que ele deve realizar novamente a operação. Feito isto, o aluno apresenta uma resposta que é igual à apresentada anteriormente. O tutor, ao verificar que a resposta coincide com a anterior, conclui que o aluno está cometendo um erro, pois sua resposta não coincide com a que ele obtém depois de aplicar o algoritmo para a resolução da operação, descrito na ESTRAT6. Solicita então que o aluno apresente passo a passo o desenvolvimento da operação que realizou para que possa detectar o erro cometido e corrigi-lo. Para isto, interage com o aluno, induzindo-o a apresentar respostas às perguntas que irão ajudá-lo a descobrir o erro cometido.

A partir da frase 6, o diálogo se processa de modo semelhante ao diálogo anterior com o aluno respondendo às perguntas do tutor e explicando como desenvolveu a operação, utilizando os seus conhecimentos, ou seja, utilizando a maneira que ele acredita ser a correta para realizar tal operação⁷.

A partir da frase 11, o diálogo muda de rumo, pois, em relação à resposta do aluno sobre a representação do resultado da divisão, o tutor confirma sua suspeita, assumindo a crença do aluno e descobre o erro cometido por ele. A postura do tutor muda a partir de então, e ele se propõe a explicar ao aluno o erro cometido e uma maneira de corrigi-lo para poder resolver o problema. O tutor acredita que o aluno não sabe que deve-se representar o resultado de toda a divisão que se realiza e não sabe que, quando um número cabe “nenhuma vez” em outro, o resultado que representa esta situação é o algarismo zero. Confirmada a suspeita do tutor sobre as crenças erradas que o aluno possui, este deseja esclarecer o aluno, isto é, ensinar-lhe como resolver corretamente o tipo de problema que surgiu. Para ensinar ao aluno, o tutor usa a técnica EBL que vai apresentar-lhe uma explicação detalhada a respeito do problema. Depois de assimilar as explicações (mudar as suas crenças), o tutor espera que o aluno saiba resolver a operação de divisão com aquele tipo de dificuldade, sugerindo que este

⁷ Neste texto, os termos conhecimento e crenças possuem o mesmo significado

resolva novamente o problema proposto e desejando que, agora, ele apresente a resposta esperada. Se isto acontecer, o tutor apresenta novas operações para que o aluno resolva e, caso ele resolva corretamente, ou seja, apresentando os resultados corretos e desenvolvendo as operações de maneira correta, o tutor conclui que houve uma aprendizagem por parte do aluno e este deverá alterar suas crenças, desprezando as crenças sobre o erro que havia incorporado ao modelo do aluno. Isto é feito através da revisão de crenças.

3.7.2.1 Descrição Passo a Passo do Diálogo B

1. Tutor: - Quero que apresentes o resultado da divisão de 648 por 6.

O tutor conhece como apresentar um problema ao aluno.

CT |= { << bel, AT, P_{apresentar-p1}, AT, 1 >> } onde P_{apresentar-p1} é a proposição:

apresentar-p1: apresentar um problema para o aluno resolver, seguindo a estratégia ESTRAT5, descrita em 3.4.3.1(B)

A partir deste momento, o tutor deseja que o aluno resolva corretamente o problema p1⁸.

O tutor deseja propor o problema p1 ao aluno.

DT |= { << des, AT, P_{SP1}, EPT1, T, 1 >> } onde P_{SP1} é a proposição:

SP1 |= << **propõe**, AT, AA, p1, 1 >> e **p1** |= << dividir, 642, 3, 1 >>

EPT1 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t₁, 1 >> ∨

<< satisfação, dns, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t₁, 1 >>

O tutor tem a intenção de propor o problema p1 ao aluno.

⁸ Igual a nota 5.

IT |= { << in, AT, P_{SP1}, ESTRATSP1, EPT1, T, 1 >> } onde **ESTRATSP1** é a estratégia ESTRAT1, descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para apresentar um problema ao aluno.

O tutor deseja que o aluno responda corretamente ao problema p1.

DT |= { << des, AT, P_{RP1}, EPT2, T, 1 >> } onde **P_{RP1}** é a proposição:

RP1 |= << resp, A_A, AT, p1, 1 >> ∧ << resp-cor, p1, 1 >>

resp: resposta do aluno ao problema proposto;

resp-cor: resposta correta

EPT2 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.7, t₁, 1 >>

O tutor tem a intenção que o aluno responda corretamente ao problema p1.

IT |= { << in, AT, P_{RP1}, ESTRATRP1, EPT2, T, 1 >> } onde **ESTRATRP1** é a estratégia ESTRAT3, descrita em 3.4.3.1(B).

2.Aluno: - Ao dividir 648 por 6 , encontrei como resultado o número 18.

O aluno possui crenças correspondentes às crenças CA1.1, CA1.2, CA1.3, CA2, CA3 e CA5 que já foram definidas para o agente tutor, e vai resolver o problema proposto de acordo com estas crenças e os estados mentais que vão surgir durante a sua interação com o tutor.

O aluno conhece operações com números de um algarismo.

CA |= { << bel, A_A, P_{tabuada1}, 1 >> } onde **P_{tabuada1}** é a proposição:

tabuada1 |= << adição, 1, 1, 2, 1 >>, << adição, 1, 2, 3, 1 >>, ..., ∧

<< subtração, 2, 1, 1, 1 >>, << subtração, 2, 2, 0, 1 >>, ..., ∧

<< multiplicação, 1, 2, 2, 1 >>, << multiplicação, 1, 3, 3, 1 >>, ...,

O aluno conhece operações com números de dois algarismos.

CA |= { << bel, A_A, P_{tabuada2}, 1 >> } onde **P_{tabuada2}** é a proposição:

tabuada2 |= << adição, 10, 1, 11, 1 >>, << adição, 10, 2, 12, 1 >>, ..., ^
 << subtração, 10, 1, 9, 1 >>, << subtração, 10, 2, 8, 1 >>, ..., ^
 << multiplicação, 10, 1, 10, 1 >>, << multiplicação, 10, 2, 20, 1 >>, ...,

O aluno conhece operações com números de três algarismos.

CA |= { << bel, AA, P_{tabuada3}, 1 >> } onde P_{tabuada3} é a proposição:

tabuada3 |= << adição, 100, 1, 101, 1 >>, << adição, 100, 2, 102, 1 >>, ..., ^
 << subtração, 100, 1, 99, 1 >>, << subtração, 100, 2, 98, 1 >>, ..., ^
 << multiplicação, 100, 1, 100, 1 >>, << multiplicação, 100, 2, 200, 1 >>, ...,

Com as crenças definidas acima, o aluno consegue realizar a operação proposta pelo tutor e apresentar um resultado considerado correto. Assim, o aluno espera que o tutor confirme suas crenças.

No momento em que o aluno recebe o problema a ser resolvido, ele vai possuir o desejo e a intenção correspondente.

O aluno tem o desejo de resolver o problema proposto pelo tutor.

DA |= { << in, AA, P_{DP2}, EPA1, T, 1 >> } onde P_{DP2} é a proposição:

DP2 |= << resolve, AA, p1, AT, 1 >>

O aluno tem a intenção de resolver o problema proposto pelo tutor.

IA |= { << in, AA, P_{DP2}, ESTRAT4, EPA1, T, 1 >> } onde **ESTRAT4** é a estratégia, descrita em 3.4.3.2, usada pelo aluno para resolver o problema p1.

O aluno espera resolver corretamente o problema p1 proposto pelo tutor.

EA |= { << exp, AA, P_{EP1}, EPS1, T, 1 >> } onde P_{EP1} é a proposição:

EP1 |= << resolver-correto, AA, p1, AT, 1 >> ^ p1 |= << dividir, 642, 3, 1 >>

resolver-correto: significa a expectativa do aluno de resolver corretamente o problema p1, ou seja, ESTRAT4 = ESTRAT6.

Neste momento, a expectativa do aluno é que o resultado da operação que ele realizou esteja correto e que coincida com o resultado esperado pelo tutor.

3.Tutor: - O resultado não está correto. Faze novamente a operação.

O tutor conhece como apresentar novamente o problema ao aluno.

CT |= { << bel, AT, P_{apresentar-p1}, AT, 1 >> }

A partir deste momento, o tutor deseja que o aluno resolva corretamente o problema p1.

O tutor deseja propor o problema p1 ao aluno.

DT |= { << des, AT, P_{SP1}, EPT1, T, 1 >> }

EPT1 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t₁, 1 >>

O tutor tem a intenção de propor o problema p1 ao aluno.

IT |= { << in, AT, P_{SP1}, ESTRATSP1, EPT1, T, 1 >> }

O tutor deseja que o aluno responda corretamente ao problema p1.

DT |= { << des, AT, P_{RP1}, EPT2, T, 1 >> }

EPT2 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.7, t₁, 1 >>

O tutor tem a intenção que o aluno responda corretamente ao problema p1.

IT |= { << in, AT, P_{RP1}, ESTRATR1, EPT2, T, 1 >> }

4.Aluno: - O resultado que encontrei foi 18.

O aluno possui crenças correspondentes às crenças CA1.1, CA1.2, CA1.3, CA2, CA3 e CA5 que já foram definidas para o agente tutor, e vai resolver o problema

proposto de acordo com estas crenças e os estados mentais que vão surgir durante a sua interação com o tutor. As crenças do aluno são:

O aluno conhece operações com números de um algarismo.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{tabuada1}}, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno conhece operações com números de dois algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{tabuada2}}, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno conhece operações com números de três algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AA, P_{\text{tabuada3}}, 1 \rangle \rangle \}$

Com as crenças definidas acima, o aluno consegue realizar a operação proposta pelo tutor e apresentar um resultado considerado correto. Assim, o aluno espera que o tutor confirme suas crenças.

No momento em que o aluno recebe o problema a ser resolvido, ele vai possuir o desejo e a intenção correspondente.

O aluno tem o desejo de resolver o problema proposto pelo tutor.

$DA \models \{ \langle \langle \text{in}, AA, P_{\text{DP2}}, \text{EPA1}, T, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno tem a intenção de resolver o problema proposto pelo tutor.

$IA \models \{ \langle \langle \text{in}, AA, P_{\text{DP2}}, \text{ESTRAT4}, \text{EPA1}, T, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno espera resolver corretamente o problema p1 proposto pelo tutor.

$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, AA, P_{\text{EP1}}, \text{EPS1}, T, 1 \rangle \rangle \}$

Neste momento, a expectativa do aluno é que o resultado da operação que ele realizou esteja correto e que coincida com o resultado esperado pelo tutor.

5.Tutor: - O resultado continua errado. Apresenta o desenvolvimento da operação que realizaste.

O tutor deseja que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, AT, P_{AEC}, EPT3, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{AEC} é a proposição:

$AEC \models \langle \langle \text{resolve}, AA, p1, ESTRAT6, 1 \rangle \rangle$

resolve: resolver o problema proposto, utilizando a mesma estratégia do tutor.

O tutor intenciona que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p1.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, AT, P_{AEC}, ESTRATAEC, EPT3, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATAEC** é uma estratégia, descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para comparar a estratégia usada pelo aluno para resolver o problema.

A intenção do tutor aqui é descobrir o erro que o aluno cometeu ao resolver o problema proposto. O tutor deseja analisar a estratégia usada pelo aluno e comparar com a sua estratégia que é a **ESTRAT6** e descobrir o que está errado em relação ao desenvolvimento do apresentado pelo aluno.

Observando e analisando as respostas do aluno, o tutor irá verificar se suas crenças em relação ao conhecimento do aluno (CTA) estão corretas. São elas:

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.1.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{SPA1}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA1} é a proposição:

$SPA1 \models \langle \langle \text{bel}, AT, \text{crença-1}, 1 \rangle \rangle$

crença-1: é a crença CT1.1

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.2.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{SPA2}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA2} é a proposição:

$SPA2 \models \langle \langle \text{bel}, AA, \text{crença-2}, 1 \rangle \rangle$

crença-2: é a crença CT1.2

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.3.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{SPA3}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA3} é a proposição:

$SPA3 \models \langle \langle \text{bel}, AA, \text{crença-3}, 1 \rangle \rangle$

crença-3: é a crença CT1.3

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT1.4.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA4}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA4} é a proposição:

$SPA4 \models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-4}, 1 \rangle \rangle$

crença-4: é a crença CT1.4

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT3.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{SPA6}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA6} é a proposição:

$SPA6 \models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-5}, 1 \rangle \rangle$

crença-5: é a crença CT3

O tutor espera que o aluno apresente como resultado do problema p1 108.

$ET \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{RP2}, EPST1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RP2} é a proposição:

$RP2 \models \langle \langle \text{resp-108}, p1, 1 \rangle \rangle$

resp-108: a resposta do aluno deve coincidir com a resposta do problema que é 108.

6.Aluno: - Inicialmente, verifiquei quantas vezes o 6 cabe no 6 e concluí que é uma vez e não sobra nada.

O aluno deseja utilizar uma estratégia correta para resolver o problema p1.

$DA \models \{ \langle \langle \text{des}, A_A, P_{MA}, EPA2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{MA} é a proposição:

$MA \models \langle \langle \text{mostra}, A_A, A_T, \text{solução-p1}, 1 \rangle \rangle$

mostra: resolver o problema proposto utilizando uma estratégia que coincida com o tutor.

O aluno tem a intenção de utilizar uma estratégia correta para resolver o problema p1.

$IA \models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{MA}, \text{ESTRATMA}, EPA2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATMA** é uma estratégia, descrita em 3.4.3.2, através da qual o aluno mostra ao tutor como resolveu o problema.

O desejo e a intenção do aluno são de mostrar ao tutor que conhece como se inicia o processo de divisão de um número natural por outro e, também, que o tutor confirme suas crenças em relação a este conhecimento.

O aluno espera resolver corretamente o problema $p1$ proposto pelo tutor.

$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP1}, EPS2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{EP1} é a proposição:

$EP1 \models \langle \langle \text{resolver-correto}, A_A, p1, A_T, 1 \rangle \rangle$ e $p1 \models \langle \langle \text{dividir}, 648, 6, 1 \rangle \rangle$

resolver-correto: o aluno espera resolver corretamente o problema proposto utilizando uma estratégia adequada.

$EPS2 \models \langle \langle \text{satisfação}, \text{exp}, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$

O aluno espera responder às perguntas do tutor.

$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP2}, EPS3, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{EP2} é a proposição:

$EP2 \models \langle \langle \text{responder}, A_A, P2, A_T, 1 \rangle \rangle$ e $P2$ são perguntas do tutor

$EPS3 \models \langle \langle \text{satisfação}, \text{exp}, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.8, t_1, 1 \rangle \rangle$

A expectativa do aluno não se resume, apenas, em resolver corretamente o problema, mas em responder às perguntas do tutor à medida que forem sendo apresentadas.

7.Tutor: - Porque iniciaste a divisão pelo algarismo 6 e não pelo 4 ou pelo 8?

O tutor conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{posição}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{posição}}$ é a proposição:

$\text{posição} \models \langle \langle \text{milhar}, N, M, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{centena}, N, C, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{dezena}, N, D, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{unidade}, N, U, 1 \rangle \rangle$

(N, M, C, D, U são, respectivamente, o número, o milhar, a centena, a dezena e a unidade).

O tutor conhece a relação entre as classes dos algarismos.

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{relação}}$ é a proposição:

relação $\models \langle \langle \text{igual}, 1 \text{ milhar}, 10 \text{ centenas}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{igual}, 1 \text{ centena}, 10 \text{ dezenas}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{igual}, 1 \text{ dezena}, 10 \text{ unidades}, 1 \rangle \rangle$

O tutor conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{menor-classe}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{menor-classe}}$ é a proposição:

menor-classe $\models \langle \langle \text{unidade-menor-milhar}, N, UMM, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{unidade-menor-centena}, N, UMC, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{unidade-menor-dezena}, N, UMD, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{unidade-menor-classe}, N, UML, 1 \rangle \rangle$

(N, UMM, UMD, UMC, UML são, respectivamente, o número, a unidade de menor classe de milhar, a unidade de menor classe da centena, a unidade de menor classe da dezena e a unidade de menor classe)

O tutor quer confirmar suas crenças, em relação ao conhecimento, do aluno sobre a posição dos algarismos num número e a relação existente entre as classes dos algarismos:

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT6.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{SPA7}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA7} é a proposição:

SPA7 $\models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-6}, 1 \rangle \rangle$
crença-6: é a crença CT6

O tutor acredita que o aluno possui a crença CT7.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{SPA8}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SPA8} é a proposição:

SPA8 $\models \langle \langle \text{bel}, A_A, \text{crença-7}, 1 \rangle \rangle$
crença-7: é a crença CT7

8. Aluno: - Porque sei que se deve iniciar a divisão de um número por outro pelo algarismo que estiver na maior ordem que, neste caso, é o 6. Conheço também a posição dos algarismos num número e sei que o número 648 é formado por 6 centenas, 4 dezenas e 8 unidades.

O aluno conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{posição}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{posição}}$ é a proposição:

$$\text{posição} \models \langle \langle \text{milhar}, N, M, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{centena}, N, C, 1 \rangle \rangle \wedge \\ \langle \langle \text{dezena}, N, D, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{unidade}, N, U, 1 \rangle \rangle$$

(N, M, C, D, U são, respectivamente, o número, o milhar, a centena, a dezena e a unidade).

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{relação}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{relação}}$ é a proposição:

$$\text{relação} \models \langle \langle \text{igual}, 1 \text{ milhar}, 10 \text{ centenas}, 1 \rangle \rangle \wedge \\ \langle \langle \text{igual}, 1 \text{ centena}, 10 \text{ dezenas}, 1 \rangle \rangle \wedge \\ \langle \langle \text{igual}, 1 \text{ dezena}, 10 \text{ unidades}, 1 \rangle \rangle$$

O aluno conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{relação-classe}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{relação-classe}}$ é a proposição:

$$\text{relação-classe} \models \langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Milhar}, \text{Centena}, 1 \rangle \rangle \wedge \\ \langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Centena}, \text{Dezena}, 1 \rangle \rangle \wedge \\ \langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Dezena}, \text{Unidade}, 1 \rangle \rangle$$

(Milhar, Centena, Dezena e Unidade são respectivamente, o milhar, a centena, a dezena e a unidade de um número)

O aluno conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{menor-classe}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{menor-classe}}$ é a proposição:

$$\begin{aligned} \text{menor-classe} \models & \langle\langle \text{unidade-menor-milhar, N, UMM, 1} \rangle\rangle \wedge \\ & \langle\langle \text{unidade-menor-centena, N, UMC, 1} \rangle\rangle \wedge \\ & \langle\langle \text{unidade-menor-dezena, N, UMD, 1} \rangle\rangle \wedge \\ & \langle\langle \text{unidade-menor-classe, N, UML, 1} \rangle\rangle \end{aligned}$$

(N, UMM, UMD, UMC, UML são, respectivamente, o número, a unidade de menor classe de milhar, a unidade de menor classe da centena, a unidade de menor classe da dezena e a unidade de menor classe)

A posição dos algarismos num número é um conhecimento significativo, pois refere-se ao lugar que o algarismo ocupa no número. Se este lugar for trocado, o número também se altera, assim, por exemplo, o número 648, do nosso problema, é formado por 6 centenas, 4 dezenas e 8 unidades, ou seja, o 6 representa o número 600, o 4 representa o número 40 e o 8 o número 8. Se o número fosse 486, teríamos 4 centenas, 8 dezenas e 6 unidades. A estratégia usada pelo aluno é embasada na aplicação do Princípio da Matemática sobre os algarismos e as classes de ordem a que o algarismos pertencem, definindo a relação entre estas classes.

O aluno deseja mostrar ao tutor que sabe por onde se inicia o processo de divisão.

DA \models { $\langle\langle \text{des, } A_A, P_{DBC}, \text{EPA3, T, 1} \rangle\rangle$ } onde P_{DBC} é a proposição:

$$DBC \models \langle\langle \text{mostrar, } A_A, A_T, \text{início-div, 1} \rangle\rangle$$

início-div: inicia-se uma divisão pelo algarismo que pertencer à classe de maior ordem no número.

É intenção do aluno mostrar ao tutor que sabe por onde se inicia o processo de divisão.

IA \models { $\langle\langle \text{in, } A_A, P_{DBC}, \text{ESTRATDBC, EPA3, T, 1} \rangle\rangle$ } onde **ESTRATDBC** é a estratégia usada pelo aluno para mostrar ao tutor que ele sabe por onde se inicia o processo de divisão, esta está descrita em 3.4.3.2.

O aluno deseja mostrar ao tutor que conhece o processo divisão e quer que o tutor confirme suas crenças. No momento em que o tutor continua o diálogo, o aluno

fica confiante que está no caminho certo e procura fazer o melhor que consegue, pois não foi contrariado.

O aluno espera resolver corretamente o problema p1 proposto pelo tutor.

$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP1}, EPS2, T, 1 \rangle \rangle \}$

$EPS2 \models \langle \langle \text{satisfação}, \text{exp}, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$

O aluno espera responder às perguntas do tutor.

$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP2}, EPS3, T, 1 \rangle \rangle \}$

$EPS3 \models \langle \langle \text{satisfação}, \text{exp}, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.8, t_1, 1 \rangle \rangle$

A expectativa do aluno se relaciona com o seu desejo de resolver corretamente o problema e de responder com precisão às perguntas do tutor.

9.Tutor: - Continua a tua explicação sobre o desenvolvimento desta operação.

Até este passo, o aluno está resolvendo bem a operação e não cometeu erro.

O tutor deseja descobrir o erro do aluno ao resolver o problema p1.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{DGA}, EPT4, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{DGA} é a proposição:

$DGA \models \langle \langle \text{descobrir}, A_T, \text{erro}, A_A, 1 \rangle \rangle$

descobrir: descobrir o erro que o aluno cometeu ao resolver o problema .

O tutor intenciona descobrir o erro do aluno ao resolver o problema p1.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{DGA}, \text{ESTRATDGA}, EPT4, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATDGA** é a estratégia, descrita em 3.4.3.1(B), através da qual o tutor verifica se **ESTRAT4** é igual a **ESTRAT6**.

10.Aluno: - Continuando a operação, verifico quantas vezes o 6 cabe no 4 e concluo que o 6 cabe no 4 nenhuma vez. A seguir, abaixo o 8 que, ao lado do 4, forma o número 48 e verifico que o 6 cabe 8 vezes no 48.

O aluno confirma suas crenças e segue realizando o processo de divisão.

O aluno conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{posição}}, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{relação}}, 1 \rangle \rangle \}$

11. Tutor: - Como representaste o resultado da situação em que o 6 cabe no 4 “nenhuma vez”?

O tutor confirma as crenças do aluno e as suas crenças em relação ao conhecimento do aluno, ou seja, confirma que o aluno conhece a relação entre as classes de algarismos e sabe aplicar esta relação.

O tutor conhece a relação entre as classes dos algarismos.

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação}}, 1 \rangle \rangle \}$

O tutor conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_T, P_{\text{relação-classe}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{relação-classe}}$ é a proposição:

$\text{relação-classe} \models \langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Milhar}, \text{Centena}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Centena}, \text{Dezena}, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{dez-vezes}, \text{Dezena}, \text{Unidade}, 1 \rangle \rangle$

(Milhar, Centena, Dezena e Unidade são respectivamente, o milhar, a centena, a dezena e a unidade de um número)

O tutor deseja que o aluno responda que representou com o algarismo zero.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{\text{PBT}}, \text{EPT5}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{PBT} é a proposição:

$\text{PBT} \models \langle \langle \text{representou}, A_A, \text{alg-zero}, 1 \rangle \rangle$

representou: aluno utilize algarismo zero para representar o resultado da divisão parcial.

A intenção do tutor é que o aluno responda que representou com o algarismo zero.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{PBT}, \text{ESTRATPBT}, \text{EPT5}, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATPBT** é a estratégia **ESTRATRESB** (item B), descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para solicitar que o aluno responda sua pergunta e verificar se o aluno representou o resultado da divisão parcial, ou seja, se o aluno colocou o algarismo zero na resposta da divisão parcial.

O tutor espera que o aluno saiba que se representa o resultado com o algarismo zero.

$ET \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{REC}, \text{EPST2}, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{REC}** é a proposição:

$REC \models \langle \langle \text{conhecer}, A_A, \text{repr-alg-zero}, 1 \rangle \rangle$

conhecer: que aluno saiba que se representa o resultado com o algarismo zero, que esta seja uma crença do aluno.

repr-alg-zero: representar com o algarismo zero o resultado da divisão quando um número cabe “nenhuma vez” no outro.

12. Aluno: - Não representei, porque penso que só se representa o resultado quando o 6 cabe alguma vez num número.

O aluno sabe verificar quantas vezes um algarismo cabe no outro.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{quant-vezes}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{quant-vezes}** é a proposição:

quantas-vezes: verificar quantas vezes um algarismo cabe no outro

O aluno conhece que só se representa o resultado quando um algarismo cabe no outro alguma vez.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{representar}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{representar}** é a proposição:

representar: representa-se o resultado usando o número de vezes que um algarismo cabe no outro alguma vez.

O aluno conhece que não se representa o resultado quando um algarismo não cabe no outro, ou cabe no outro nenhuma vez.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{não-repres}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{não-repres}** é a proposição:

não-repres: não representar o resultado quando um algarismo não cabe no outro ou cabe no outro nenhuma vez.

13.Tutor: - Quero que me respondas quantas vezes o 6 cabe nas 6 centenas e como representas este resultado.

É desejo do tutor confirmar as crenças em relação ao conhecimento do aluno.

O aluno conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

CA |= { << bel, AA, P_{posição}, 1 >> }

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

CA |= { << bel, AA, P_{relação}, 1 >> }

O tutor deseja que o aluno saiba que deve representar o resultado de toda a divisão parcial que fizer.

DT |= { << des, AT, P_{REPRES}, EPT6, T, 1 >> } onde P_{REPRES} é a proposição:

REPRES |= << **representar-resultado**, AA, **div-parcial**, 1 >>

A intenção do tutor é que o aluno saiba que deve representar o resultado de toda a divisão parcial que fizer.

IT |= { << in, AT, P_{REPRES}, ESTRATREPRES, EPT6, T, 1 >> } onde **ESTRATREPRES** é a estratégia usada pelo tutor que explica como se representa o resultado de toda divisão parcial. Esta divisão coincide com a estratégia **ESTRATRESB**, descrita em 3.4.3.1.(B).

14.Aluno: - Como o 6 cabe uma vez no 6, represento o resultado usando o algarismo 1.

O aluno conhece que só se representa o resultado quando um algarismo cabe no outro alguma vez.

CA |= { << bel, AA, P_{representar}, 1 >> }

O aluno deseja confirmar a crença sobre a representação do resultado.

DA |= {<< des, AA, P_{CONF}, EPA4, T, 1 >>} onde P_{CONF} é a proposição:

CONF |= << confirmar, AT, crença, AA, 1 >>

A intenção do aluno é confirmar a crença sobre a representação do resultado.

IA |= {<< in, AA, P_{CONF}, ESTRATCONF, EPA4, T, 1 >>} onde **ESTRATCONF** é a estratégia, descrita em 3.4.3.2, usada pelo aluno para solicitar que o tutor confirme sua crença.

15.Tutor: - Agora, quero que me respondas quantas vezes o 6 cabe nas 4 dezenas.

O tutor espera que o aluno saiba que o número em questão tem 4 dezenas.

ET |= {<< exp, AT, P_{AFC}, EPST3, T, 1 >>} onde P_{AFC} é a proposição:

AFC |= << conhecer, AA, formação-num >>

formação-num: número é formado por X centenas, Y dezenas, Z unidades

EPST3 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t1, 1 >>

O tutor espera que a resposta do aluno seja nenhuma vez.

ET |= {<< exp, AT, P_{AGC}, EPST4, T, 1 >>} onde P_{AGC} é a proposição:

AGC |= << resposta, AA, nenhuma-vez >>

EPST4 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> ∧ << urgência, 0.5, t1, 1 >>

16.Aluno: - Nenhuma vez.

O aluno conhece que só se representa o resultado quando um algarismo cabe no outro alguma vez.

CA |= {<< bel, AA, P_{representar}, 1 >>}

O aluno deseja confirmar a crença sobre a representação do resultado.

DA |= {<< des, AA, P_{CONF}, EPA4, T, 1 >>}

A intenção do aluno é confirmar a crença sobre a representação do resultado.

IA |= {<< in, AA, P_{CONF}, ESTRATCONF, EPA4, T, 1 >>}

17. Tutor: - Com que algarismo poderias representar “nenhuma vez”?

O tutor espera que a resposta do aluno seja com o algarismo zero.

ET |= {<< exp, AT, P_{AHC}, EPST5, T, 1 >>} onde P_{AHC} é a proposição:

AHC |= << resposta, AA, algarismo-zero >>

EPST5 |= << satisfação, exp, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.5, t₁, 1 >>

Como está se realizando uma divisão, o tutor espera que o aluno entenda que, ao término de cada divisão, deve-se apresentar um resultado. Assim, ao dividir as centenas, representa-se o resultado desta da divisão parcial por X, que representa o número de vezes que o número cabe no algarismo das centenas; ao dividir as dezenas, representa-se o resultado da divisão parcial por Y, que representa o número de vezes que o número cabe no algarismo das dezenas; ao dividir as unidades, representa-se o resultado da divisão parcial por Z, que representa o número de vezes que o número cabe no algarismo das unidades.

O tutor espera que o aluno saiba que o algarismo ZERO representa a situação “nenhuma vez” e que conclua que o resultado da divisão de 4 por 6 é ZERO.

ET |= {<< exp, AT, P_{AKC}, EPST6, T, 1 >>} onde P_{AKC} é a proposição:

AKC |= << conhecer, AA, zero, repres-div, 1 >>

repres-div: ao tentar realizar esta divisão de 4 por 6, o aluno deverá verificar quantas vezes o 6 cabe no 4 e vai concluir que é nenhuma vez, e como resultado da divisão deverá colocar o algarismo ZERO.

EPST6 |= << satisfação, exp, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t₁, 1 >>

18. Aluno: - Acho que com o algarismo zero.

O aluno confirma aqui suas crenças anteriores e acrescenta mais uma:

O aluno conhece que o algarismo zero representa a situação nenhuma vez.

$CA \models \{\langle\langle \text{bel}, AA, P_{\text{Repres}}, 1 \rangle\rangle\}$ onde P_{Repres} é a proposição:

$\text{Repres} \models \langle\langle \text{representa, zero, situação-nenhuma-vez}, 1 \rangle\rangle\}$

O aluno espera responder corretamente a pergunta feita pelo tutor.

$EA \models \{\langle\langle \text{exp}, AA, P_{\text{EP5}}, \text{EPS4}, T, 1 \rangle\rangle\}$ onde P_{EP5} é a proposição:

$\text{EP5} \models \langle\langle \text{resp-cor}, AA, AT, 1 \rangle\rangle\}$

resp-cor: a resposta do aluno esteja correta, ou seja, a resposta do aluno coincida com a resposta esperada pelo tutor.

19.Tutor: - Por que não representaste este algarismo no resultado da divisão?

O tutor espera que a resposta do aluno seja com o algarismo zero.

$ET \models \{\langle\langle \text{exp}, AT, P_{\text{AHC}}, \text{EPST5}, T, 1 \rangle\rangle\}$

$\text{EPST5} \models \langle\langle \text{satisfação, exp}, t_1, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{urgência}, 0.5, t_1, 1 \rangle\rangle$

Como está se realizando uma divisão, o tutor espera que o aluno entenda que ao término de cada divisão, deve-se apresentar um resultado. Assim, ao dividir as centenas, representa-se o resultado desta da divisão parcial por X, que representa o número de vezes que o número cabe no algarismo das centenas; ao dividir as dezenas, representa-se o resultado da divisão parcial por Y, que representa o número de vezes que o número cabe no algarismo das dezenas; ao dividir as unidades, representa-se o resultado da divisão parcial por Z, que representa o número de vezes que o número cabe no algarismo das unidades.

O tutor espera que o aluno saiba que o algarismo ZERO representa a situação “nenhuma vez” e que conclua que o resultado da divisão de 4 por 6 é ZERO.

$ET \models \{\langle\langle \text{exp}, AT, P_{\text{AKC}}, \text{EPST6}, T, 1 \rangle\rangle\}$ onde P_{AKC} é a proposição:

$\text{EPST6} \models \langle\langle \text{satisfação, exp}, t_1, 1 \rangle\rangle \text{ e } \langle\langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle\rangle$

20. Aluno: - Porque sei que, quando o 6 cabe no 4 nenhuma vez, não preciso representar o resultado, devo abaixar o algarismo seguinte, que neste caso é o 8, formando assim o número 48 e continuar a divisão.

O aluno deseja confirmar suas crenças:

O aluno conhece a posição dos algarismos em um número qualquer.

CA |= { << bel, AA, P_{posição}, 1 >> }

O aluno conhece a relação entre as classes dos algarismos.

CA |= { << bel, AA, P_{relação}, 1 >> }

O aluno conhece que cada classe, com exceção da unidade, é igual a 10 vezes a classe imediatamente inferior.

CA |= { << bel, AA, P_{relação-classe}, 1 >> }

O tutor conhece que a unidade é a menor classe dos algarismos já estudados.

CT |= { << bel, AT, P_{menor-classe}, 1 >> }

O aluno conhece que só se representa o resultado quando um algarismo cabe no outro alguma vez.

CA |= { << bel, AA, P_{representar}, 1 >> }

O aluno conhece que não se representa o resultado quando um algarismo não cabe no outro, ou cabe no outro nenhuma vez.

CA |= { << bel, AA, P_{não-repres}, 1 >> }

21. Tutor: - Toda vez que se divide um algarismo por outro, deve-se representar o resultado desta divisão.

Assim, dividindo a centena 6 por 6, o resultado foi 1 e foi representado pelo algarismo 1.

Ao dividir a dezena 4 por 6, o resultado foi nenhuma vez e este resultado deve ser representado pelo algarismo zero.

A seguir, deve-se transformar as 4 dezenas na ordem imediatamente inferior multiplicando-as por 10 e somar a elas o algarismo da ordem em questão formando um

novo número para continuar a divisão. No nosso caso, devemos transformar as 4 dezenas em 40 unidades e somá-las com as 8 unidades do número, formando assim o novo número que é o 48 e aí prosseguir a divisão, verificando quantas vezes o 6 cabe nas 48 unidades. Concluir que são 8 vezes e representar este resultado usando o algarismo 8.

O tutor altera algumas de suas crenças em relação ao conhecimento do aluno:

O aluno conhece que só se representa o resultado quando um algarismo cabe no outro alguma vez.

$$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{representar}}, 0 \rangle \rangle \}$$

O aluno conhece que não se representa o resultado quando um algarismo não cabe no outro, ou cabe no outro nenhuma vez.

$$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{não-repres}}, 0 \rangle \rangle \}$$

O aluno não conhece que o algarismo zero representa a situação de dividir um número por outro maior que ele.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{REDIV}}, 0 \rangle \rangle \}$ onde P_{REDIV} é a proposição:

$$\text{REDIV} \models \langle \langle \text{resp-div}, A, B, C, \text{se } A \geq B, 0 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{resp-div}, A, B, 0, \text{se } A < B, 0 \rangle \rangle$$

O tutor deseja corrigir o erro do aluno.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{\text{RP7}}, \text{EPT7}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RP7} é a proposição:

$$\text{RP7} \models \langle \langle \text{corrigir}, A_T, \text{erro}, A_A \rangle \rangle$$

corrigir: corrigir erro cometido pelo aluno

$$\text{EPT7} \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$$

A intenção do tutor é corrigir o erro do aluno.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{\text{RP7}}, \text{ESTRATRP7}, \text{EPT7}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATRP7** é a estratégia usada pelo tutor para corrigir o erro do aluno e está descrita em 3.4.3.1(B).

O tutor deseja que o aluno responda corretamente ao problema p1.

$$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{\text{RP1}}, \text{EPT2}, T, 1 \rangle \rangle \}$$

$EPT2 \models \langle\langle \text{satisfação, ds, } t_1, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{urgência, 0.7, } t_1, 1 \rangle\rangle$

O tutor tem a intenção de que o aluno responda corretamente ao problema p1.

$IT \models \{ \langle\langle \text{in, } A_T, P_{RP1}, \text{ESTRAT3, EST2, } T, 1 \rangle\rangle \}$

Tenta, agora, realizar novamente a divisão de 648 por 6, apresentando o resultado.

22. Aluno: - Depois de realizar a divisão, o resultado que encontrei foi 108.

O aluno deseja mostrar que aprendeu a estratégia para resolver o problema proposto.

$DA \models \{ \langle\langle \text{des, } A_A, P_{MOT}, \text{EPA5, } T, 1 \rangle\rangle \}$ onde P_{MOT} é a proposição:

$MOT \models \langle\langle \text{mostrar, } A_A, A_T, \text{aprendeu-resolver, } 1 \rangle\rangle$

mostrar: mostrar ao tutor que aprendeu a resolver problema proposto usando estratégias ESTRATRP7 e ESTRAT6 apresentadas pelo tutor.

A intenção do aluno é mostrar que aprendeu a estratégia para resolver o problema.

$IA \models \{ \langle\langle \text{in, } A_A, P_{MOT}, \text{ESTRATMOT, EPA5, } T, 1 \rangle\rangle \}$ onde **ESTRATMOT** é a estratégia usada pelo aluno para resolver o problema e mostrar ao tutor que aprendeu a resolver a operação usando as estratégias ESTRAT6, ESTRATRESB e ESTRATREP descritas em 3.4.3.1.

23. Tutor: - O resultado agora está correto. Realiza a divisão de 836 por 4 apresentando o resultado.

O tutor deseja que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p2.

$DT \models \{ \langle\langle \text{des, } A_T, P_{AKC}, \text{EPT8, } T, 1 \rangle\rangle \}$ onde P_{AKC} é a proposição:

$AKC \models \langle\langle \text{usar-estrat-cor, } A_A, \text{resolver, } p2, 1 \rangle\rangle$ e $p2 \models \langle\langle \text{dividir, 836, 4, } 1 \rangle\rangle$

usar-estrat-cor: significa usar a estratégia correta para resolver o problema p2.

O tutor intenciona que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p2.

$IT \models \{ \langle \langle in, A_T, P_{AKC}, ESTRATAKC, EPT8, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATAKC** é a estratégia, descrita em 3.4.3.1.(B), usada pelo tutor para verificar se a resposta do aluno está correta.

O tutor espera que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p2.

$ET \models \{ \langle \langle exp, A_T, P_{BEC}, EPST7, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{BEC}** é a proposição:

BEC $\models \langle \langle resolve, A_A, p2, 1 \rangle \rangle$

resolve: significa resolver o problema p2, usando as estratégias **ESTRAT6**, **ESTRATRESB** e **ESTRATREP**

O tutor, depois de confirmar suas crenças, as do aluno, e de verificar que a estratégia usada pelo aluno coincide com a sua, verifica que o desenvolvimento do problema está correto e que o aluno realmente provou que sabe utilizar o processo de divisão, pois não cometeu erro algum ao resolver a operação. Esta verificação foi feita através da explicação apresentada ao aluno através do método EBL.

24.Aluno: - Encontrei o número 209 como resultado da divisão de 836 por 4.

O aluno possui crenças correspondentes às crenças **CA1.1**, **CA1.2**, **CA1.3**, **CA2**, **CA3** e **CA5** que já foram definidas para o agente tutor e vai resolver o problema proposto de acordo com estas crenças e os estados mentais que vão surgir durante a sua interação com o tutor.

As crenças do aluno são:

O aluno conhece operações com números de um algarismo.

$CA \models \{ \langle \langle bel, A_A, P_{tabuada1}, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno conhece operações com números de dois algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle bel, A_A, P_{tabuada2}, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno conhece operações com números de três algarismos.

$CA \models \{ \langle \langle bel, A_A, P_{tabuada3}, 1 \rangle \rangle \}$

Com as crenças definidas anteriormente, o aluno consegue realizar a operação proposta pelo tutor e apresentar um resultado considerado correto. Assim, o aluno espera que o tutor confirme suas crenças.

No momento em que o aluno recebe o problema a ser resolvido, ele vai possuir o desejo e a intenção correspondente.

O aluno tem o desejo de resolver corretamente o problema proposto pelo tutor.

$DA \models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{DP2}, EPA1, T, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno tem a intenção de resolver corretamente o problema proposto pelo tutor.

$IA \models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{DP2}, ESTRAT6, EPA1, T, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno espera resolver corretamente o problema p2 proposto pelo tutor.

$EA \models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{EP1}, EPS1, T, 1 \rangle \rangle \}$

25. Tutor: - O resultado está correto. Posso concluir que aprendeste a realizar a operação de divisão com este tipo de dificuldade.

O tutor altera algumas de suas crenças em relação ao conhecimento do aluno:

O aluno conhece que só se representa o resultado quando um algarismo cabe no outro alguma vez.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{representar}}, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno conhece que não se representa o resultado quando um algarismo não cabe no outro, ou cabe no outro nenhuma vez.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{não-repres}}, 1 \rangle \rangle \}$

O aluno não conhece que o algarismo zero representa a situação de dividir um número por outro maior que ele.

$CTA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{\text{REDIV}}, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{REDIV} é a proposição:

$\text{REDIV} \models \langle \langle \text{resp-div}, A, B, C, \text{se } A \geq B, 1 \rangle \rangle \wedge$
 $\langle \langle \text{resp-div}, A, B, 0, \text{se } A < B, 1 \rangle \rangle$

O tutor deseja que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p2.

DT |= { << des, AT, P_{AKC}, EPT8, T, 1 >> }

O tutor intenciona que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p2.

IT |= { << in, AT, P_{AKC}, ESTRATAKC, EPT8, T, 1 >> }

O tutor espera que o aluno utilize a estratégia correta para resolver o problema p2.

ET |= { << exp, AT, P_{BEC}, EPST7, 1 >> }

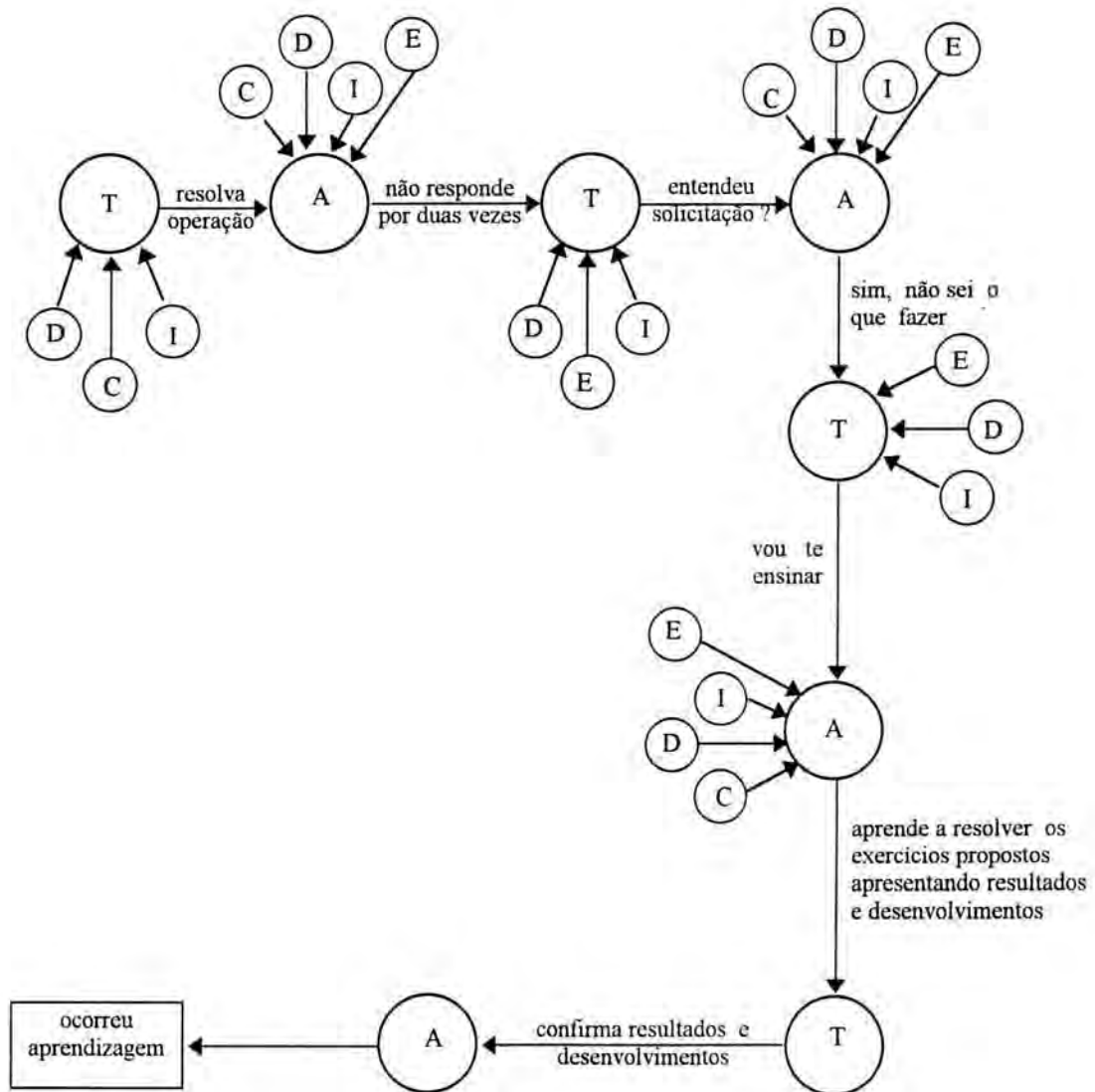


Figura 3.5 - Diálogo C

3.7.3 Explicação e Análise do Diálogo C

Nosso objetivo em trabalhar com o diálogo da situação C é, além de observar e analisar as mudanças que ocorrem nos estados mentais durante a interação ensino/aprendizagem, explorar principalmente aspectos do uso das estratégias de ensino que são, na realidade, os planos de ensino adotados pelo tutor e pelo aluno para resolver os problemas que surgem durante a interação.

O diálogo inicia-se com o tutor enviando uma mensagem ao aluno na qual solicita que este apresente o resultado da operação proposta. Ao fazer esta solicitação, o tutor está acreditando que o aluno sabe resolver tal operação e fica aguardando uma resposta para o problema. Nasce no tutor um desejo que só será satisfeito se o aluno resolver a operação apresentando um resultado. Para enviar a mensagem ao aluno, o tutor inicia utilizando a estratégia que define como apresentar um problema ao aluno. Esta estratégia está descrita em 3.4.3.1(B).

Um dos desejos do tutor é que o aluno “responda corretamente ao problema proposto”, isto significa que o aluno deve apresentar o resultado correto para o problema. Tal desejo só poderá ser satisfeito no final do diálogo, se o aluno apresentar o desenvolvimento completo de como resolveu a operação.

O tutor determina um tempo X para aguardar a resposta do aluno. Passado este tempo, como o aluno não se manifesta, ou seja, não envia mensagem alguma, o tutor envia novamente sua mensagem inicial na esperança de que tenha havido algum problema de comunicação com a primeira mensagem.

O aluno não responde ao tutor por não ter condições para isto, pois não sabe como realizar a operação proposta e, muito menos, como apresentar um resultado. Surge nele o desejo de que o tutor lhe informe o que fazer.

O tutor não recebe tal mensagem do aluno e, diante do “silêncio” deste, envia a primeira mensagem novamente ansioso por uma resposta e uma explicação de

por que não apresentou a resposta . Acredita que o aluno estivesse distraído e por isso houve falha na comunicação entre eles.

Novamente o aluno fica em “silêncio” e tenta enviar uma mensagem ao tutor através de uma estratégia definida por suas crenças e intenções para que o tutor “entenda” que ele não sabe como resolver o problema proposto, ou seja, a operação proposta. Tenta deixar claro ou dar a entender ao tutor que gostaria que este lhe dissesse o que ele deve fazer e lhe ensinasse como realizar a operação, ou seja, que procedimentos seguir para chegar a um resultado.

No instante em que o tutor percebe que o aluno não sabe o que fazer, ele envia uma mensagem para o aluno em forma de pergunta, com a intenção de verificar se o aluno sabe ou não sabe resolver o problema para poder se posicionar e mudar seu comportamento frente ao fato apresentado. Se a resposta for não, ele seleciona uma estratégia para ensinar ao aluno, pois acredita que o aluno deseja aprender a resolver a operação proposta para poder satisfazer seu desejo de apresentar o resultado do problema ao tutor.

Ao receber a confirmação do aluno de que ele não sabe o que fazer e que deseja aprender uma maneira de resolver a operação proposta, o tutor abandona seu desejo de que “o aluno responda corretamente ao problema p1”. Muda seus planos em relação ao aluno e adota uma nova postura, e uma nova estratégia é selecionada, logo começa a interagir de uma maneira diferente com o aluno.

Para construir ou determinar a estratégia de ensino adequada a este aluno, frente a esta nova situação, o tutor precisa saber algumas coisas a respeito do conhecimento deste aluno e de suas crenças. O diálogo é reiniciado com o envio da seguinte mensagem: “sabes o que significa dividir um número por outro?” A partir da resposta do aluno é que o tutor vai ter condições de construir um conjunto de crenças a respeito do conhecimento do aluno e através da intenção relacionada com as crenças selecionar a estratégia(s) de ensino adequada(s) ao caso.

Diante da resposta negativa do aluno, o tutor, que possuía várias expectativas, abandona-as e fica apenas com uma, a que espera uma resposta do aluno. As outras duas são abandonadas, pois o aluno em questão não sabe nada a respeito da operação de divisão, mas deseja aprender. O aluno já deixou isto bem claro ao tutor, e este assume como uma crença sua, em relação ao aluno, a vontade dele em aprender o processo para resolver a operação.

O aluno, ao apresentar a resposta “não”, deseja esclarecer ao tutor, mais uma vez, que não sabe nada a respeito da dita operação de divisão, muito menos o que ela significa. Para que o tutor conheça estes desejos, o aluno utiliza algumas estratégias e, através delas, envia mensagens ao tutor de maneira que este fique conhecendo seus desejos e expectativas.

Finalmente, ao perceber que o aluno deseja realmente aprender, o tutor busca uma estratégia que ensina ao aluno o significado da divisão de um número por outro e todos os passos para resolver corretamente a operação de divisão de um número natural de 2 ou mais algarismos por um número natural de um algarismo. Envia uma mensagem ao aluno com o algoritmo completo de como realizar a operação de divisão que propôs ao aluno. Este algoritmo descreve passo a passo uma maneira ideal de realizar a operação.

Então, o tutor envia para o aluno o algoritmo ESTRAT6 descrito em 3.4.3.1(A) que descreve como resolver passo a passo a operação de divisão.

Os desejos e as expectativas iniciais do tutor em relação à resposta do aluno ao problema proposto não são satisfeitos e são substituídos por outros no decorrer do diálogo. No momento em que ele percebe que o aluno não sabe realizar a operação solicitada, mas apresenta sinais de que deseja aprender, o tutor se propõe a ensiná-lo.

Não fica claro no diálogo se o aluno aprende ou não a resolver a operação proposta, pois o diálogo se encerra com a declaração do tutor “vou te ensinar” e apresenta ao aluno o processo para resolver passo a passo a operação, apresentando também uma expectativa de que o aluno aprenda o que foi ensinado. Tal expectativa só

vai ser satisfeita se o aluno apresentar a resolução do problema passo a passo com a respectiva resposta. Para que isto aconteça, cabe ao tutor, depois de um tempo considerado por ele o suficiente para que o aluno assimile o que foi apresentado, solicitar que o aluno realize a operação proposta. Ou seja, o tutor envia para este aluno a primeira mensagem deste diálogo e aguarda a resposta que pode ser:

- a) a mesma já apresentada neste diálogo;
- b) a resposta apresentada pelo aluno do diálogo A;
- c) a resposta apresentada pelo aluno do diálogo B.

Se for (a), o tutor não tem satisfeita sua expectativa e parte em busca de nova estratégia de ensino com a ajuda da análise de suas crenças em relação ao aluno e tenta utilizá-la para ensinar-lhe o processo para resolver a operação de divisão.

Se for (b), o tutor tem sua expectativa satisfeita, pois o aluno aprendeu muito bem como realizar a operação. Ele demonstra isto com o desenrolar do diálogo que é semelhante ao diálogo descrito na situação A, no qual o aluno mostra que aprendeu a resolver a operação proposta. Cabe ainda ao tutor enviar uma mensagem ao aluno solicitando que ele resolva algumas outras operações e, se ele resolver utilizando corretamente o algoritmo que aprendeu, apresentando os resultados corretos, o tutor pode concluir que realmente ocorreu aprendizagem por parte do aluno e atualizar suas crenças. Algumas crenças do aluno e do tutor, em relação ao aluno, neste momento são atualizadas e outras acrescentadas ao conjunto de crenças como novas, significando que ocorreu algum tipo de aprendizagem. O tutor conclui que o aluno aprendeu a resolver a operação de divisão com o tipo de dificuldade apresentado.

Se for (c), o aluno aprendeu de uma maneira errada a resolver a operação, ou seja, houve falha no processo. Cabe ao tutor analisar os passos do desenvolvimento apresentado pelo aluno, detectar o erro e corrigi-lo.

Com qualquer tipo de aluno, a verificação passo a passo é feita através da comparação dos passos do algoritmo apresentado pelo aluno com os passos do algoritmo do tutor, através da troca de mensagens entre eles.

No final, para verificar se o aluno aprendeu, o tutor solicita que ele realize novamente a operação e aguarda a resposta que, neste caso, pode ser (b) ou (c). O tutor espera que seja (b) e que possa concluir que houve aprendizagem por parte do aluno.

3.7.3.1 Descrição Passo a Passo do Diálogo C

1. Tutor: - Representa o resultado da divisão de 642 por 3.

O tutor conhece como apresentar um problema ao aluno.

$CT \models \{ \langle \langle \text{bel}, AT, P_{\text{apresentar-p1}}, AT, 1 \rangle \rangle \}$ onde $P_{\text{apresentar-p1}}$ é a proposição:

apresentar-p1: apresentar um problema para o aluno resolver, seguindo a estratégia ESTRATP descrita em 3.4.3.1(B).

A partir deste momento, o tutor deseja que o aluno resolva corretamente o problema p1⁹.

O tutor deseja propor o problema p1 ao aluno.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, AT, P_{\text{SP1}}, EPT1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{SP1} é a proposição:

$\text{SP1} \models \langle \langle \text{propõe}, AT, AA, p1, 1 \rangle \rangle$ e $p1 \models \langle \langle \text{dividir}, 642, 3, 1 \rangle \rangle$

$\text{EPT1} \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle \vee$

$\langle \langle \text{satisfação}, dns, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 1.0, t_1, 1 \rangle \rangle$

O tutor tem a intenção de propor o problema p1 ao aluno.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, AT, P_{\text{SP1}}, \text{ESTRATSP1}, EPT1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATSP1** é a estratégia **ESTRAT1**, descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para apresentar um problema ao aluno.

⁹ Igual a nota 5.

O tutor deseja que o aluno responda corretamente ao problema p1.

$DT \models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{RP1}, EPT2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{RP1} é a proposição:

$RP1 \models \langle \langle \text{resp}, A_A, A_T, p1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{resp-cor}, p1, 1 \rangle \rangle$

resp: resposta do aluno ao problema proposto;

resp-cor: resposta correta

$EPT2 \models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.7, t_1, 1 \rangle \rangle$

O tutor tem a intenção de que o aluno responda corretamente ao problema p1.

$IT \models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{RP1}, ESTRATR1, EPT2, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATR1** é a estratégia **ESTRAT3**, descrita em 3.4.3.1(B).

2. Aluno: -

O aluno possui as crenças CA1.1, ..., CA4 descritas em 3.4.2, além das crenças abaixo:

O aluno não sabe o que fazer para apresentar uma resposta ao tutor.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{RPA}, 0 \rangle \rangle \}$ onde P_{RPA} é a proposição:

$RPA \models \langle \langle \text{apresentar}, A_A, \text{resposta}, A_T, 0 \rangle \rangle$

O aluno não conhece o processo de divisão.

$CA \models \{ \langle \langle \text{bel}, A_A, P_{CPD}, 0 \rangle \rangle \}$ onde P_{CPD} é a proposição:

$CPD \models \langle \langle \text{conhece}, A_A, \text{processo-divisão}, 0 \rangle \rangle$

O aluno deseja obter do tutor a informação do que fazer .

$DA \models \{ \langle \langle \text{des}, A_A, P_{INF}, EPA1, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde P_{INF} é a proposição:

$INF \models \langle \langle \text{obter-inf}, A_A, A_T, 1 \rangle \rangle$

obter-inf: obter informação do tutor sobre o que deve ser feito

O aluno tem a intenção de obter do tutor a informação do que fazer .

IA $\models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{\text{INF}}, \text{ESTRATINF}, \text{EPA1}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATINF** é a estratégia, descrita em 3.4.3.2, através da qual o aluno procura comunicar ao tutor que não sabe fazer o que está sendo solicitado.

O aluno espera entender o que o tutor está solicitando.

EA $\models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{\text{EPT}}, \text{EPS1}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{EPT}** é a proposição:

EPT $\models \langle \langle \text{entender}, A_A, A_T, 1 \rangle \rangle$

entender: entender a solicitação do tutor, pois não sabe o que fazer.

3. Tutor: - Divide 642 por 3.

O tutor quer reforçar suas crenças em relação aos conhecimentos do aluno e ao seu conhecimento. Confirma as crenças CT1.1, ..., CT5, descritas em 3.4.1.

O tutor deseja que o aluno responda que não apresentou a resposta por estar distraído.

DT $\models \{ \langle \langle \text{des}, A_T, P_{\text{RESP}}, \text{EPT3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{RESP}** é a proposição:

RESP $\models \langle \langle \text{não-responder}, A_A, p1, A_T, 1 \rangle \rangle$ e **p1** $\models \langle \langle \text{dividir}, 642, 3, 1 \rangle \rangle$

não-responder: aluno não respondeu ao problema por estar distraído

O tutor tem a intenção de que o aluno responda que não apresentou a resposta por estar distraído.

IT $\models \{ \langle \langle \text{in}, A_T, P_{\text{RESP}}, \text{ESTRATRESP}, \text{EPT3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATRESP** é a estratégia, descrita em 3.4.3.1.(B), usada pelo tutor para descobrir porque o aluno não apresentou resposta ao seu problema.

O tutor espera que o aluno apresente o resultado do problema proposto.

ET $\models \{ \langle \langle \text{exp}, A_T, P_{\text{ARP}}, \text{EPST1}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{ARP}** é a proposição:

APR $\models \langle \langle \text{apresentar}, A_A, A_T, \text{resultado}, 1 \rangle \rangle$

4. Aluno: -

O aluno possui as crenças CA1.1, ..., CA4 descritas em 3.4.2, além das crenças abaixo:

O aluno não sabe o que fazer para apresentar uma resposta ao tutor.

CA |= { << bel, A_A, P_{RPA}, 0 >> }

O aluno não conhece o processo de divisão.

CA |= { << bel, A_A, P_{CPD}, 0 >> }

O aluno deseja que o tutor lhe diga o que deve fazer.

DA |= { << des, A_A, P_{ODF}, EPA2, T, 1 >> } onde P_{ODF} é a proposição:

ODF |= << dizer, A_T, A_A, 1 >>

dizer: o tutor deve dizer ao aluno o que este deve fazer.

EPA2 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t₁, 1 >>

O aluno tem a intenção que o tutor lhe diga o que deve fazer.

IA |= { << in, A_A, P_{ODF}, ESTRATODF, EPA2, T, 1 >> } onde **ESTRATODF** é a estratégia ESTRATINF, descrita em 3.4.3.2, através da qual o aluno solicita ao tutor que lhe diga o que fazer.

O aluno deseja apresentar uma resposta ao tutor.

DA |= { << des, A_A, P_{ART}, EPA3, T, 1 >> } onde P_{ART} é a proposição:

ART |= << apresentar-resposta, A_A, p1, A_T, 1 >> e p1 << dividir,642, 3, 1 >>

EPA3 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.8, t₁, 1 >>

O aluno tem a intenção de apresentar uma resposta ao tutor.

IA |= { << in, A_A, P_{ART}, ESTRATART, EPA3, T, 1 >> } onde **ESTRATART** é uma estratégia, descrita em 3.4.3.2, através da qual o aluno responde ao tutor.

O aluno espera que o tutor entenda que ele não sabe o que fazer com o problema.

EA |= { << exp, AA, P_{EFP}, EPS2, T, 1 >> } onde P_{EFP} é a proposição:

EFP |= << entender, A_T, AA, não-p1, 1 >>

não-p1: não sabe o que fazer com o problema proposto

5. Tutor: - Entendeste o que foi solicitado?

O tutor deseja que o aluno apresente uma resposta ao problema.

DT |= { << des, A_T, P_{AAR}, EPT4, T, 1 >> } onde P_{AAR} é a proposição:

AAR |= << apres-resp, AA, A_T, 1 >>

apres-resp: o aluno deve responder algo para que o tutor possa continuar sua intervenção.

EPT4 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t₁, 1 >>

O tutor tem a intenção de que o aluno apresente uma resposta ao problema.

IT |= { << in, A_T, P_{AAR}, ESTRATAAR, EPT4, T, 1 >> } onde **ESTRATAAR** é uma estratégia, descrita em 3.4.3.1.(B), usada pelo tutor para que o aluno apresente uma resposta ao problema proposto.

O tutor deseja ensinar ao aluno como resolver o problema proposto.

DT |= { << des, A_T, P_{RPP}, EPT5, T, 1 >> } onde P_{RPP} é a proposição:

RPP |= << ensinar, AA, resolver-problema, 1 >>

EPT5 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.6, t₁, 1 >>

O tutor tem a intenção de ensinar ao aluno como resolver o problema proposto.

IT |= { << in, A_T, P_{RPP}, ESTRATRPP, EPT5, T, 1 >> } onde **ESTRATRPP** é a estratégia ESTRAT6, descrita em 3.4.3.1.(A), usada pelo tutor para ensinar ao aluno a resolver o problema proposto.

O tutor deseja saber se o aluno conhece ou não conhece como resolver o problema.

DT |= { << des, A_T, P_{CRP}, EPT6, T, 1 >> } onde P_{CRP} é a proposição:

CRP |= << **conhecer**, A_A , **resolver-problema**, 1 >> \vee

<< **não-conhecer**, A_A , **resolver-problema**, 1 >>

EPT6 |= << **satisfação**, ds , t_1 , 1 >> \wedge << **urgência**, 0.8, t_1 , 1 >>

O tutor tem a intenção de saber se o aluno conhece ou não conhece como resolver o problema proposto.

IT |= { << **in**, A_T , P_{CRP} , **ESTRATCRP**, **EPT6**, T , 1 >> } onde **ESTRATCRP** é uma estratégia, descrita em 3.4.3.1.(B), usada pelo tutor para descobrir se o aluno conhece ou não conhece como resolver o problema proposto.

O tutor espera que o aluno apresente uma resposta num tempo X.

ET |= { << **exp**, A_T , P_{ART} , **EPST2**, T , 1 >> } onde P_{ART} é a proposição:

ART |= << **apresentar**, A_A , **resposta**, 1 >>

resposta: o aluno deve apresentar uma resposta ao tutor num tempo X, determinado pelo tutor.

6.Aluno: - Entendi, mas não sei o que fazer.

O aluno possui as crenças CA1.1, ..., CA4 descritas em 3.4.2, além da crença:

O aluno não conhece o processo de divisão.

CA |= { << **bel**, A_A , P_{CPD} , 0 >> }

O aluno deseja explicar ao tutor que entendeu a solicitação.

DA |= { << **des**, A_A , P_{EXP} , **EPA4**, T , 1 >> } onde P_{EXP} é a proposição:

EXP |= << **explicar**, A_A , A_T , **entendeu**, 1 >>

entendeu: o aluno explica ao tutor que entendeu a solicitação dele, mas não sabe o que é para fazer.

EPA4 |= << **satisfação**, ds , t_1 , 1 >> \wedge << **urgência**, 1.0, t_1 , 1 >>

O aluno tem a intenção de explicar ao tutor que entendeu a solicitação.

IA $\models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{\text{EXP}}, \text{ESTRATEXP}, \text{EPA4}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATEXP** é a estratégia **ESTRATINF**, descrita em 3.4.3.2, usada pelo aluno para explicar ao tutor que entendeu a solicitação, mas não sabe o que é para fazer.

O aluno deseja que o tutor lhe ensine o processo de divisão.

DA $\models \{ \langle \langle \text{des}, A_A, P_{\text{ENS}}, \text{EPA5}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{ENS}** é a proposição:

ENS $\models \langle \langle \text{ensine}, A_T, A_A, \text{processo-divisão}, 1 \rangle \rangle$

EPA5 $\models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.8, t_1, 1 \rangle \rangle$

O aluno tem a intenção de que o tutor lhe ensine o processo de divisão.

IA $\models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{\text{ENS}}, \text{ESTRATENS}, \text{EPA5}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATENS** é a estratégia **ESTRATART**, descrita em 3.4.3.2, usada pelo aluno para solicitar ao tutor que lhe ensine o processo de divisão de um número por outro.

O aluno deseja resolver o problema proposto.

DA $\models \{ \langle \langle \text{des}, A_A, P_{\text{RSV}}, \text{EPA6}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{RSV}** é a proposição:

RSV $\models \langle \langle \text{resolver}, A_A, p1, A_T, 1 \rangle \rangle$

EPA6 $\models \langle \langle \text{satisfação}, ds, t_1, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{urgência}, 0.6, t_1, 1 \rangle \rangle$

O aluno tem a intenção de resolver o problema proposto.

IA $\models \{ \langle \langle \text{in}, A_A, P_{\text{RSV}}, \text{ESTRATRSV}, \text{EPA6}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **ESTRATRSV** é a estratégia **ESTRATART**, descrita em 3.4.3.2, através da qual o aluno comunica ao tutor que deseja resolver o problema proposto.

O aluno espera uma explicação do tutor.

EA $\models \{ \langle \langle \text{exp}, A_A, P_{\text{EXT}}, \text{EPS3}, T, 1 \rangle \rangle \}$ onde **P_{EXT}** é a proposição

EXT $\models \langle \langle \text{explicação}, A_T, A_A, 1 \rangle \rangle$

explicação: o aluno espera uma explicação do tutor sobre como proceder para aprender e conseguir resolver o problema proposto.

7.Tutor: - Sabes o que significa dividir um número por outro?

O tutor deseja que o aluno aprenda a resolver a operação de divisão.

DT |= { << des, AT, PAOD, EPT7, T, 1 >> } onde PAOD é a proposição:

AOD |= << aprender, AA, resolver-divisão, 1 >>

O tutor tem a intenção de que o aluno aprenda a resolver a operação de divisão.

IT |= { << in, AT, PAOD, ESTRATAOD, EPT7, T, 1 >> } onde **ESTRATAOD** é uma estratégia usada pelo tutor para ensinar ao aluno como resolver a operação de divisão. Esta estratégia é uma combinação de ESTRAT6, ESTRATRESB, ESTRATREP, descritas e 3.4.3.1(A);(B).

O tutor espera uma resposta do aluno.

ET |= { << exp, AT, P_{APR}, EPST3, T, 1 >> } onde P_{APR} é a proposição:

APR |= << resposta, AA, AT, 1 >>

EPST3 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t1, 1 >>

O tutor espera que o aluno responda que sabe o significado da divisão de um número por outro.

ET |= { << exp, AT, P_{RSP}, EPST4, T, 1 >> } onde P_{RSP} é a proposição:

RSP |= << responde, AA, AT, positivo, 1 >>

positivo: o aluno responde que sabe o que significa dividir um número por outro

EPST4 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> ∧ << urgência, 0.8, t1, 1 >>

Se o aluno responder que sabe, o tutor pergunta se ele conhece o processo para realizar a operação de divisão.

O tutor espera que o aluno conheça o processo de divisão.

ET |= { << exp, AT, P_{CPD}, EPST5, T, 1 >> } onde P_{CPD} é a proposição:

CPD |= << conhece, AA, processo-divisão, 1 >>

$$\text{EPST5} \models \langle\langle \text{satisfação, exp, } t_1, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{urgência, 0.8, } t_1, 1 \rangle\rangle$$

Se o aluno responder que não conhece o processo para realizar a operação de divisão, o tutor utiliza a ESTRAT6 para ensiná-lo através do método EBL.

8.Aluno: - Não.

O aluno possui as crenças CA1.1, ..., CA4 descritas em 3.4.2, além da crença:
O aluno não conhece o processo de divisão.

$$\text{CA} \models \{ \langle\langle \text{bel, } A_A, P_{\text{CPD}}, 0 \rangle\rangle \}$$

O aluno deseja que o tutor lhe ensine o processo de divisão.

$$\text{DA} \models \{ \langle\langle \text{des, } A_A, P_{\text{ENS}}, \text{EPA5, } T, 1 \rangle\rangle \}$$

$$\text{EPA5} \models \langle\langle \text{satisfação, ds, } t_1, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{urgência, 1.0, } t_1, 1 \rangle\rangle$$

O aluno tem a intenção de que o tutor lhe ensine o processo de divisão.

$\text{IA} \models \{ \langle\langle \text{in, } A_A, P_{\text{ENS}}, \text{ESTRATENS, EPA5, } T, 1 \rangle\rangle \}$ onde **ESTRATENS** é a estratégia **ESTRATART**, descrita em 3.4.3.2, usada pelo aluno para solicitar ao tutor que lhe ensine o processo de divisão de um número por outro.

O aluno deseja resolver o problema proposto.

$\text{DA} \models \{ \langle\langle \text{des, } A_A, P_{\text{RSV}}, \text{EPA6, } T, 1 \rangle\rangle \}$ onde **P_{RSV}** é a proposição:

$$\text{RSV} \models \langle\langle \text{resolver, } A_A, p_1, A_T, 1 \rangle\rangle$$

$$\text{EPA6} \models \langle\langle \text{satisfação, ds, } t_1, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{urgência, 0.6, } t_1, 1 \rangle\rangle$$

O aluno tem a intenção de resolver o problema proposto.

$\text{IA} \models \{ \langle\langle \text{in, } A_A, P_{\text{RSV}}, \text{ESTRATRSV, EPA6, } T, 1 \rangle\rangle \}$

O aluno deseja aprender o processo de divisão de um número por outro.

$\text{DA} \models \{ \langle\langle \text{des, } A_A, P_{\text{APD}}, \text{EPA7, } T, 1 \rangle\rangle \}$ onde **P_{APD}** é a proposição:

APD |= << **aprender**, AT, **processo-divisão**, 1 >>

PA7 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.8, t₁, 1 >>

O aluno tem a intenção de aprender o processo de divisão de um número por outro.

IA |= { << in, AA, P_{APD}, **ESTRATAPD**, EPA7, T, 1 >> } onde **ESTRATAPD** é a estratégia **ESTRATART**, descrita em 3.4.3.2, através da qual o aluno comunica ao tutor sua intenção de aprender o processo de divisão de um número por outro.

O aluno espera que o tutor lhe ensine o significado da divisão de um número por outro.

EA |= { << exp, AA, P_{ESD}, EPS4, T, 1 >> } onde P_{ESD} é a proposição:

ESD |= << **ensinar**, AT, AA, **significado**, 1 >>

significado: significado da divisão de um número natural por outro

EPS4 |= << satisfação, exp, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 1.0, t₁, 1 >>

O aluno espera que o tutor lhe ensine o processo de divisão de um número por outro.

EA |= { << exp, AA, P_{EPD}, EPS5, T, 1 >> } onde P_{EPD} é a proposição:

EPD |= << **ensinar**, AT, AA, **processo-divisão**, 1 >>

EPS5 |= << satisfação, exp, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.8, t₁, 1 >>

9. Tutor: - Vou te ensinar.

O tutor quer reforçar suas crenças em relação aos conhecimentos do aluno e ao seu conhecimento. Confirma as crenças CT1.1, ..., CT5, descritas em 3.4.1.

O tutor deseja ensinar o processo de divisão ao aluno.

DT |= { << des, AT, P_{EPD}, EPT8, T, 1 >> } onde P_{EPD} é a proposição:

EPD |= << **ensinar**, AT, AA, **processo-divisão**, 1 >>

EPT8 |= << satisfação, ds, t₁, 1 >> ∧ << urgência, 0.8, t₁, 1 >>

O tutor tem a intenção de ensinar o processo de divisão ao aluno.

IT $\models \{\ll in, AT, P_{EPD}, ESTRATEPD, EPT8, T, 1 \gg\}$ onde **ESTRATEPD** é a estratégia **ESTRAT6**, descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para ensinar ao aluno o processo de divisão de um número natural por outro.

O tutor deseja ensinar ao aluno o significado da divisão de um número por outro.

DT $\models \{\ll des, AT, P_{ESD}, EPT9, T, 1 \gg\}$ onde **P_{ESD}** é a proposição:

ESD $\models \ll ensinar, AT, AA, significado, 1 \gg$

significado: significado da divisão de um número natural por outro

EPT9 $\models \ll satisfação, ds, t_1, 1 \gg \wedge \ll urgência, 1.0, t_1, 1 \gg$

O tutor tem a intenção de ensinar ao aluno o significado da divisão de um número por outro.

IT $\models \{\ll in, AT, P_{ESD}, ESTRATESD, EPT9, T, 1 \gg\}$ onde **ESTRATESD** é a estratégia **ESTRAT6**, descrita em 3.4.3.1(B), usada pelo tutor para ensinar ao aluno o significado da divisão de um número natural por outro.

O tutor deseja ensinar ao aluno como resolver a operação de divisão.

DT $\models \{\ll des, AT, P_{EAR}, EPT10, T, 1 \gg\}$ onde **P_{EAR}** é a proposição:

EAR $\models \ll ensinar, AT, AA, resolver-operação, 1 \gg$

EPT10 $\models \ll satisfação, ds, t_1, 1 \gg \wedge \ll urgência, 0.8, t_1, 1 \gg$

O tutor tem a intenção de ensinar ao aluno como resolver a operação de divisão.

IT $\models \{\ll in, AT, P_{EAR}, ESTRATEAR, EPT10, T, 1 \gg\}$ onde **ESTRATEAR** é a estratégia usada pelo tutor para ensinar ao aluno como resolver a operação de divisão de um número natural por outro. Esta estratégia é uma combinação de **ESTRAT6**, **ESTRATRESB**, **ESTRATREP**.

O tutor espera que o aluno aprenda o significado da divisão de um número por outro.

ET $\models \{\ll exp, AT, P_{ASN}, EPST6, T, 1 \gg\}$ onde **P_{ASN}** é a proposição:

ASN $\models \ll aprender, AA, significado, 1 \gg$

significado: significado da divisão de um número natural por outro

EPST6 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> \wedge << urgência, 1.0, t1, 1 >>

O tutor espera que o aluno aprenda a utilizar o processo de divisão para resolver o problema proposto.

ET |= { << exp, AT, P_{ARO}, EPST7, T, 1 >> } onde P_{ARO} é a proposição:

ARO |= << aprender, AA, resolver, 1 >>

resolver: aprender a resolver o problema proposto

EPST7 |= << satisfação, exp, t1, 1 >> \wedge << urgência, 0.8, t1, 1 >>

No momento em que o aluno, após receber toda a explicação apresentada pelo tutor, realizar corretamente a operação proposta ocorrerá alteração nas suas crenças. O tutor, então, poderá concluir que ocorreu aprendizagem por parte do aluno.

4 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Ao término do trabalho, constatamos que um dos objetivos propostos, o de analisar a interação entre os agentes através dos estados mentais por nós estudados: crença, desejo, intenção e expectativa, visando observar as mudanças que ocorrem nos estados dos agentes tutor e aluno durante interações de ensino/aprendizagem, foi atingido. Desta análise, resultou um entendimento mais detalhado do processo de ensino e aprendizagem e foi através da relação entre os estados mentais, durante os diálogos, que conseguimos observar as mudanças ocorridas. Observamos, por exemplo, que nem sempre os estados mudam, mas que sempre que um desejo muda, a intenção a ele associada também muda, entretanto, a estratégia de ensino, que também está associada à intenção, pode ou não mudar.

Apresentamos os diálogos escritos em língua natural para facilitar a compreensão do leitor e a análise feita sobre eles. Na simulação feita em ARITY/PROLOG para PC, a interação se dá através da troca de mensagens codificadas no programa.

Ao adotarmos a arquitetura SEM para modelar exemplos práticos compostos por três diálogos, verificamos que os parâmetros desta arquitetura têm reflexos na construção dos agentes e na simulação da interação entre eles. A representação dos estados mentais, através da Teoria das Situações nesta arquitetura, permitiu uma representação mais granular dos estados mentais, aumentando o poder da explicação das interações e, conseqüentemente, promovendo uma melhor avaliação das mudanças que ocorrem no processo de ensino/aprendizagem. Ainda, considerar os estados mentais desejo, intenção e expectativa além de crença, e associá-los a agentes locais, de acordo com a arquitetura trabalhada, possibilitou acrescentar maior flexibilidade às interações dos agentes. Logo, proporcionou um maior poder explicativo das interações e, como conseqüência, uma melhor avaliação dos métodos de ensino e aprendizagem, pois a modelagem dos vários estados mentais permite aos agentes agirem com mais precisão. O método EBL realiza a aprendizagem gradativa e este fator também ajudou na clareza do mapeamento das mudanças que ocorriam nos estados mentais.

Nos casos estudados, houve aprendizagem por parte dos agentes ao assimilarem novas crenças e estratégias e confirmarem como verdadeiras as já existentes. No caso específico do aluno do diálogo B, trabalhado em 3.6.2, a aprendizagem se verificou no momento em que houve substituição, na base de crenças do aluno, de algumas crenças erradas que ele possuía e que durante a interação com o tutor foram detectadas por este. O aluno pode apresentar ao tutor um desenvolvimento diferente do esperado por ele, neste caso, o conhecimento do primeiro é diferente do conhecimento do último. No momento que este verificar que o desenvolvimento apresentado pelo aluno está correto, ativa o processo de aprendizagem para incorporar este à sua base de conhecimentos. Esta foi a situação apresentada no diálogo A, trabalhado em 3.6.1.

A técnica EBL foi aplicada para ensinar e aprender. Foi usada pelo tutor quando ensinava o aluno a resolver a operação no diálogo C (3.6.3) e pelo aluno ao ensinar o tutor a verificar o resultado da operação no diálogo A. Foi usada também no diálogo B quando o tutor, após detectar o erro cometido pelo aluno, ensina-o a resolver o problema.

O uso das estratégias de ensino, dando um enfoque diferente e inovador em relação ao uso das estratégias apresentadas anteriormente [COR 94], foi um resultado positivo do trabalho, pois estas estratégias são criadas para fornecer explicações sobre a solução realizada pelos agentes para resolver os problemas propostos.

Os planos ou estratégias de ensino são um conjunto de procedimentos para resolver os problemas propostos e fazem parte da arquitetura do agente local crença dentro do argumento α_A^C no qual se define o conjunto das ações do agente. Entre elas existe a de construir planos ou estratégias, e a execução destas estratégias é controlada e administrada pelo agente local intenção que tem na sua arquitetura a definição de uma função para realizar tal tarefa (aprendizagem de novas estratégias). Podemos dizer que um plano de ensino é uma partição do conjunto das ações de um agente, pois este forma um plano de ensino para resolver um determinado problema, ou seja, para ensinar o outro agente a solucioná-lo.

Outro aspecto importante que trabalhamos (embora de forma elementar), foi o tratamento da urgência que é a prioridade dos agentes em satisfazer os desejos e as expectativas, quando existe mais de um desejo ou mais de uma expectativa numa determinada fase do diálogo. Este tratamento possibilita a manutenção de diálogos em que os agentes têm prioridades diferentes para serem satisfeitas. Neste trabalho, este tratamento aparece nos três diálogos.

Observamos, por exemplo, que o estado mental intenção muda pouco durante a interação nos três diálogos. Existe a criação de subintenções, pois, para que um desejo associado a uma intenção seja satisfeito, existem vários desejos e intenções a eles associados que devem ser satisfeitos. Estas intenções são ditas subintenções, pois devem ser satisfeitas para que uma intenção maior relacionada com um desejo maior seja satisfeito. Neste texto, não fazemos esta distinção, tratamos todas como intenções, mas subentendemos esta distinção e, ao fazermos o tratamento da urgência, sabemos qual é o desejo maior e qual é a subintenção. O desejo maior é aquele que possui o maior valor para urgência, ou seja, um valor próximo de 1.0. Acreditamos que em trabalhos futuros, envolvendo interações de aprendizagem mais complexas, esta diferenciação deva tornar-se explícita.

As subintenções são criadas pelo agente local intenção que, ao tentar satisfazer uma determinada intenção, observa que, para que isto ocorra, é necessário que ocorra outra ou outras intenções sem as quais não é possível satisfazer a primeira. Nos diálogos apresentados existem várias subintenções. Por exemplo:

(a) “É desejo do tutor que o aluno utilize a estratégia correta para resolver a operação proposta”. Este desejo só vai ser satisfeito no final do diálogo quando o tutor tiver todo o algoritmo apresentado pelo aluno, pois ele vai apresentá-lo, em partes, de acordo com o andamento da interação. Este desejo surge no início do diálogo e, antes de ser satisfeito, surgem outros desejos e intenções de acordo com o desenrolar do diálogo e que precisam ser satisfeitos para que o diálogo prossiga e chegue ao fim. Acreditamos que as intenções que surgem durante o diálogo, a partir dos desejos necessários para atingir o desejo citado inicialmente, devam ser consideradas como subintenções.

(b) “O tutor tem a intenção de que o aluno responda corretamente ao problema p_1 ”.

Para que esta intenção seja satisfeita, é necessário que o aluno: utilize a estratégia correta; apresente o desenvolvimento correto da operação; apresente o resultado da operação e que este esteja correto.

As intenções acima citadas são consideradas subintenções, pois elas devem ser satisfeitas para que a citada em (b) seja satisfeita. Esta será satisfeita depois da execução da estratégia adequada.

Toda a intenção está associada a um desejo e satisfazê-la significa satisfazer o desejo, por isso, na descrição do diálogo, fala-se em satisfazer os desejos (a satisfação das intenções fica subentendida).

Pretendemos exportar o modelo usado neste trabalho que considerou apenas dois agentes autônomos para sociedades que envolvam mais do que dois agentes. Para isso, são necessárias novas pesquisas no sentido de desenvolver mecanismos para garantir a troca de mensagens de maneira mais eficiente em que não seja necessário induzir o agente a uma determinada resposta. A integração com os trabalhos já realizados [BOR94];[HÜB95] é fundamental.

Assumimos que os agentes - tutor e aluno - fazem o controle das respostas a cada intervenção, no sentido de que se um demorar muito tempo, além do preestabelecido para apresentar uma resposta, o outro intervém com nova pergunta para que a interação não seja infinita.

Pretendemos verificar se um agente pode possuir mesmo um mecanismo de controle sobre as atividades do outro agente, pois, neste trabalho, assumimos que este controle é feito pelo tipo de diálogo ou pela interação que ocorre entre eles. Desejamos também que haja um controle para as respostas dos agentes, no sentido de um induzir o outro para a resposta esperada, no tempo por ele determinado.

O que garante que o aluno, por exemplo, ao receber uma pergunta do tutor, apresente a resposta esperada por este? O tipo de arquitetura que usamos garante isto e a maneira como os diálogos foram construídos também, mas seria mais interessante que isto pudesse ser aplicado a qualquer tipo de diálogo, ou seja, que não fosse necessário nos preocuparmos com a maneira de construir os diálogos e sim com o conteúdo destes, e os agentes possuiriam mecanismos para organizar os diálogos de modo a que as respostas apresentadas fossem as esperadas.

Deverá ser feita a simulação do processamento em paralelo quando os dois agentes estiverem, por exemplo, resolvendo problemas, pois nós trabalhamos com processamento em seqüência, por falta de software disponível e adequado.

Pensamos que outro ponto interessante seria fazer o tratamento da motivação (com novos detalhes, além de desejos e intenções) que é um fator importante para que haja aprendizagem entre os agentes humanos e artificiais. A motivação está relacionada com o tratamento de conflito interno dos agentes. Ao pretendermos aperfeiçoar o tratamento destes conflitos, que neste trabalho é feito apenas através do tratamento da urgência, pensamos que poderíamos envolver também a intensidade, através da qual o agente avalia um objetivo, e a insistência, que é quem controla a interrupção de um objetivo para que outro com maior prioridade seja atingido entre outros.

Fizemos uma análise do comportamento dos agentes locais, aprofundando o trabalho em partes específicas, mas não analisamos o comportamento dos agentes vistos como um todo. Por exemplo, não trabalhamos o aspecto de como os agentes globais vêem os agentes locais. Nos STI tínhamos uma visão do todo, neste nosso sistema, conseguimos ter uma visão das partes e particularizá-las bem. É interessante agora ter-se uma visão do todo, ou seja, como o agente global se comporta em relação aos agentes locais.

Acreditamos que, no futuro, se consiga dotar os agentes com meta-raciocínio e metaconhecimento o que, na nossa opinião, melhorará a análise e o processo de ensino/aprendizagem, pois capacitará os agentes a agirem e a “pensarem” o seu próprio conhecimento, entre outras coisas, de modo mais semelhante como ocorre com os agentes (ou seres) humanos.

ANEXO - IMPLEMENTAÇÃO

Para se chegar ao diálogo entre dois agentes (artificiais) autônomos, ou seja, duas máquinas “conversando” construímos (ou fizemos) vários programas em ARITY/ PROLOG observando algumas situações:

- a) - aluno humano e tutor máquina;
- b) - aluno máquina e tutor humano;
- c) - aluno máquina e tutor máquina.

Nos itens (a), (b), e (c) as interações entre o aluno e o tutor mostram que o tutor sempre assume o papel daquele que está disposto a ensinar e a corrigir algum erro cometido pelo aluno. Em algumas situações ele assume o papel de quem aprende algo novo, pois o aluno, apresenta uma solução desconhecida do tutor que ao certificar-se de que é uma solução correta acrescenta ao seu conhecimento para poder usá-la quando for necessário.

Analisamos uma situação na qual o aluno tem a oportunidade de ensinar algo ao tutor durante a interação. Isto ocorre quando o aluno mostra ao tutor que para conferir o resultado da operação de divisão não há necessidade de aplicar todo o algoritmo que resolve a operação, basta usar a operação inversa da divisão que é a multiplicação.

As três situações citadas acima e os programas correspondentes a elas estão descritos a seguir.


```

/* -----
Arquivo : diag6com.ari
          Aluno máquina - tutor máquina
-----*/

/* --> A passagem do dialogo entre o tutor e o aluno e' sempre feita
atraves do gerenciador. O gerenciador faz chamadas "call" aos
predicados dos dois agentes, e , quando termina a execucao deste
o controle e' retornado ao gerenciador . */

/*****/
/*      Gerenciador do Dialogo entre Tutor e Aluno      */
/*****/
g_dialogo(Dialogo,Pred) :-      /*gerenc. pede ao tutor p/ fornecer dial.*/
    t_dialogo(Dialogo,Pred),
    Pred1 =. Pred,
    call(Pred1), /*chama aluno para efetuar calculo*/
    Pred1 =. [_ ,Dividendo,Divisor,Quo],
    Pred2 = t_recebe_resultado(Dividendo,Divisor,Quo),
    call(Pred2),
    Pred3 = a_confirma_resultado(Dividendo.Divisor,Quo,Res),
    call(Pred3),
    Pred4 = t_recebe_confirmacao(Res),
    call(Pred4),
    Pred5 = a_mostra_raciocinio1(Dividendo, Divisor, Quo1, Res1, Casa1),
    call(Pred5),
    Pred6 = t_recebe_raciocinio1(Dividendo, Divisor, Quo1, Res1, Casa1),
    call(Pred6),
    Pred7 = a_mostra_raciocinio2(Dividendo, Classe),
    call(Pred7),
    Pred8 = t_recebe_raciocinio2(Dividendo, Classe),
    call(Pred8),
    Pred9 = a_mostra_raciocinio3(Dividendo, Divisor, Quo1, Quo2,Res1,
    Res2, Casa1, Casa2),
    call(Pred9),
    Pred10 = t_recebe_raciocinio3(Res2),
    call(Pred10),
    Pred11 = a_mostra_raciocinio4(Res2, Casa1, Casa2),
    call(Pred11),
    Pred12 = t_recebe_raciocinio4,
    call(Pred12).

/*****/
/*      Tutor
/*****/
t_dialogo(1,[a_divide,642,3,P]) :- nl,write($Tutor => Divida 642 por 3$),nl.
t_recebe_resultado(Dividendo,Divisor,Quo) :-
    Resp_correta is Dividendo // Divisor,
    Quo == Resp_correta,
    write($Tutor => Recebi : $), write(Quo), nl,
    write($Tutor => Confirme o resultado$),nl.

/* -----
Tutor começa a inquirir Aluno sobre o raciocinio usado
----- */

```

```

t_recebe_confirmacao(Res) :-
    write($Tutor => Muito bem.$),nl,
    write($Tutor => Como desenvolveste a operacao de divisao?$),nl.

t_recebe_raciocinio1(Dividendo, Divisor, Quo1, Res1, Casa1) :-
    write($Tutor => Porque iniciaste a operacao pelo 6 e nao pelo $),
    write($4 ou 2 ?$), nl.

t_recebe_raciocinio2(Dividendo, Classe) :-
    Classe == centena,
    write($Tutor => Inicia-se uma divisao pelo algarismo que estiver mais
    a esquerda por ocupar a maior classe no numero$), nl.

t_recebe_raciocinio3(Res2) :-
    write($Tutor => O que fazes com o numero $), write(Res2),
    write($ que sobrou na casa das dezenas?$), nl.

t_recebe_raciocinio4 :-
    write($Tutor => Muito bem. Vejo que sabes dividir um numero formado
    por 3 algarismos por um numero formado por 1 algarismo$),
    nl,nl.

/*****
/*      Aluno
*****/
menor_casa(0). /* sabe que a unidade e' a casa decimal de menor valor */
num_casas(642,2). /* Sabe que o No. de casas decimais do 642 sao 3,
                  a saber : 0,1,2          */

classe(0,unidade).
classe(1,dezena).
classe(2,centena).
classe(3,milhar).

relacao_classe(0,1,10). /* 1 dezena = 10 unidades */
relacao_classe(1,2,10). /* 1 centena = 10 dezenas */
relacao_classe(2,3,10). /* 1 milhar = 10 centenas */

form(642,2,6).
form(642,1,4).
form(642,0,2).

/*-----*/
form(36,1,3).
form(36,0,6).
/*-----*/
form(34,1,3).
form(34,0,4).

tab(3,0,0).
tab(3,1,3).
tab(3,2,6).
tab(3,3,9).
tab(3,4,12).
tab(3,5,15).
tab(3,6,18).
tab(3,7,21).

```

```

tab(3,8,24).
tab(3,9,27).
tab(3,10,30).
tab(3,11,33).

```

```

/* --> Conhecimento da inversa da divisao - uma funcao
      cujo resultado e' a multiplicacao do argumento Quo
      pelo Divisor */
inversa((div(Dividendo,Divisor,Quo)), mult(Quo,Divisor,Result) ).

```

```

a_concatena(X,Y,P) :-
    int_text(X,X1),
    int_text(Y,Y1),
    concat(X1,Y1,P1),
    int_text(P,P1).

```

```

/* --> Inicia a divisao com inicializacao de variaveis
      Xc : numero de casas decimais (de 0 a 2 = 3)
      Rc : resto corrente ; usado para computar o proximo numero a ser
          dividido, nao e' o definitivo
      Qc : quociente corrente ; nao e' o definitivo, so' e' usado
          para os calculos intermediarios
      M : dividendo
      N : Divisor
      Q : quociente da divisao inteira
      R : resto da divisao inteira
*/

```

```

a_divide(M,N,Q) :-
    Xc=2, Rc=0, Qc=0,
    a_divide1(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R). /*(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R)*/

```

```

/* Esta predicado e' necessario no caso de divisoes como 12 por 3 */
a_divide1(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R) :-
    menor_casa(Temp), Xc<Temp, Q=Qc, R=Rc,
    write($Aluno => a resposta e'$), write(Q),nl.

```

```

/* Entra neste predicado somente quando a casa decimal do dividendo
      que esta' sendo avaliada e' a unidade, condicao expressada pelo
      eventual sucesso do predicado menor_casa -> se for a unidade,
      verifica se o numero a ser dividido nesta iteracao (ou seja, resto
      anterior concatenado com a unidade do dividendo ) e' menor que
      o divisor : se for, a divisao termina aqui e o resto sera o
      numero que ele iria tentar dividir. Se o numero a ser dividido for
      maior que o divisor, efetuara mais uma vez a divisao. Importante :
      nesta iteracao a casa decimal ja' estava em 0. Como cada vez que e'
      chamado o procedimento de divisao e' decrementado o contador de casa
      decimal, na proxima chamada ao predicado a_divide1 a casa decimal
      do contador sera' -1 ! O Predicado a_divide1 acima deste comentario
      detecta esta situacao e encerra a divisao. */

```

```

a_divide1(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R) :-
    menor_casa(Xc),
    form(M,Xc,Alg),
    a_concatena(Rc,Alg,Alg1),
    Alg1<N,
    Q=Qc.

```

```
R=Rc,
write($Aluno => a resposta e'$), write(Q),nl.
```

```
/* Procedimento de divisao : concatena o resto anterior com a casa decimal
que esta sendo avaliada e passa ao predicado a_quociente os dados
para computar o resultado. Quando a _quociente retorna o quociente
desta divisao parcial, o aluno concatena este quociente parcial com
o quociente parcial anterior, e calcula tambem o resto. Ao final,
chama o predicado a_divide1 com todos s argumentos atualizados */
```

```
a_divide1(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R) :-
  form(M,Xc,Alg),
  a_concatena(Rc,Alg,Alg1),
  a_quociente(Alg1,N,0,1,Q_temp, N_temp), /*N_temp*/
  a_concatena(Qc,Q_temp,Q_temp1),
  Rc1 is Alg1- N_temp,
  Qc1 = Q_temp1,
  X is Xc-1,
  a_divide1(M,N,Qc1,Rc1,X,Q,R).
```

```
/* Recebe os dados para fazer uma divisao parcial utilizando para isso
a tabuada. O importante aqui e' que o dividendo nunca sera' maior que
(divisor x 10). Por isso pode-se resolver a divisao pela tabuada.
```

O processo de raciocinio e' basicamente este : verificar quantas vezes o divisor cabe dentro do dividendo . Para isso toma-se duas variaveis, sendo que uma e' menor em uma unidade que a outra (no caso A e B). Inicialmente B vale 1 e A vale 0. Testa-se a tabuada do divisor para B a cada iteracao e a cada iteracao o valor de B e A e' incrementado de 1. Quando o valor de B aplicado `a tabuada extrapolar o dividendo (Alg1 < T2 ; onde T2 e' B aplicado `a tabuada) entao o resultado correto e' o valor da tabuada aplicado em A, o ultimo valor que nao era maior que o dividendo */

```
a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp) :-
  tab(N,B,T2),
  Alg1<T2,
  tab(N,A,N_temp),
  Q_temp = A.
```

```
a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp) :-
  tab(N,B,T2),
  Alg1>=T2,
  A1 is A+1,
  B1 is B+1,
  a_quociente(Alg1,N,A1,B1,Q_temp,N_temp).
```

```
a_confirma_resultado(Dividendo,Divisor,Quo,Res) :-
  inversa((div(Dividendo,Divisor,Quo)), Op_inversa),
  call(Op_inversa, Op_inversa=..[_,_,_Res], Res==Dividendo,
  write($Aluno => A resposta esta certa pois $), write(Divisor),
  write($x$),write(Quo),
  write($=$),write(Res),nl.
```

```
mult(A,B,Res) :-
  Res is A*B.
```

```

/* -----
Aluno demonstrando o raciocinio ao
Tutor passo a passo. O funcionamento
e' igual 'a parte em que o aluno calcula
a divisao, so' que cada passo e' devidamente
explicado
----- */
a_mostra_raciocinio1(Dividendo, Divisor, Quociente, Res, Casa) :-
    /* Ver quantas vezes o 3 cabe no 6 */
    num_casas(642,Casa1),
    Rc=0, Qc=0,
    form(Dividendo, Casa1, Alg),
    a_concatena(Rc, Alg, Alg1),
    a_quociente(Alg1,Divisor,0,1,Q_temp,N_temp),
    /* conclui que Divisor cabia Q_temp vezes em Alg1 */
    Quociente = N_temp,
    write($Aluno => Verifiquei que $), write(Divisor), write($ cabe $),
    write(Q_temp), write($ vezes em $), write(Alg1),
    write($ e o resto e igual a $), Res is Alg1 - N_temp,
    write(Res),nl,
    Casa is Casa1 - 1.

a_mostra_raciocinio2(Dividendo, Classe) :-
    num_casas(Dividendo, N_casas),
    write($Aluno => Porque conheco a posicao dos numeros e sei que o numero 642 e formado$),
    write($ por $),
    form(Dividendo, N_casas, Centena), write(Centena),
    write($ centena(s), $),
    N_casas1 is N_casas - 1,
    form(Dividendo, N_casas1, Dezena), write(Dezena),
    write($ dezena(s) e $),
    N_casas2 is N_casas1 - 1,
    form(Dividendo, N_casas2, Unidade), write(Unidade),
    write($ unidades. Alem disso, sei que ao se $),
    write($ dividir um N., $),
    write($inicia-se pela classe de maior ordem, que neste caso e $),
    classe(N_casas, Classe),
    write($ a $), write(Classe), nl.

a_mostra_raciocinio3(Dividendo, Divisor, Quo1, Quo2,
                    Res1, Res2, Casa1, Casa2) :-
    nl, write($ Digite algo seguido de um ponto para continuar ... $),
    nl,
    read(Para_tela),nl,
    form(Dividendo, Casa1, Alg),
    a_concatena(Res1, Alg, Alg1),
    a_quociente(Alg1, Divisor,0,1,Q_temp,N_temp),
    Quo2 = Q_temp,
    Res2 is Alg1 - N_temp,
    classe(Casa1, Classe),
    Casa2 is Casa1 - 1,
    write($Aluno => Agora vi que o $), write(Divisor),
    write($ cabe $), write(Quo2),
    write($ vez(es) no $), write(Alg1), write($ sobrando $), write(Res2),
    write($ na classe da $), write(Classe), nl.

```

```

a_mostra_raciocinio4(Res2, Casa1, Casa2) :-
    classe(Casa1, Classe),
    classe(Casa2, Classe2),
    relacao_classe(Casa2, Casa1, Num1),
    int_text(Num1, Num),
    int_text(Res2, Res),
    Unid is Res2 * Num1,
    int_text(Unid, Unidades),
    write($Aluno => Transformo esta $), write(Classe),
    write($ em $), write(Unidades), write($ $), write(Classe2),
    write$(s)$),
    write($ pois sei que todo algarismo$), nl,
    write($ colocado `a $),
    write($ esquerda de outro representa classe e ordem $),
    write($ imediatamente superior a este, ou seja, $),
    write(Num), write($ vezes maior$),
    write($ Assim :$), nl,
    classe(N1, milhar),
    N11 is N1 - 1,
    classe(N11, Clas),
    relacao_classe(N11, N1, Ordem),
    write($1 milhar = $), write(Ordem), write($ $), write(Clas),
    write$(s)$), nl,

    classe(N2, centena),
    N22 is N2 - 1,
    classe(N22, Clas2),
    relacao_classe(N22, N2, Ordem2),
    write($1 centena = $), write(Ordem2), write($ $), write(Clas2),
    write$(s)$), nl,

    classe(N3, dezena),
    N33 is N3 - 1,
    classe(N33, Clas3),
    relacao_classe(N33, N3, Ordem3),
    write($1 dezena = $), write(Ordem3), write($ $), write(Clas3),
    write$(s)$), nl.

/* -----
Arquivo : pro.ari
Descricao : tutor maquina
          aluno humano
-----*/

/* A cada pergunta feita pelo tutor, ele esta pronto
para lidar com duas respostas : uma correta ou uma
falsa. */

inicia :-
    write($ Voce sabe dividir 642 por 3 (s/n) ?$),
    read(Resp),
    d1(Resp).

d1(Resp) :-
    Resp == 's',

```

```

write($ E qual e o resultado ? $),
read(Result),
d1_1(Result).

d1(Resp) :-
    Resp == 'n',
    write($ Tudo bem. Vamos resolver o problema passo a passo. $),
    v1.

d1_1(Result) :-
    Result == 214,
    write($ Muito bem, voce acertou. Agora mostre o raciocinio usado.$),
    v1.

d1_1(Result) :-
    Result \= 214,
    write($ O resultado nao esta correto. Vamos resolver o problema
passo a passo . $),nl.

/*-----
Tutor inquirindo aluno no caso da resposta
ter sido correta
-----*/
v1 :- write($ Por qual casa decimal deve comecar a dividir (menor/maior) ? $),
    read(Resp),
    v1_1(Resp).

v1_1(Resp) :-
    Resp == 'maior',
    write($ No numero 642 qual e o numero que tem classe de maior ordem ? $),
    read(Num),
    v2(Num).

v1_1(Resp) :-
    Resp == 'menor',
    write($ Nao. Voce deve comecar pela classe de maior ordem, $),
    write($Sou seja , por aquele numero que estiver mais `a esquerda.$),
    write($ No numero 642 , qual e o numero que tem maior ordem ? $),
    read(Num),
    v2(Num).

v2(Num) :-
    Num == 6 ,
    write($ vidido por 3 ? $),
    read(Div),
    v5(Div).

v5(Div) :-
    Div == 1,
    write($ Isto mesmo. Se voce obteve 1 como quociente entao o
resto e' 4 - (3x1) = 1. Se o resto e' 1 , qual sera' o proximo numero
a ser dividido ? $),
    read(Prox).

```

v6(Prox).

v5(Div) :-

```

    Div =\= 1,
    write($ Nao, a resposta certa e' 1 , pois o 3 cabe apenas uma
vez dentro do 4 , gerando portanto um resto de 1 porque  $4 - 3 = 1$ .
Sendo 1 o resto qual sera o proximo numero a ser dividido ? $),
    read(Prox),
    v6(Prox).
```

eito do resto

```

para obter o proximo numero a ser dividido. Qual e' este numero? $),
    read(Prox),
    v4(Prox).
```

v3(Div) :-

```

    Div =\= 2,
    write($ Para saber quanto e' 6 dividido por 3 voce deve ver quantas
vezes o 3 cabe dentro do 6. Neste caso sao 2 vezes, tendo como resultado
exatamente o 6. $), nl,
    write($ O resto da divisao neste caso e o resultado da divisao
menos o numeros que queriamos dividir, ou seja  $6 - 6 = 0$ .
O proximo numero a ser dividido e' formado pelo proximo numero de 642
colocado no lado direito do resto da divisao anterior, que neste caso
e' 0. $),nl,
    write($ Qual e' o proximo numero ? $),
    read(Prox),
    v4(Prox).
```

v4(Prox) :-

```

    Prox == 4,
    write($ Exatamente. Divida entao 4 por 3.
Quanto voce obteve? $),
    read(Div),
    v5(Div).
```

v4(Prox) :-

```

    Prox =\= 4,
    write($ Nao. O proximo numero que voce deve tomar de 642 e' aquele
que tem ordem imediatamente inferior ao 6, ou seja, o numero que esta
logo a direita de 6, que e' 4. $), nl,
    write($ Quanto e' 4 dividido por 3 ? $),
    read(Div),
    v5(Div).
```

v5(Div) :-

```

    Div == 1,
    write($ Isto mesmo. Se voce obteve 1 como quociente entao o
resto e'  $4 - (3 \times 1) = 1$ . Se o resto e' 1 , qual sera' o proximo numero
a ser dividido ? $),
    read(Prox),
    v6(Prox).
```

v5(Div) :-

```

    Div =\= 1,
    write($ Nao, a resposta certa e' 1 , pois o 3 cabe apenas uma
```



```

vez dentro do 4 , gerando portanto um resto de 1 porque  $4 - 3 = 1$ .
Sendo 1 o resto qual sera o proximo numero a ser dividido ? $),
    read(Prox),
    v6(Prox).

v6(Prox) :-
    Prox == 12,
    write($ Garoto esperto. Acertou.
    Quanto e' entao 12 dividido por 3 ? $),
    read(Div),
    v7(Div).

v6(Prox) :-
    Prox \== 12,
    write($ Não . A resposta certa e' 12.
    Continuando , divida 12 por 3 : $),
    read(Div),
    v7(Div).

v7(Div) :-
    Div == 4,
    write($ E' isso ai. Como o 2 era o ultimo numero de 642 (era o numero
de menor ordem) a divisao termina aqui. Para saber o resto da divisao de
642 por 3 faça  $12 - (3 \times 4) = 0$ . Esta divisao foi exata pois nao houve resto.$).

v7(Div) :-
    Div \== 4,
    write($ Nao, esta errado. Voce tem que ver quantas vezes o 3 cabe
dentro do 12 , que sao exatamente 4 vezes , porque  $3 \times 4 = 12$ . O resultado
aqui foi 4 , então o resto da divisão é  $12 - (3 \times 4) = 0$  , o que significa
que a divisão foi exata, pois não houve resto.$).

/* -----
Arquivo : ap.ari
Descricao : insere novas clausulas
ao longo da execucao
Aluno máquina - Tutor Humano
-----*/

inicia :- [-tab].

/* Verifica dentro de um numero qual o valor de uma casa decimal */
/* Identifica dentro de um numero o valor da unid, dezena, centena,...*/
/* A-numero B-casa procurada (0:unidade) C-numero de casas do dividendo
D-Resposta */

form(A,B,C,D) :- name(A,A1), formacao(A1,B,C,D).
formacao([A|L],B,C,D) :- C == B, Res is A - 48, D=Res.
formacao([A|L],B,C,D) :- C1 is C - 1, formacao(L,B,C1,D).

/*****
/* Aluno
/*****
menor_casa(0). /* sabe que a unidade e' a casa decimal de menor valor */

```

```

classe(0,unidade).
classe(1,dezena).
classe(2,centena).
classe(3,milhar).

relacao_classe(0,1,10). /* 1 dezena = 10 unidades */
relacao_classe(1,2,10). /* 1 centena = 10 dezenas */
relacao_classe(2,3,10). /* 1 milhar = 10 centenas */

/* sabe qual a inversa da divisao */
inversa((div(Dividendo,Divisor,Quo)), mult(Quo,Divisor,Result) ).

/* Analisa o tamanho do numero dado, e se nao conhece
alguma casa decimal indaga o tutor sobre a maior classe
encontrada, e vai perguntando ate chegar em uma casa
decimal conhecida */
analisa_tamanho(Dividendo, Tam1) :-
    classe(Tam1,Classe),nl,
    write($ Conheco a classe de maior ordem e sei que se chama $),
    write(Classe),nl.

analisa_tamanho(Dividendo, Tam1) :-
    not(classe(Tam1,Classe)),
    write($ Nao conheco a classe de maior ordem deste numero (ordem $)),
    write(Tam1), write($)
    Por favor, diga o nome da classe : $),
    read(Classe),
    assertz(classe(Tam1,Classe)),
    Tam2 is Tam1 - 1,
    assertz(relacao_classe(Tam2,Tam1,10)),
    verifica_classe_anterior(Tam2).

/* Predicado abaixo analisa a classe imediatamente inferior
a aquela informada pelo tutor. Caso conheca, segue adiante;
caso contrario, segue indagando sobre as casas decimais
ate encontrar a maior conhecida por ele (o aluno) */
verifica_classe_anterior(Tam2) :-
    not(classe(Tam2,Classe)),
    write($ Desconheco a classe do numero que esta na ordem $),
    write(Tam2),write($).
    Por favor, diga o nome da classe : $),
    nl,read(Classe),
    assertz(classe(Tam2,Classe)),
    Tam3 is Tam2 - 1,
    assertz(relacao_classe(Tam3,Tam2,10)),
    verifica_classe_anterior(Tam3).

verifica_classe_anterior(Tam2) :-
    Temp is Tam2 + 1,
    classe(Temp,Classe1),
    classe(Tam2,Classe), nl,
    write($Conheco a classe anterior a $),write(Classe1),
    write($ e sei que se chama $),write(Classe),nl.

/* concatena dois numeros - usado para concatenar o resto
com a proxima casa decimal do dividendo */

```

```

a_concatena(X,Y,P) :-
    int_text(X,X1),
    int_text(Y,Y1),
    concat(X1,Y1,P1),
    int_text(P,P1).

```

```

/* Predicado pelo qual e' feita a chamada ao aluno.
   Deve-se informar somente o Dividendo e o Divisor.
   O Quociente sera resposta do aluno */

```

```

a_divide(Dividendo, Divisor, Q) :-
    Rc=0, Qc=0,
    name(Dividendo,Nlist),
    length(Nlist,Tam),
    Casas is Tam - 1,
    Xc = Casas,
    nl,nl,write($O tamanho e' :$), write(Tam),nl,
    analisa_tamanho(Dividendo, Casas),
    a_divide1(Dividendo,Divisor,Qc,Rc,Xc,Q,R).

```

```

/* -----
   Inicia aqui todo o processo de
   divisao
   -----*/

```

```

/* Os 2 predicados abaixo indicam as condicoes de fim - nos dois
   a casa decimal analisada e a unidade. No primeiro caso a uni-
   dade era maior que o divisor e ainda foi possivel uma divisao,
   tornando o contador da casa decimal -1 . No segundo o numero na
   classe unidade e menor que o divisor, encerrando a divisao
   sem uma etapa a mais. */

```

```

a_divide1(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R) :-
    menor_casa(Temp), Xc<Temp, Q=Qc, R=Rc,
    write($Aluno => a resposta e'$), write(Q),nl.

```

```

a_divide1(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R) :-
    menor_casa(Xc),
    name(M,L1),
    length(L1,N_casas),
    form(M,Xc,N_casas,Alg),
    a_concatena(Rc,Alg,Alg1),
    Alg1<N,
    Q=Qc,
    R=Rc,
    write($Aluno => a resposta e'$), write(Q),nl.

```

```

/* estrategia de divisao */

```

```

a_divide1(M,N,Qc,Rc,Xc,Q,R) :-
    name(M,L1),
    /* calcula o numero de casas decimais */

```

```

length(L1,N_casas),
N_casas1 is N_casas - 1,
/* pega a casa decimal que devera ser analisada */
form(M,Xc,N_casas1,Alg),
/* concatena o resto obtido da etapa anterior com a
casa decimal corrente */
a_concatena(Rc,Alg,Alg1),
/* Chama o predicado a_quociente para calcular
o quociente simples */
a_quociente(Alg1,N,0,1,Q_temp, N_temp), /*N_temp*/
/* concatena o quociente parcial anterior com o obtido
agora */
a_concatena(Qc,Q_temp,Q_temp1),
/* recalcula o resto para passar para a proxima
etapa da divisao */
Rc1 is Alg1- N_temp,
Qc1 = Q_temp1,
X is Xc-1,
/* Abaixo ele explica atraves da interface o que fez
acima */
nl,write($ Resto anterior $),write(Rc),write($ concatenado com $),
write(Alg),write($ - classe $),
classe(Xc,Classe),write(Classe),write($ - formou $),write(Alg1),nl,
write($ Dividindo por $),write(N), write($ obtive $),write(Q_temp),
nl,write($ Quociente= $),write(Qc1),nl,
write($ Resto= $),write(Rc1),nl,
a_divide1(M,N,Qc1,Rc1,X,Q,R).

```

/* a_quociente : calcula o quociente de uma divisao dentro do limite da tabuada (nao usando a tabuada, mas verificando quantas vezes um o divisor cabe dentro do dividendo */

```

a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp) :-
    tab(N,B,T2),
    Alg1<T2,
    tab(N,A,N_temp),
    Q_temp = A.

```

```

a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp) :-
    tab(N,B,T2),
    Alg1>=T2,
    A1 is A+1,
    B1 is B+1,
    a_quociente(Alg1,N,A1,B1,Q_temp,N_temp).

```

```

/*=====
Aprende - caso nao esteja no conhecimento
dele alguma parte da tabuada, pergunta
ao tutor o resultado
=====*/

```

```

a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp) :-
    not(tab(N,A,T2)),
    write($ Eu nao sei quanto e' $),write(N),write($ x $),write(A),
    write($ . $),nl,
    write($ Tu podes me dizer o resultado ? $), read(T2),
    assertz(tab(N,A,T2)),
    a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp).

```

```
/* Corrige se informacao errada */
analisa_resposta(Tabuada_N, Fator, Resultado, Resposta) :-
    Resposta == 'n' ,
    retract(tab(Tabuada_N, Fator, Resultado)),
    write($ Ok. Esta informacao foi apagada. $),nl,
    write($ Informe os valores corretos : $),nl,
    write($ $), write(Tabuada_N), write($ x $), write(Fator),
    write($ = $), read(Resposta_correta),
    assertz(tab(Tabuada_N, Fator, Resposta_correta)),
    nl, write($ A informacao correta foi armazenada $).
```

```

a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp) :-
    not(tab(N,B,T2)),
    write($ Eu nao sei quanto e' $),write(N),write($ x $),write(B),
    write($ , $),nl,
    write($ Tu podés me dizer o resultado ? $), read(T2),
    assertz(tab(N,B,T2)),
    a_quociente(Alg1,N,A,B,Q_temp,N_temp).
/*=====
Fim da parte do aprendizado da tabuada
=====*/

/* Prova o resultado chamando a operacao inversa */
a_confirma_resultado(Dividendo,Divisor,Quo,Res) :-
    inversa((div(Dividendo,Divisor,Quo)), Op_inversa),
    call(Op_inversa), Op_inversa=._[_._,Res], Res==Dividendo,
    write($Aluno => A resposta esta certa pois $), write(Divisor),
    write($x$),write(Quo),
    write($=$),write(Res),nl.

mult(A,B,Res) :-
    Res is A*B.

/*=====
Rotinas de manutencao e verificacao
do conhecimento adquirido pelo aluno
- Caso algum conhecimento seja erroneo, e' interessante
ter algum mecanismo para corrigir este erros. Como o meio de
entrada de novos conhecimentos e' justamente pela tabuada,
chame o predicado "verifica(Tabuada)" e coloque em Tabuada
qual tabuada sera verificada.
=====*/

verifica(Tabuada_N) :-
    Fator=0,
    verifica_tabuada(Tabuada_N, Fator, Resultado).

verifica_tabuada(Tabuada_N, Fator, Resultado) :-
    Fator < 12 ,
    tab(Tabuada_N,Fator,Resultado),
    write($ $),write(Tabuada_N),write($ x $), write(Fator), write($ = $),
    write(Resultado), write($ Esta correto (s/n) ? $),
    read(Resposta),
    analisa_resposta(Tabuada_N, Fator, Resultado, Resposta),
    Fator1 is Fator + 1,
    verifica_tabuada(Tabuada_N, Fator1, Resultado1).

verifica_tabuada(Tabuada_N, Fator, Resultado) :-
    Fator >=12,
    write($ Nada mais consta na tabuada deste numero. $),nl.

/* Mantem informacao armazenada */
analisa_resposta(Tabuada_N, Fator, Resultado, Resposta) :-
    Resposta == 's',
    write($ Entao vou manter esta informacao inalterada $),nl.

```

BIBLIOGRAFIA

- [ALL8?] ALLEN, J.F.; PERRAULT, C.R. **Participating in Dialogues: Understanding via Plan Deduction**. Toronto: University of Toronto, Department of Computer Science, [198?].
- [ALL80] ALLEN, J.; PERRAULT, C. Analyzing Intention in Utterances. **Artificial Intelligence**, Netherlands, v.15, n.3, p.143-178, Dec.1980.
- [ALL78] ALLEN, J.; PERRAULT, C. **Analyzing Intention in Dialogues**. Toronto: University of Toronto, Department of Computer Science, 1978. (Technical Report 50).
- [BAF95] BAFFES, P.; MOONEY, R. **Refinement-Based Student Modeling and Automated Bug Library Construction**. Journal of Artificial Intelligence and Education, Apr.1995. (submitted paper). Disponivel via ftf - ftp.cs.utexas.edu.
- [BAR76] BARR, A.; BEARD, M.; ATKINSON, R.C. The Computer as a Tutorial Laboratory: The Stanford BIP Project. **International of Man-Machine Studies**, [S.l.], n.8, p.567-596,1976.
- [BAR82] BARR, A.; FEIGENBAUM, E. **The Handbook of Artificial Intelligence**. Los Altos, California: William Kaufmann, 1982.v.2.
- [BAR83] BARWISE, J.; PERRY, J. **Situations and Attitudes**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1983.
- [BOR94] BORDINI, R. **Suporte Lingüístico para Migração de Agentes**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1994. Dissertação de Mestrado.
- [BRA84] BRATMAN, M. Two Faces of Intention. **The Philosophical Review**, [S.l.], n.3, p.375-405, July 1984.

- [BRA88] BRATMAN, M.; ISRAEL, D.; POLLACK, M. Plans and Resource-Bounded Practical Reasoning, **Computational Intelligence**, [S.I.], v.4, n.4, Nov. 1988.
- [BRA89] BRATMAN, M. What is Intention? In: COHEN, P.; MORGAN, J.; POLLACK, M. (Eds.). **Intentions in Communication**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1989. p.15-31.
- [BRU89] BRUYNOOGHE, M.; SCHREYE, D. Some thoughts on the role of examples in program transformation and its relevance for Explanation-Based Learning. In: JANTKEL, K. P.(Ed.). **Analogical and Inductive Inference**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. p.60-77.
- [BUN89] BUNT, H. C. Information Dialogues Communicative Action in Relation to Partner Modelling and Information Processing, In: TAYLOR, M.M.; NEEL, F.; BOWHUIS, D.G.(Eds.). **The Structure of Multimodal Dialogue**. North-Holland: Elsevier, 1989.
- [CAR77] CARR, B.; GOLDSTEIN, I. **Overlays: A Theory of Modeling for Computer-Aided Instruction**. Cambridge: [s.n.], 1977. (Technical Report A. I. Memo 406).
- [CAS95] CASTELFRANCHI, C. Commitments: From Individual Intentions to Groups and Organizations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULT-AGENTS SYSTEMS, 1., 1995, São Francisco, California. **Proceedings...** São Francisco, California: AAI, 1995. p.41-48.
- [CLA82] CLANCEY, W. **Tutoring Rules Guiding a Case Method Dialogue in Intelligent Tutoring Systems**. Great Britain: Academic Press, 1982. p.201-222.

- [CLA82a] CLANCEY, W. **Exploration of Teaching and Problem-Solving Strategies**. Great Britain: Department of Computer Science, Stanford University, May. 1982.
- [COE91] COELHO, H. Do Agente Isolado à Cognição Situada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 8., 1991, Brasília. **Anais...** Brasília: SBC, 1991. p.217-221.
- [COE93] COELHO, H. Inteligência Artificial: Estado da Arte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 10., 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 1993. Palestra convidada.
- [COE94] COELHO, H.; ANTUNES, L.; MONIZ, L. On Agent Design Rationale. In: BRASILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 11., 1994, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: SBC, 1994. p.43-58.
- [COH87] COHEN, P.; LEVESQUE, H. Intention = Choise + Commitment. In: NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 6., 1987, **Proceedings...** [S.l.:s.n.], AAAI, 1987.
- [COH94] COHEN, W. Incremental Abductive EBL. **Machine Learning**, Boston, n.15, p.5-24, 1994.
- [COH95] COHEN, P.; LEVESQUE, H. Communicative Actions for Artificial Agents. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULT-AGENTS SYSTEMS, 1., 1995, São Francisco, California. **Proceedings...** São Francisco, California: AAAI, 1995. p.65-71.
- [COL77] COLLINS, A. Processes in Acquiring Knowledge. In: ANDERSON, R.; SPIRO, R.; MONTAGUE, W.(Eds.). **Schooling and the Aquisition of Knowledge**. New Jersey: [s.n.], 1977.
- [COL82] COLLINS, A. STEVENS, A. Goals and Strategies for Inquiry Teachers. **Advances in Instructional Psychology**, New Jersey, v.2, 1982.

- [COR93] CORRÊA, M; COELHO, H. Around the Architectural Approach to Model Conversations. In: EUROPEAN WORKSHOP ON MODELLING AUTONOMOUS AGENTS IN A MULTI-AGENT WORLD, 1993, Nêuchatel, Switzerland. **Proceedings...** Nêuchatel: [s.n.], 1993.
- [COR94] CORRÊA, M. **A Arquitetura de Diálogos entre Agentes Cognitivos Distribuídos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Engenharia, Rio de Janeiro, 1994. Tese de Doutorado.
- [COR95] CORRÊA, M.; MENDES, S. A Computational Approach to Situation Theory Based on Logic Programming to design Cognitive Agents. In: BRASILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 12., 1995, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Springer Verlag, 1995.
- [COS90] COSTA, E.; URBANO, P. Machine Learning, Explanation-Based Learning and Intelligent Tutoring Systems. In: ADVANCED RESEARCH WORKSHOP ON NEW DIRECTIONS FOR INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, 1990, Sintra, Portugal. **Proceedings...** Sintra: Springer Verlag, 1990. p.91-106.
- [DEJ86] DEJONG, G.; MOONEY, R. Explanation-Based Learning: An Alternative View. **Machine Learning**, Boston, v.1, p.145-176, 1986.
- [DEV91] DEVLIN, K. **Logic and Information**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- [DIE92] DIETZEN, S.; PFENNING, F. Higher-Order and Modal Logic as a Framework for Explanation-Based Generalization. **Machine Learning**, Boston, n.9, p.23-55, 1992.

- [FER94] FERREIRA, J.; COSTA, E. Opportunities for Learning in Planning. In: BRASILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 11., 1994, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: SBC, 1994. p.321-333.
- [FRA92] FRANCO, S. **Representação e Diagnóstico de Falsas Concepções num Tutor Inteligente**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1992. Dissertação de Mestrado.
- [GAS95] GASPAR, G.; COELHO, H. Deriving Goals and Intentions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULT-AGENTS SYSTEMS, 1., 1995, São Francisco, California. **Proceedings...** São Francisco, California: AAAI, 1995. p.447.
- [GEN87] GENESERETH, M.; NILSSON, N. **Logical Foundations of Artificial Intelligence**. Los Altos: Morgan Kaufmann, 1987.
- [GOL82] GOLDSTEIN, I. The Genetic Graf: A Representation for the Evolution of Procedural Knowledge. In: SLEEMAN, D.; BROWN, G.(Eds.). **Intelligent Tutoring Systems**. Great Britain: Academic Press, 1982. p.51-75.
- [HÜB95] HÜBNER, J. **Migração de Agentes em Sistemas Multi-Agentes Abertos**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1995. Dissertação de Mestrado.
- [KAM93] KAMBHAMPATI, S.; CHEN, J. Relative Utility of EBG Based Plan Reuse in Partial Ordering vs. Total Ordering Planning. In: AAAI, 1993, Washington. **Proceedings...** Washington: [s.n.], 1993.
- [KAP95] KAPLAN, R.; ROCK, D. New Directions for Intelligent Tutoring. **A.I. Expert**, [S.l.], p.31-40, Feb. 1995.
- [LUX95] LUX, A.; STEINER, D. Understanding Cooperation: an Agent's Perspective. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULT-

- AGENTS SYSTEMS, 1., 1995, São Francisco, California. **Proceedings...** São Francisco, California: AAAI, 1995. p.261-268.
- [MIC83] MICHALSKI, R.; CARBONELL, J.; MITCHELL, T. An Overview of Machine Learning. In: MICHALSKY, R.; CARBONEL, J.; MITCHELL, T. (Eds.). **Machine Learning: An Artificial Inteligence Approach**. Palo Alto, California: Morgan Kaufmann, 1983.
- [MIN89] MINTON, S.; CARBONELL, J.; KNOBLOCK, C. et al. Explanation-Based Learning: a Problem Solving Perspective. **Artificial Intelligence**, London, v.40, p.63-118, 1989.
- [MIT86] MITCHELL, T.; KELLER, R.; KEDAR-CABELLI, S. Explanation-Based Generalization: A Unifying View. **Machine Learning**, Boston, v.1, p.47-80, 1986.
- [MOU90] MOUSSALLE, N.; VICCARI, R. Tutores Inteligentes para o Ensino da Linguagem Prolog. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 1., 1990, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 1990. p.203-220.
- [MOU91] MOUSSALLE, N.; VICCARI, R. **Tutores Inteligentes**. Boletim Técnico do SENAC, Rio de Janeiro, v.17, n.2, , maio/ago., 1991.
- [MOU95] MOUSSALLE, N.; VICCARI, R. Observação dos Estados Mentais de Agentes Durante um Diálogo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 6., 1995, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBC, 1995.
- [MOU95a] MOUSSALLE, N.; VICCARI, R.; CORRÊA, M. Tutor-Student Interaction Modelling in an Agent Architecture Based on Mental States. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, 3., 1996, Montreal, Canada. (submitted paper).

- [OLI92] OLIVEIRA, F.; VICCARI, R. **Sistemas Tutores Inteligentes**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, dez. 1992.(RP-205).
- [OLI92a] OLIVEIRA, F.; VICCARI, R. Belief Logics and Student Modeling in Intelligent Tutoring Systems. In: **IBEROAMERICAN SYMPOSIUM ON INFORMATICS AND EDUCATION**, 1992, Santo Domingo. **Proceedings...** Santo Domingo:[s.n.], 1992.
- [OLI93] OLIVEIRA, F. **Critérios de Equilíbrio para Sistemas Tutores Inteligentes**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1993. Tese de Doutorado.
- [OLI93a] OLIVEIRA, F.; VICCARI, R.; COELHO, H. Conceptual Distance and Equilibration in an Intelligent Tutoring Situation. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**, 10., 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 1993. p.289-302.
- [OLI93b] OLIVEIRA, F.; VICCARI, R. Equilibration and Belief Revision: Strategies for Cooperative Tutoring and Learning. In: **CONGRESSO CHILENO DE INFORMÁTICA**, 1993, La Serena. **Proceedings...** La Serena: [s.n.], 1993.
- [OLI94] OLIVEIRA, F.; VICCARI, R.; COELHO, H. A Topological Approach to Equilibration of Concepts. In: **BRASILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**, 11., 1994, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: SBC, 1994. p.507-522.
- [OLI95] OLIVEIRA, F. M. Measuring Agreement and Harmony in Multi Agent Societies: A First Approach. In: **BRASILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**, 12., 1995, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Springer Verlag, 1995. p.232-241.
- [OLE95] OLIVEIRA, E. Sistemas Multi-Agentes: Arquiteturas e Aplicações. In: **BRASILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**,

- 12., 1995, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Springer Verlag, 1995.
- [PIN91] PINHEIRO, F.; LUCENA, G. Teoria das Situações e Análise Semântica das Linguagens de Representação do Conhecimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 8., 1991, Brasília. **Anais...** Brasília: SBC, 1991. p.73-81.
- [POW79] POWER, R. The Organization of Purposeful Dialogues. **Linguistics**, [S.l.], v.17, p.107-152, 1979.
- [RAO95] RAO, A.; GEORGEFF, M. BDI Agents: From Theory to Practice. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULT-AGENTS SYSTEMS, 1., 1995, São Francisco, California. **Proceedings...** São Francisco, California: AAAI, 1995. p.312-319.
- [SAB89] SABLON, G.; RAEDT, L.; BRUYNOOGHE, M. Generalizing multiple examples in Explanation-Based Learning. In: JANTKE, K.P.(Ed.). **Analogical and Inductive Inference**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. p.177-182.
- [SEG94] SEGRE, A.; ELKAN, C. A High-Performance Explanation-Based Learning Algorithm. **Artificial Intelligence**, [S.l.]: Elsevier, n.69, p.1-50, 1994.
- [SEL74] SELF, J. Student Models in Computer - Aided Instruction. **International Journal of Man-Machine Studies**, [S.l.], n.6, p.261-276, 1974.
- [SEL88] SELF, J. **Artificial Intelligence and Human Learning: Intelligent Computer-Aided Instruction**. London: Chapman & Hall, 1988.
- [SEL90] SELF, J. Computational Mathematics: The Missing Link in Intelligent Tutoring Systems Research? In: **ADVANCED RESEARCH**

- WORKSHOP, 1990, Sintra, Portugal. **Proceedings...** Sintra: [s.n.], 1990.
- [SEL88a] SELF, J. Knowledge, Belief and User Modelling. In: **AI III: Methodology, Systems and Applications**. Amsterdam: North-Holland, 1988.
- [SIC92] SICHMAN, J.; DEMAZEAU, Y.; BOISSIER, O. When can Knowledge-based Systems be called Agents? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 9., 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 1992. p.172-185.
- [SLE82] SLEEMAN, D.; BRONN, J. **Intelligent Tutoring Systems**. London: Academic Press, 1982.
- [SLE87] SLEEMAN, D. Some Challenges for Intelligent Tutoring Systems. In: IJCAI, 1987, Milan, Italy. **Proceedings...** Milan: [s.n.], 1987.
- [STA88] STAR, S. Learning Causal Explanation in an Uncertain World. In: INTERNATIONAL WORKSHOP MACHINE LEARNING META REASONING AND LOGICS, Sesimbra. **Proceedings...** Sesimbra: [s.n.], 1988.
- [THR93] THRUN, S.; MITCHELL, T. Integrating Inductive Neural Network Learning and Explanation-Based Learning. In: IJCAI, 1993, Chambéry, França. **Proceedings...** Chambéry: [s.n.], 1993.
- [VIC90] VICCARI, R. **Um Tutor Inteligente para a programação em Lógica-Idealização, Projeto e Desenvolvimento**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 1990. Tese de Doutorado.
- [VIC93] VICCARI, R. Inteligência Artificial e Educação - Indagações Básicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA

- NA EDUCAÇÃO, 4., 1993, Recife. **Anais...** Recife: SBC, 1993. p.207-216.
- [VIC95] VICCARI, R. Texto desenvolvido na disciplina de Agentes Inteligentes. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, ago. 1994. (Notas de Aula - em preparação).
- [ZEL93] ZELLE, J.; MOONEY, R. Combining FOIL and EBG to Speed-up Logic Programs. In: IJCAI, 1993, Chambéry, França. **Proceedings...** Chambéry: [s.n.], 1993.