

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**ASTERIX – Aprendizagem Significativa e Tecnologias  
aplicadas no Ensino de Redes de computadores:  
Integrando e eXplorando possibilidades**

**Roseclea Duarte Medina**

Porto Alegre

2004

**Roseclea Duarte Medina**

**ASTERIX – Aprendizagem Significativa e Tecnologias  
aplicadas no Ensino de Redes de computadores:  
Integrando e eXplorando possibilidades**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Informática na Educação.

Orientadora:

Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Co-orientadora:

Profa. Dra. Maria Suzana Marc Amoretti

Porto Alegre

2004

## AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, quero agradecer a **Deus** ...

... por ter me concedido saúde para que pudesse atingir meus objetivos.

... por ter tido uma orientadora que me inspirou, estimulou, corrigiu, e que foi compreensiva nos momentos difíceis que passei – Muito obrigada Liane, és um exemplo de competência, dedicação e garra; por ter tido uma co-orientadora que acreditou em mim e não mediu esforços para me orientar e apoiar – Muito obrigada Suzana.

... pela minha família maravilhosa: meus filhos Gabriel e Giulia, meu companheiro Elias, meus amados pais, Aldeci e Romaldo, e meus irmãos Júnior, Meri e Sergio – obrigada pelo apoio incondicional.

... por ter colegas de trabalho muito especiais, iluminadas, cujo o apoio foi decisivo para a realização deste trabalho. Oni, Iria e Nelma, serei eternamente grata a vocês.

... por ter contado com a competente equipe da Profa. Liane na construção do laboratório virtual ASTERIX : Marie, Mery, Jéferson, Anita, Evelise, Michelle e Sabrina – sem vocês o ASTERIX não seria uma realidade. Meu carinho especial para a Maria do Carmo, pela competência, atenção, amizade e também pela paciência ilimitada nestes anos todos.

... aos colegas do PGIE, pela frutífera e feliz convivência: Cláudia, Louise, Marco, Helena, Regina... É como diz a Louise “como somos privilegiados!”. Um muito obrigada especial a minha amiga e colega Cleuza Alonso, com quem dividi trabalhos, medos e vitórias!

## RESUMO

Por várias décadas os computadores têm sido utilizados no processo educacional e nem sempre da forma correta. E existe uma forma correta? Não existe consenso, são muitas as tentativas e experiências com inúmeros resultados positivos e negativos. Sabe-se de antemão que um dos fatores que levam ao fracasso alguns ensaios é a mera transposição do material didático tradicional para o meio informatizado, sem alterações na metodologia nem na postura do professor e do aluno. A questão é como a tecnologia pode ser utilizada para favorecer uma Aprendizagem Significativa. Para possibilitar esta pesquisa foi desenvolvido o Laboratório Virtual ASTERIX, utilizado na disciplina de Redes de Computadores do Curso de Ciências da Computação/UFSM. Esse trabalho apresenta os resultados da utilização do laboratório virtual ASTERIX, a metodologia de utilização dos recursos tecnológicos envolvidos (realidade virtual, inteligência artificial e animações/simulações) e avaliação da utilização desse laboratório virtual. A teoria educacional que fundamentou a criação e a utilização do laboratório virtual foi a Aprendizagem Significativa de D. Ausubel e D. Jonassen.

**PALAVRAS-CHAVE:** Laboratório Virtual, Aprendizagem Significativa, Realidade Virtual, Inteligência Artificial, Animação/Simulação.

## **ABSTRACT**

For several decades the computers have been used in the educational process and not always of the correct form. And exists a correct way? Do not exist consensus, they are some attempts and experiences with many positive and negative results.

One knows of beforehand that one of the factors that lead to the failure some assays is the mere transposition of the traditional didactic material for the computational way, without alterations in the methodology nor in the behaviour of professor and pupil. The question is how the technology can be used for to favour a Meaningful Learning. For to allow this research was developed the Virtual Laboratory ASTERIX, used in disciplines of Computer networks of the Course of Sciences of the Computation/UFSM. This work presents the results of the use of virtual laboratory ASTERIX, the methodology of use of the involved technological resources (virtual reality, artificial intelligence and animations/simulations) and evaluation of the use of this virtual laboratory. The educational theory that based the creation and the use of the virtual laboratory was the Significant Learning of D. Ausubel and D. Jonassen.

**KEY WORDS:** Virtual Laboratory, Meaningful Learning, Virtual Reality, Artificial Intelligence, Animation/Simulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais conceitos.....	37
Figura 2 – Repetidor de Sinal Analógico .....	44
Figura 3 – Cinco Atributos da Aprendizagem Significativa.....	55
Figura 4 – Tela do <i>browser Holodesk</i> .....	72
Figura 5 – Ambiente N.I.C.E.....	73
Figura 6 – Ambiente ARCA.....	74
Figura 7 – Vista Superior do VIRTUALNET.....	91
Figura 8 – Sala Virtual contendo dispositivos de rede.....	94
Figura 9 – Visualização em 3D do dispositivo <i>Switch</i> .....	96
Figura 10 – Interface do SR.....	100
Figura 11 – Interação com a professora Elektra.....	102
Figura 12 – Cenas capturadas na animação que apresenta crescimento da rede.....	104
Figura 13 – Protocolo para o Método de Escore Relacional .....	168
Figura 14 – Instruções para o Método de Escore Estrutural .....	169
Figura 15 – Recorte de projeto Grupo 2: RAID 5 .....	116
Figura 16 - Recorte de projeto Grupo 3: Cluster <i>loading balancing</i> .....	119
Figura 17 – Sistema tradicional de <i>Firewall</i> .....	122
Figura 18 – <i>Firewall</i> utilizando a arquitetura DMZ.....	124
Figura 19 – Exemplo de mapa conceitual inicial .....	170
Figura 20 – Exemplo de mapa conceitual final .....	171
Figura 21 – Resultado da questão 1 .....	138

Figura 22 – Resultado da questão 2 .....	138
Figura 23 – Resultado da questão 12 .....	139
Figura 24 – Resultado da questão 15 .....	139
Figura 25 – Resultado da questão 20 .....	139
Figura 26 – Resultado da questão 5 .....	172
Figura 27 – Resultado da questão 6 .....	172
Figura 28 – Resultado da questão 17 .....	172
Figura 29 – Resultado da questão 7 .....	140
Figura 30 – Resultado da questão 11 .....	141
Figura 31 – Resultado da questão 22 .....	141
Figura 32 – Resultado da questão 13 .....	142
Figura 33 – Resultado da questão 10 .....	173
Figura 34 – Resultado da questão 14 .....	173
Figura 35 – Resultado da questão 16 .....	173
Figura 36 – Resultado da questão 18 .....	174
Figura 37 – Resultado da questão 4 .....	143
Figura 38 – Resultado da questão 8 .....	143
Figura 39 – Resultado da questão 10 .....	144
Figura 40 – Resultado da questão 3 .....	145
Figura 41 – Resultado da questão 9 .....	174
Figura 42– Resultado da questão 19 .....	174
Figura 43 – Resultado da questão 21 .....	145

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Características da Aprendizagem de Alunos Adultos.....	28
Tabela 2 - Categorias de <i>bots</i> .....	80
Tabela 3 - Alguns <i>chatbots</i> Implementados.....	81
Tabela 4 - Alguns Conceitos Apresentados no ASTERIX.....	98
Tabela 5 – Resumo da Avaliação Quantitativa dos Mapas Conceituais .....	131

## LISTA DE ABREVIATURAS

IA – Inteligência Artificial  
AI-ED – Artificial Intelligence in Education  
AIML – Artificial Intelligence Markup Language  
ALICE – Artificial Linguistic Internet Computer Entity  
ARCA – Ambiente de Realidade virtual Cooperativo de Aprendizagem  
AS – Aprendizagem Significativa  
CAI – Computer Assisted Instructional  
CAVE – (CAVE Automatic Virtual Environment)  
CBT – Computer-Based Training  
DMZ – DeMilitarized Zone Network  
DoS – Denial of Service  
FAQs – Frequently Asked Questions  
HTML – HyperText Markup Language  
ILE – Interactive Learning Environment  
ITS – Intelligent Tutoring Systems  
LAN – Local Area Network  
LVA – Laboratório Virtual ASTERIX  
MTBF – Mean Time Between Failures  
MTTR – Mean Time To Repair  
N.I.C.E. – Narrative Immersive Constructionist/Collaborative Environments  
NIEPE – Núcleo Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão  
OECD – Organization for Economic Co-operation and Development  
RAID – Redundant Array of Independent (or Inexpensive) Disks  
R.U.R. – Rossum’s Universal Robots  
RV – Realidade virtual  
TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação  
TAS – Teoria de Aprendizagem Significativa  
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria  
UnB – Universidade de Brasília

Verbot – Verbal Software Robot

VLANs – Virtual LANs

VITELS – Virtual Internet and Telecommunications Laboratory of Switzerland

VRML – Virtual Reality Modeling Language

XML – Extensible Markup Language

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 DELINEANDO O TRABALHO DE PESQUISA .....	20
2.1 O problema .....	24
2.2 Objetivo principal.....	24
2.2.2 Objetivos complementares .....	24
3 REFLETINDO SOBRE APRENDIZAGEM .....	26
3.1 Aprendizagem Voltada para Adultos .....	26
3.1.1 Aprendizagem de Adultos em Ambientes Virtuais .....	28
3.2 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) – <i>Meaningful Learning Theory</i> .....	30
3.2.1 Educação e Psicologia .....	31
3.2.2 Teorias da Aprendizagem <i>versus</i> Teorias Educacionais .....	33
3.2.3 Aprendizagem <i>versus</i> Ensino .....	35
3.2.4 Conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).....	36
3.2.5 Condições para a Aprendizagem Significativa.....	47
3.2.6 Avaliação e Evidência da Aprendizagem Significativa .....	49
3.2.6.1 Mapas Conceituais como ferramenta de avaliação do aprendizado .....	52
3.3 Aprendizagem com Tecnologia ( <i>learning with</i> ).....	54
3.3.1 Realidade virtual na Educação .....	62
3.3.1.1 Características da RV .....	65
3.3.1.2 Motivações e benefícios no uso da RV na educação.....	66
3.3.1.3 Desenvolvimento de Sistemas com RV .....	68
3.3.1.4 Pesquisa e Aplicações.....	70
3.3.2 Inteligência Artificial.....	76
3.3.2.1 Agentes .....	77
3.3.2.2 Atributos dos agentes .....	78
3.3.2.3 <i>Bots e chatterbots</i> .....	79
4 LABORATÓRIO VIRTUAL ASTERIX .....	86
4.1 Laboratórios Virtuais na Educação.....	88
4.2 Laboratórios Virtuais de Redes .....	89
4.3 Implementação do ASTERIX.....	92
4.3.1 Características do laboratório virtual.....	94
4.3.2 Conceitos apresentados .....	97
4.3.3 Módulo Simulador de Redes (SR).....	99
4.3.4 Interação com a Profa. Elektra .....	101
4.3.5 Animações disponíveis.....	103
5 CONSOLIDANDO A INVESTIGAÇÃO.....	105
5.1 Participantes e Materiais.....	105
5.2 Questões norteadoras.....	105
5.3 Metodologia.....	106
5.3.1 Coleta e análise dos dados.....	108

6 ANÁLISES E RESULTADOS .....	112
6.1 Resultados da Análise Qualitativa.....	112
6.1.1 Projeto de Rede .....	112
6.1.2 Mapas Conceituais.....	129
6.2 Resultados da Avaliação Pedagógica do ASTERIX.....	137
7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
GLOSSÁRIO .....	166
ANEXOS .....	168

## 1 INTRODUÇÃO

Encontramo-nos numa época em que os avanços tecnológicos se dão numa velocidade surpreendente e cada vez se torna mais difícil acompanhar esta corrida. Hoje, é requerido um nível maior de formação/especialização dos profissionais e sua atualização, que, em tempos passados, era esparsa, agora é exigida quase que diariamente.

A área de Redes de Computadores é uma das mais dinâmicas em função do crescimento exponencial das redes nas últimas décadas, tanto em tamanho, quanto em complexidade, o que tem exigido dos profissionais da área um estudo contínuo e aprofundado para atender, pelo menos em parte, o grande leque de tecnologias emergentes, hardware e software de múltiplos fabricantes, protocolos, padrões, etc. Neste contexto, têm surgido, recentemente, discussões sobre o ensino de redes, levantamentos de como os professores estão ministrando a disciplina, quais conteúdos estão sendo abordados e em que profundidade, se há a utilização de laboratórios e de que forma o processo está sendo realizado. Nos congressos da área de Redes de Computadores é crescente e justificada a discussão sobre a necessidade de aperfeiçoar o ensino de redes a fim de que se propicie uma melhora no processo cognitivo do aluno. O *como* melhorar é a questão.

Este trabalho almeja desenvolver um laboratório virtual de Redes de Computadores para que, fundamentado na teoria da Aprendizagem Significativa, auxilie de forma relevante o entendimento de conceitos básicos envolvidos na área de Redes de Computadores, favorecendo, através da interação com as animações, simulações, objetos em 3D e com o *chatbot*, a elaboração de uma variada cadeia de relações entre os novos conceitos apresentados

e os já assimilados, e facilitando, assim, ao aluno construir sua estrutura cognitiva na memória de longo prazo.

Para o desenvolvimento do protótipo do laboratório virtual, foram empregados recursos tecnológicos, como: animação, simulação, realidade virtual e inteligência artificial. O laboratório poderá ser utilizado tanto para complementar a educação presencial bem como na educação à distância, e fica hospedado dentro do ambiente virtual de aprendizagem TelEduc, propiciando, conseqüentemente, uma maior interação e cooperação.

Os artefatos influenciam diretamente na atividade e no desenvolvimento humano. Há um número crescente de pesquisas sobre o aprendizado com artefatos, através da ação instrumentalizada. A aplicação “pura e simples” desses artefatos não é garantia de melhora no processo de aprendizagem. Já foram realizadas muitas experiências com variadas tecnologias apresentando resultados diversos e não-conclusivos, impulsionando, dessa forma, as pesquisas neste contexto, envolvendo diversos artefatos computacionais como CD-ROM, internet, videoconferência, realidade virtual, *chatterbots*, entre outras. Mas aqui vale ressaltar Camacho:

[...] como em muitos outros domínios, inovação não significa necessariamente substituição do antigo pelo novo e a Realidade virtual [ou laboratório virtual], como nova forma de comunicação, não irá substituir as tecnologias já existentes, mas complementá-las (CAMACHO, 1999, p. 2).

Já é reconhecida e comprovada a utilidade dos laboratórios tradicionais como ferramenta para auxiliar no processo de aquisição de novos conceitos, mas nem sempre é possível

ter à disposição um laboratório por várias razões; dentre elas, a falta de recursos financeiros para a montagem e manutenção, dificuldades de acesso (distância geográfica, escala de uso, horário de funcionamento, etc.) e, principalmente, em alguns casos, a quase inviabilidade de construir um laboratório devido à natureza das operações terem um alto índice de periculosidade. Esta situação problemática de falta de laboratório tradicional serve de alavanca para um dos nichos de aplicação das tecnologias de IA, animações e realidade virtual: o desenvolvimento de laboratórios virtuais.

Por diversos meios, o participante de um Laboratório Virtual pode interagir com a simulação, obtendo respostas que desencadeiam novas ações. Ao participar deste processo, o aluno descobre por si e aprende, construindo seu conhecimento com base nas sensações por ele percebidas. A aprendizagem, realizada através da experiência pessoal do participante e das interações com outros participantes, torna-se mais produtiva, consolidada e dinâmica.

Podemos considerar que uma das qualidades que torna primordial o ambiente de aprendizagem utilizando laboratórios virtuais é a possibilidade do uso da tecnologia para superar as estratégias tradicionais do ensino, favorecendo a construção do conhecimento pelo aprendiz, atendendo, ainda, as características individuais dos sujeitos na aprendizagem.

Conforme Camacho (1999), um grande atributo dos sistemas virtuais:

é a sua capacidade em apresentar e representar, através de sons e imagens, idéias abstratas e conceitos de difícil representação. [...] Os sistemas virtuais tornam-se, então, uma espécie de transdutor sensorial, que traduz idéias e conceitos para sensações visuais, auditivas e tácteis que, depois de percebidas e processadas se

transformam na informação que permitirá a compreensão dessas idéias e conceitos, de outra forma, inacessíveis (CAMACHO, 1999, p. 5).

No Laboratório Virtual, o participante entra em contato com algumas simulações/animações que tornam possível construir um percurso formado por etapas, conduzindo-o ao objetivo pretendido. Seguindo este caminho, torna-se mais fácil ao participante/aluno evoluir para a conceitualização do mundo em que esteve envolvido, auxiliando na compreensão dos processos vivenciados e na elaboração das conclusões obtidas a partir desta experiência.

Um dos grandes méritos da utilização de Laboratórios Virtuais é a “reversão do tempo”, ou seja, no mundo real o tempo passa, e o retorno ao passado é impossível. Já no mundo virtual, tem-se o controle do tempo, inclusive sob o aspecto mais importante, a repetição do mesmo, o “voltar atrás”, permitindo que as ações sejam refeitas quantas vezes forem necessárias e, se for o caso, em contextos diferentes, facilitando ainda mais a construção do conhecimento. No laboratório virtual desenvolvido, o aluno pode, por exemplo, disparar as animações inúmeras vezes, alterar o contexto da animação incluindo novos equipamentos e analisando o novo resultado. No módulo de Simulação de Rede (SR), pode fazer e refazer seu projeto de rede, alterar compra de equipamentos e custos, modificar o projeto e também, se desejar, pode voltar atrás nas alterações realizadas, sempre discutindo e interpretando os resultados alcançados, sejam estes satisfatórios ou não.

A utilização de recursos computacionais no processo educativo não é algo recente, assim como não é novo o emprego de técnicas de inteligência artificial com a finalidade de auxiliar neste processo, que vem sendo discutido desde 1960. Segundo Akhras e Self (1995), com

a evolução das técnicas de Inteligência Artificial (IA) e das pesquisas no campo das Ciências Cognitivas, aumentou-se o grau de “inteligência” dos sistemas educacionais, e antigas dificuldades estão sendo aos poucos superadas.

Uma das principais motivações para as pesquisas em Inteligência Artificial na Educação (“AI-ED” do inglês “Artificial Intelligence in Education”) é o desenvolvimento de princípios pelos quais os ambientes de aprendizagem computacionais possam ser concebidos como lugares onde os estudantes possam ter experiências de aprendizagem individualizadas.

Rickel (1989) ressalta que, pela modelagem do estudante, estes sistemas podem *personalizar a instrução*, compatibilizando a apresentação com o nível de conhecimento do estudante e com o seu índice de aprendizagem. Portanto, segundo Park et alli (1987), a maioria desses sistemas apresenta métodos educacionais que proporcionam uma forma de descoberta *centrada no estudante*, e os diálogos tutoriais são basicamente determinados pelo conhecimento conceitual e pelo comportamento de aprendizagem do estudante. De certa forma, o que esses dois pesquisadores de IA apresentam vai ao encontro do que o cognitivista Ausubel defende: é necessário conhecer o que o aluno já sabe e ensiná-lo de acordo com isso.

Chaiben (1999) e Beck et alli (1996) afirmam que, atualmente, qualquer sistema que tenha como objetivo principal a função de ensinar ambiciona a incorporação de recursos de IA, como STIs (Sistemas Tutores Inteligentes) ou agentes, visando a oferecer uma considerável flexibilidade na apresentação do material e uma maior habilidade para responder as necessidades idiossincráticas dos alunos. Um robô de conversação, a Profa. Elektra (Leonhardt et alli, 2003), foi integrado no laboratório virtual para fornecer um suporte maior ao processo de aprendizagem.

Simulando um ser humano, ela interage com os alunos respondendo o que é solicitado, apresentando figuras, indicando animações e também instigando o aluno com outras perguntas<sup>1</sup>.

Vários autores como Brooks Jr. et alli (1998), Camacho (1999), França (2003) e Medina et alli (2003) afirmam que os recursos tecnológicos não devem ofuscar o que é mais importante: o embasamento teórico que norteia a utilização destes. França, em sua tese, escreveu:

[...] como qualquer tecnologia, para que seu uso seja feito de forma correta no contexto educacional, seu projeto deve estar fortemente embasado em pressupostos teóricos comprovados sobre como o homem aprende. Sem este cuidado, certamente teremos mais uma parafernália inútil e descartável, no rol de tantas outras já criadas e esquecidas. É então necessário enfatizar que o uso da tecnologia na práxis pedagógica não deve ser feito de forma ingênua. Seu uso efetivo deve apoiar-se em fundamentação teórica sólida sobre como o sujeito adquire e constrói o conhecimento (FRANÇA, 2003, p. 10).

Conforme mencionado anteriormente e também de acordo com o exposto por França, neste trabalho a utilização dos recursos tecnológicos de inteligência artificial e realidade virtual na criação de um protótipo de laboratório virtual para auxiliar no ensino da disciplina de Redes de Computadores está fundamentada na teoria da Aprendizagem Significativa, através de autores como David P. Ausubel, David H. Jonassen, Marco Antonio Moreira e Joseph D. Novak.

Este conceito é enfatizado por Ausubel (1968, 1978, 1980) desde a década de 1960. Nessa época, a influência behaviorista na escola estava no auge. O ensino e a aprendizagem eram examinados como estímulos, respostas e reforços, não como significados.

---

<sup>1</sup> A base de conhecimento da Profa. Elektra (informações de Redes de Computadores) foi construída utilizando AIML (Artificial Intelligence Markup Language), apresentada na seção 3.3.2.3 deste trabalho.

Também afirmava que é no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz.

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, isto é, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceitos subsunçores (subsumers)*, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em *conceitos relevantes* preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

De acordo com Moreira (2002a), o armazenamento de informações no cérebro é visto como altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos do conhecimento são ligados – e assimilados – a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo. De acordo com o exposto, as funções projetadas para o laboratório ASTERIX auxiliam na consolidação desta estrutura hierárquica de conceitos, em decorrência da criação de múltiplas conexões entre os conceitos envolvidos, resultantes da interação do aluno com as animações, simulações e com o *chatterbot*.

## 2 DELINEANDO O TRABALHO DE PESQUISA

Há tempos que os artefatos computacionais vêm rapidamente se incorporando na educação. No princípio, a tecnologia não se fundia com o processo educativo, mantendo, dessa forma, um fim em si própria. Muitas experiências e pesquisas foram desenvolvidas até se chegar ao senso comum: o uso da tecnologia não é uma “panacéia” para os problemas educacionais. Hoje, se tem a consciência de que o “*cyber ufanismo*” – aceitação de tudo o que é tecnológico, virtual, digital, etc. – não é garantia de um processo de aprendizagem melhor.

O mercado atual demanda profissionais cada vez mais capacitados e dinâmicos. Os profissionais da área de Redes de Computadores não fogem à regra, ao contrário, são cada vez mais exigidos quanto à sua qualificação. Ultimamente, tem-se questionado a respeito da formação desses profissionais nos cursos de redes com a intenção de melhorar suas aptidões. Investe-se considerável recurso financeiro e muito tempo na formação de um aluno que, na falta de uma aprendizagem significativa, acaba apresentando um desempenho profissional deficitário.

Ao longo de 10 anos, lecionando as disciplinas de Redes de Computadores I, Redes de Computadores II e Gerência de Redes, a autora tem observado que, rotineiramente, uma parcela considerável de alunos apresenta dificuldades na compreensão e assimilação de conceitos de redes, desde os mais básicos até os mais complexos. Estas dificuldades tendem a crescer, pois, se as informações mínimas necessárias não fazem parte da sua estrutura cognitiva, fica mais complexa a resolução de problemas de redes e também o acompanhamento das disciplinas seguintes.

A experiência da autora não se restringe ao ambiente acadêmico. Ao atuar em projetos, treinamentos e consultorias empresariais, também constata deficiência conceitual mesmo em profissionais que desempenham suas funções há muitos anos. É uma situação no mínimo problemática e, por que não dizer, até constrangedora: as empresas investem verdadeiras fortunas em hardware e softwares de gerência de redes de última geração por exemplo; e a equipe técnica apenas consegue deixar a plataforma operacional. Não são apresentadas condições nem habilidades dos profissionais para usufruir dos recursos colocados à disposição, e, em consequência desse *mau uso*, o retorno do investimento realizado em equipamentos, softwares e treinamento não ocorre, frustrando empresa e corpo técnico. Mas são ótimos técnicos, têm formação, têm experiência. O que acontece então? Na maioria dos casos, existe uma discreta mas importante *lacuna conceitual* que, se não impede, atrapalha muito a compreensão e a solução de problemas. Esta falha pode dar-se em decorrência de um número limitado de conexões entre os subsunçores envolvidos na resolução de um problema, ou até mesmo, na ausência destes. Por exemplo, o projeto de uma VLAN (Rede Local Virtual) envolve subsunçores de domínios de colisão, protocolos de comunicação, largura de banda, características do hardware utilizado (switch), QoS (Quality of Service), entre outros.

Isso chama a uma reflexão: será que não está ocorrendo falha na formação desses profissionais? Será que seus professores ou instrutores não se deixaram ofuscar pela máxima “precisamos de profissionais voltados para a resolução de problemas, é isso que o mercado exige e valoriza...” e, dessa forma, priorizaram a formação voltada para a resolução de problemas em detrimento do conhecimento conceitual, prejudicando a formação profissional? Não se trata, aqui, de defender um enfoque ou outro, mas sim defender o equilíbrio e a qualidade desta formação.

As discussões sobre o ensino de redes têm merecido espaço em artigos e congressos da área. As diretrizes curriculares do MEC, apresentadas por Monteiro et alli (2000), descrevem aspectos gerais relativos ao ensino da matéria de redes que devem abranger os conhecimentos básicos da área (que envolve os princípios da comunicação de dados, através de seus conceitos básicos como topologias, transmissão e codificação da informação, conhecimentos de hardware e software) e os conhecimentos complementares (sistemas operacionais de rede, segurança e gerência de redes). Além disso, devem abranger também aulas práticas, para familiarizar o aluno com serviços, aspectos de instalação, gerência e segurança de redes. Uma pesquisa realizada por Rauen (2003), com professores e alunos das disciplinas de redes, de universidades públicas e privadas de todo o Brasil, mostrou que mais de 50% dos alunos apontaram a falta de laboratório como um dos principais fatores que dificultam o aprendizado de redes.

Uma proposta genérica de plano pedagógico para a matéria de Redes de Computadores, para servir de base à elaboração de currículos de cursos de graduação, é sugerida por Monteiro et alli (2000) e pode ser descrita resumidamente da seguinte forma:

➤ disciplinas básicas de Redes de Computadores: como metodologia de ensino, os autores sugerem a exposição teórica, e, como os alunos já interagem com a internet (são ao menos usuários de redes), eles afirmam que um bom início a ser explorado é através de trabalhos de implementação de algum aplicativo simples.

- disciplinas práticas: é sugerida a exploração de aspectos mais práticos (em laboratório físico), envolvendo a instalação de placas de rede, implementação de protocolos de enlace, roteamento, etc.

- disciplinas avançadas: é sugerido que os alunos preparem e apresentem seminários sobre temas novos e específicos, seja na forma de trabalhos individuais ou em grupo, com apresentação oral e escrita de maneira a facilitar a aprendizagem e prover uma contínua atualização das disciplinas.

Cantu (2001, 2002) também destaca a exigência de preparar os alunos para atuarem na pesquisa e no desenvolvimento de redes, na instalação, na administração e no gerenciamento de toda a infra-estrutura de redes. Stanton (2002) acrescenta que a utilização de simulação (de protocolos, algoritmos, etc.) é uma alternativa mais viável, visto que demonstrar o seu funcionamento em redes reais é muito difícil. Outro aspecto a considerar é a rapidez com que ambos, material bibliográfico e equipamentos disponíveis nos laboratórios, tornam-se obsoletos devido ao rápido avanço tecnológico.

Segundo Hassan (2002), o modelo atual do ensino de Redes de Computadores está centrado, principalmente, na utilização de livros de texto e desenvolvimento de algumas atividades práticas, dentro das limitações dos laboratórios experimentais das instituições (se estes existirem). Além disso, cada professor utiliza recursos computacionais, tais como multimídia, ambientes colaborativos de aprendizagem e internet, para ilustrar e enriquecer suas aulas.

Acentuando o quadro negativo, a UFSM – Curso da Ciência da Computação – não dispõe de um laboratório físico de redes onde os alunos possam consolidar seus conhecimentos, fato este compartilhado com a maioria esmagadora das universidades brasileiras, sejam públicas ou privadas. Diante dessa realidade, coloca-se, então, o problema deste estudo e os objetivos a serem atingidos.

## **2.1 O problema**

Como acentuar e acelerar o desenvolvimento cognitivo dos alunos sobre conceitos de redes e também como intensificar a assimilação deste aprendizado tão necessário e exigido no desempenho de sua profissão?

## **2.2 Objetivo principal**

➤ Propor e testar a arquitetura de um laboratório virtual para a disciplina de Redes de Computadores, incorporando aspectos da Realidade virtual, da Inteligência Artificial e da Aprendizagem Significativa, a fim de facilitar o entendimento de conceitos básicos envolvidos na área de Redes de Computadores e promover o estabelecimento (de forma lógica e não-arbitrária) das mais variadas conexões possíveis entre os novos conceitos e os já existentes na estrutura cognitiva do aluno.

### **2.2.2 Objetivos complementares**

- Investigar se as possibilidades oferecidas pelo laboratório virtual apóiam o processo cognitivo do aluno e se permitem detectar a criação de novas condutas em função da integração dos novos conceitos adquiridos no laboratório com a estrutura cognitiva já existente.
  
- Fornecer subsídios para o projeto, a implementação e o uso de laboratórios virtuais na aprendizagem e prover o laboratório de material significativo para facilitar a aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos.
  
- Buscar indicadores de aprendizagem específicos do contexto de Redes de Computadores e passíveis de observação no laboratório virtual e identificá-los.

## 3 REFLETINDO SOBRE APRENDIZAGEM

### 3.1 Aprendizagem Voltada para Adultos

Dado que o presente projeto terá como público-alvo alunos universitários e técnicos – portanto adultos –, são pertinentes algumas considerações sobre educação de adultos.

A aprendizagem para adultos assumiu um contorno muito mais significativo na última década, à medida que as economias e as sociedades se baseiam cada vez mais no conhecimento. A OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), em seu artigo *Overview Beyond Rhetoric: Adult Learning Policies and Practices*, faz a seguinte definição do conceito de aprendizagem para adultos:

[...] abrange todas as ações educativas e de formação empreendidas por adultos, por motivos profissionais ou pessoais. Inclui formação de teor geral, vocacional ou empresarial no âmbito de uma perspectiva de aprendizagem contínua (OECD, 2003, p. 3).

Eduard C. Lindeman foi um dos maiores contribuintes para a pesquisa da educação de adultos através do seu trabalho “The Meaning of Adult Education”, publicado em 1926. Oliveira (1999, 2000) alude a Lindeman, que identificou, pelo menos, cinco pressupostos-

chave para a educação de adultos e que, mais tarde, se transformaram em suporte de pesquisas.

Hoje, eles fazem parte dos fundamentos da moderna teoria de aprendizagem do adulto:

1. Adultos são motivados a aprender na medida em que experimentam que suas necessidades e interesses serão satisfeitos. Por isso, esses são os pontos mais apropriados para se iniciar a organização das atividades de aprendizagem do adulto.

2. Dado que a orientação de aprendizagem do adulto está centrada na vida, as unidades apropriadas para que se organize seu programa de aprendizagem são as situações de vida e não disciplinas.

3. A experiência é a mais rica fonte para o adulto aprender. Desse modo, o centro da metodologia da educação do adulto é a análise das experiências.

4. Visto que adultos têm uma profunda necessidade de serem autogeridos, o papel do professor é engajar-se no processo de mútua investigação com os alunos e não apenas transmitir-lhes seu conhecimento e depois avaliá-los.

5. As diferenças individuais entre pessoas crescem com a idade. Assim, a educação de adultos deve considerar as diferenças de estilo, tempo, lugar e ritmo de aprendizagem.

As principais características da aprendizagem de adultos são apresentadas resumidamente na Tabela 1.

Características da Aprendizagem	Educação de Adultos
A necessidade de conhecer	Aprendizes adultos sabem, mais do que ninguém, da sua necessidade de conhecimento e para eles o <b>como</b> colocar em prática tal conhecimento no seu dia-a-dia é fator determinante para o seu comprometimento com os eventos educacionais.
O autoconceito do aprendiz	O adulto, além de ter consciência de sua necessidade de conhecimento, é capaz de suprir essa carência de forma independente. Ele tem capacidade plena de se autodesenvolver.
O papel da experiência	A experiência do aprendiz adulto tem central importância como base de aprendizagem. É a partir dela que ele se dispõe ou se nega a participar de algum programa de desenvolvimento. O conhecimento do professor, o livro didático, os recursos audiovisuais, etc., são fontes que, por si mesmas, não garantem influenciar o indivíduo adulto para a aprendizagem. Essas fontes, portanto, devem ser vistas como referenciais opcionais colocados à disposição para livre escolha do aprendiz.
Prontidão para aprender	O adulto está pronto para aprender o que decide aprender. Sua seleção de aprendizagem é natural e realista. Em contrapartida, ele se nega a aprender o que os outros lhe impõem como sua necessidade de aprendizagem.
Orientação para aprendizagem	A aprendizagem para a pessoa adulta é algo que tem significado para o seu dia-a-dia e não apenas para a retenção de conteúdos para futuras aplicações. Como consequência, o conteúdo não precisa, necessariamente, ser organizado pela lógica programática, mas sim pela bagagem de experiências acumuladas pelo aprendiz.
Motivação	A motivação do adulto para aprendizagem está na sua própria vontade de crescimento, o que alguns autores denominam de “motivação interna” e não em estímulos externos vindos de outras pessoas, como notas de professores, avaliação escolar, promoção hierárquica, opiniões de “superiores”, pressão de comandos, etc.

Tabela 1 – Principais Características da Aprendizagem de Adultos<sup>2</sup>

### 3.1.1 Aprendizagem de Adultos em Ambientes Virtuais

Nas últimas décadas, a valorização da educação continuada, a busca por profissionais especializados e atualizados, a preocupação com o treinamento de funcionários dentro das empresas, a busca por um melhor ensino universitário, tornam os adultos um grande e específico público a se atender. As novas tecnologias favorecem o desenvolvimento de ambientes virtuais, que proporcionam, além da aprendizagem, uma flexibilidade de tempo, de distância e de

<sup>2</sup> Fonte: ACE – Graduate Studies in adult Education

custo. Por conseguinte, mudam-se os padrões, os formatos, as metodologias e os papéis são relativizados (PAZ, 2001).

A aprendizagem de adultos está sendo repensada, e esta preocupação também se reflete na aprendizagem de adultos em ambientes virtuais. Algumas características devem ser observadas quando se projeta ambientes virtuais com a finalidade de fomentar processos de aprendizagem de adultos (HARASIN, 1989):

- Socialização e colaboração
- Meio e contexto
- Construção e significado
- Perfil dos atores (demandas e interesses, formalidades, objetivos, recursos financeiros, prazos, etc.)

O projeto do laboratório virtual ASTERIX será utilizado, a princípio, por alunos universitários, a partir do terceiro ano do curso de Graduação em Ciência da Computação, da UFSM, e também por alunos da Pós-Graduação. Após o acréscimo de mais simulações e informações na sua base de dados inteligente, será aplicado em cursos de extensão e treinamentos a profissionais já formados, os quais se supõe terem uma maturidade profissional mais definida. Pretende-se, no decorrer do tempo e com a experiência adquirida no uso desse laboratório, ajustá-lo cada vez mais ao perfil dos usuários. A colaboração será desenvolvida ativamente no ambiente educacional TelEduc (que hospeda o laboratório) através das ferramentas de chat, fórum, mural e correio.

### 3.2 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) – *Meaningful Learning Theory*

Aprendizagem Significativa é um conceito enfatizado por David Paul Ausubel desde a década de 1960. Ausubel é considerado um cognitivista e, como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem segundo um ponto de vista cognitivista, embora reconheça a importância da experiência afetiva.

A TAS de Ausubel propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados para que possam construir estruturas mentais que permitam descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz.

As ciências cognitivas procuram descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de forma a distinguir sistematicamente o igual do diferente. Cognição é o processo pelo qual o mundo de significados tem origem. À medida que o ser se situa no mundo, estabelece relações de significação, ou seja, atribui significados à realidade em que se encontra. Esses significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outros significados. Tem origem, então, a estrutura cognitiva (os primeiros significados), constituindo-se nos “pontos básicos de ancoragem” dos quais derivam outros significados. Este é um dos pontos esperados de atuação do laboratório virtual de redes ASTERIX: que seja de grande valia auxiliando na criação (no caso de conceitos novos) e ampliação destes pontos de ancoragem de conceitos de redes, contribuindo para o “descobrir e redescobrir” de outros conhecimentos na área, facilitando, assim, uma aprendizagem significativa.

De acordo com Moreira (2002a), ao focar a aprendizagem segundo o *construto cognitivista*<sup>3</sup>, ela está sendo considerada um processo de armazenamento de informação, condensação em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporados a uma estrutura no cérebro do indivíduo. Assim, ela pode ser manipulada e utilizada no futuro. É a habilidade de organização das informações que deve ser desenvolvida.

### 3.2.1 Educação e Psicologia

Para Ausubel (1980), qualquer fundamento da psicologia educacional se firma sobre duas premissas básicas: primeiramente, a natureza da aprendizagem de classe e os fatores que influenciam tal aprendizagem podem ser identificados de modo fidedigno; em segundo lugar, este tipo de informação pode ser sistematizado e transmitido eficazmente para os professores em formação. Entretanto, estas duas premissas estão em conflito com duas proposições amplamente aceitas acerca da natureza do ensino. A primeira afirma que, em geral, o conhecimento de um determinado assunto confere automaticamente competência para transmitir este mesmo assunto. A segunda assegura que, se a aptidão para o ensino existe, é inata e independe do conhecimento da matéria, “não se formam professores, eles já nascem prontos para o ensino”.

A experiência diária invalida a primeira proposição. É um fenômeno familiar na experiência de cada um a existência de um especialista em determinado assunto, altamente competente em sua área, mas inteiramente incapaz de transmitir seus conhecimentos aos

---

<sup>3</sup> Preocupa-se com o processo da compreensão, transferência, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição, e objetiva identificar os padrões estruturados dessa transformação.

estudantes. Inversamente, muitos especialistas menos competentes são eminentemente mais bem-sucedidos como professores.

A segunda proposição tem, também, validade limitada. Ninguém pode negar que a aptidão para ensinar varia. As pessoas diferem pelo menos em dois aspectos – na capacidade de descobrir intuitivamente ou aprender a partir de outros princípios válidos de aprendizagem e ensino, e na capacidade de utilizá-los com sucesso. Todavia, é razoável esperar que pessoas de inteligência normal, em sua grande maioria, possam tirar proveito da instrução sistemática contida em proposições lógicas e empiricamente validadas acerca da natureza e facilitação do processo de aprendizagem.

A psicologia educacional procura estudar os seguintes tipos de problemas de aprendizagem (AUSUBEL, 1980):

- A descoberta da natureza daqueles aspectos do processo de aprendizagem que afetam a aquisição e retenção duradoura de estruturas organizadas de conhecimento.
- O longo alcance do aproveitamento da aprendizagem e a capacidade de solucionar problemas.
- Descobrir tanto quais são as características cognitivas e de personalidade daquele que aprende como também os aspectos interpessoais e sociais da aprendizagem que afetam o aprendizado de uma disciplina, a motivação para a aprendizagem e as formas típicas de assimilação do material.

➤ Descobrir meios adequados e mais eficientes de organizar e apresentar disciplinas acadêmicas e modos de motivar definitivamente e dirigir a aprendizagem para objetivos específicos.

### **3.2.2 Teorias da Aprendizagem *versus* Teorias Educacionais**

Para Ausubel (1980), o aparecimento de “teorias educacionais” – que são reconhecidamente independentes das teorias de aprendizagem – teve como ponto de partida o engano em considerar a relevância da teoria da aprendizagem na prática educacional. Ausubel comenta, ainda, que os fundamentos destas teorias foram desenvolvidos tanto sobre uma base histórica como sobre uma base lógica.

Com relação ao argumento histórico, Ausubel menciona o trabalho de Gage (1964) que se reporta a registros históricos para sustentar o fato de as teorias de aprendizagem terem pouca aplicabilidade e influência na prática educacional, seja a contida em livros de textos de psicologia educacional, cursos sobre metodologia, seja a experiência diária de ensino. Assegura, posteriormente, que as teorias de aprendizagem são inerentemente irrelevantes para os problemas do ensino e devem ser, portanto, substituídas por teorias educacionais. Ausubel transcreve:

[...] enquanto que as teorias de aprendizagem lidam com os meios pelos os quais o organismo aprende, as teorias educacionais se preocupam com a forma pela qual uma pessoa influencia um organismo a aprender [...] Para satisfazer as necessidades práticas da educação, as teorias de aprendizagem devem ser “apoiadas sobre a cabeça”, de modo a produzir teorias de ensino (GAGE, 1964, *apud* AUSUBEL, 1978, p. 11).

Para Ausubel, esse argumento histórico se baseia, essencialmente, no “fracasso histórico” de a teoria da aprendizagem proporcionar uma base psicologicamente relevante para a prática pedagógica. Também comenta que esta deficiência da teoria da aprendizagem é, até agora, no mínimo, uma limitação necessária ou inerente à aplicabilidade da tal teoria na educação. É apenas uma característica da marca predominante da teoria da aprendizagem escolar, que em geral não lida com o tipo de aprendizagem que ocorre em sala de aula, mas que preferencialmente faz extrapolações indiscriminadas da teoria da aprendizagem produzida em laboratório. “... Há uma relação íntima entre descobrir como o aluno aprende e compreende as variáveis que influenciam a aprendizagem, por um lado, e descobrir o que fazer para ajudar o aluno a aprender melhor, por outro” (AUSUBEL, 1980, p. 12).

Em contrapartida ao argumento histórico, Smith *apud* Ausubel (1980) defende que o argumento lógico para formulações teóricas sobre o ensino é claramente antagônico ao amparado por Gage, que denuncia o fracasso da teoria da aprendizagem em se mostrar relevante para a prática educacional. A defesa de Smith ocorre na articulação de teorias de ensino que são totalmente independentes das teorias de aprendizagem, não aceitando ao menos que estas possam se complementar. Ela se fundamenta nas proposições de que a aprendizagem e o ensino não são inseparáveis e de que a teoria da aprendizagem nada tem a nos dizer sobre o modo de ensinar.

### 3.2.3 Aprendizagem *versus* Ensino

Ausubel (1980) critica a insistência de Smith em frisar que a aprendizagem e o ensino são fenômenos identificáveis separadamente, pois isso é evidente. Reconhece ainda que Smith elucida um pouco a confusão semântica amplamente difundida, uma vez que, segundo as palavras de Smith, freqüentemente fica implícito que “se a criança não aprendeu, o professor não ensinou”, ou ensinou mal.

O ensino e a aprendizagem não são extensivos – o ensino é somente uma das condições que podem influenciar a aprendizagem. Conseqüentemente, os alunos podem aprender sem serem ensinados, ou seja, podem se tornar autodidatas. E, mesmo se o ensino for eficaz, não implica necessariamente aprendizagem, se os alunos em questão estiverem desatentos, desmotivados ou despreparados cognitivamente (AUSUBEL, 1980, p. 12).

Mesmo recusando estas inferências injustificadas acerca da coexistência da aprendizagem e do ensino, é útil dedicar-se aos aspectos do ensino e aprendizagem que têm uma relação dupla, ou seja, os objetivos, os efeitos e a avaliação do ensino. Desta forma, embora seja verdadeiro que o ensino é logicamente diferente da aprendizagem e pode ser analisado independentemente daquilo que os alunos aprendem, qual seria a vantagem prática desta análise separada? Para Ausubel, a facilitação da aprendizagem é a própria finalidade do ensino.

O ato de ensinar não se encerra em si mesmo, pois a finalidade do ensino é o aprendizado por parte do aluno; muito embora o insucesso na aprendizagem dos alunos não indique necessariamente a competência do professor, o produto da

aprendizagem é ainda a única medida possível para se avaliar o mérito do ensino. (*Ibidem*)

Sendo assim, justifica-se a utilização de inúmeros recursos, tecnológicos ou não, visando a facilitar a aprendizagem. No contexto deste trabalho, conforme já citado, pretende-se auxiliar a AS com a utilização do laboratório virtual ASTERIX.

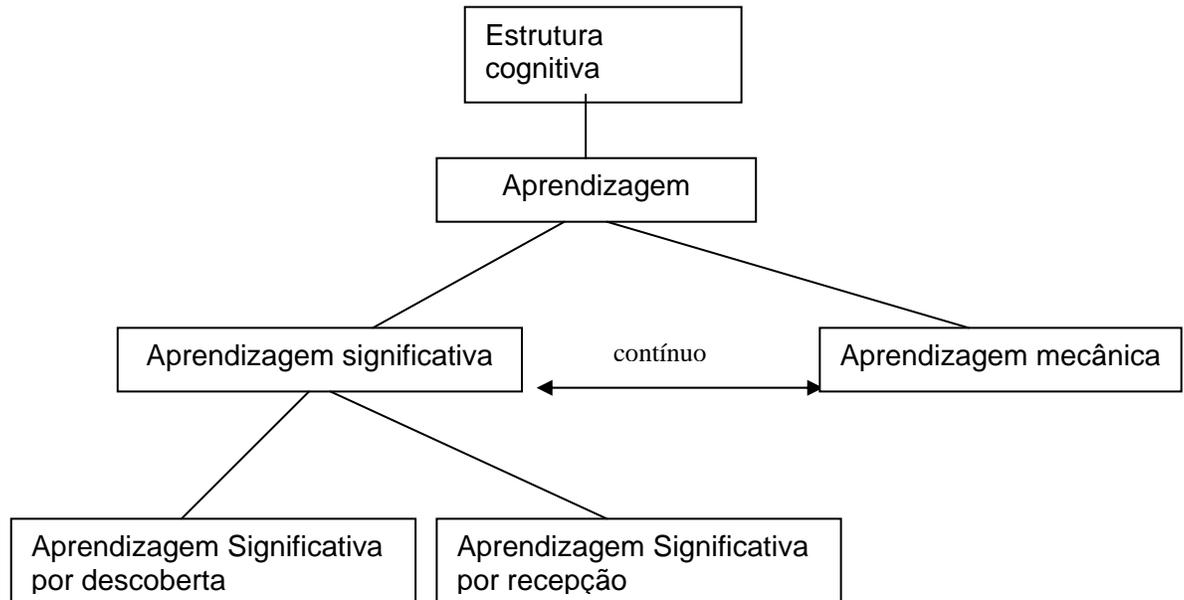
### **3.2.4 Conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)**

A idéia central da teoria de David Paul Ausubel é a de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Para situar melhor a teoria, aqui é conveniente lembrar, segundo Novak, a distinção entre os três tipos gerais de aprendizagem: cognitiva, afetiva e psicomotora.

A aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. A aprendizagem afetiva resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências, tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou tristeza. Algumas experiências afetivas acompanham sempre as experiências cognitivas. Sendo assim, a aprendizagem afetiva é concomitante com a cognitiva. A aprendizagem psicomotora envolve respostas musculares adquiridas mediante treino e prática, mas alguma aprendizagem cognitiva é geralmente importante na aquisição de habilidades psicomotoras, tais como aprender a tocar piano, jogar golfe ou dançar balé. (NOVAK, 1976, apud MOREIRA 2002, p. 89)

A teoria de Ausubel enfatiza, primordialmente, a aprendizagem cognitiva. Isto não implica que os outros tipos de aprendizagem sejam ignorados ou considerados menos importantes, pois sua teoria tem fortes componentes afetivos. Moreira resume afirmando que a

teoria é cognitivista e, como tal, focaliza a aprendizagem cognitiva ou, mais nomeadamente, a aprendizagem significativa. Segundo essa teoria, os principais conceitos relativos à aprendizagem se articulam esquematicamente da seguinte forma (FARIA, 1989, p. 7):



**Figura 1.** Principais conceitos.

#### **a) Estrutura cognitiva**

Segundo Ausubel, *a estrutura cognitiva é o conteúdo total e organizado de idéias de um dado indivíduo; ou, no contexto da aprendizagem de certos assuntos, refere-se ao conteúdo e à organização de suas idéias naquela área particular de conhecimento* (AUSUBEL, 1980, p. 37-39), ou seja, a ênfase que se dá é na aquisição, no armazenamento e na organização das idéias no cérebro do indivíduo.

Para Ausubel, a estrutura cognitiva<sup>4</sup> de cada indivíduo é extremamente organizada e hierarquizada, no sentido de que as várias idéias se encadeiam de acordo com a relação que se estabelece entre elas. Além disso, é nesta estrutura que se ancoram e se reordenam novos conceitos e idéias que o indivíduo vai progressivamente internalizando, *aprendendo*.

## **b) Aprendizagem**

A aprendizagem consiste na “ampliação” da estrutura cognitiva por meio da incorporação de novas idéias a ela. Dependendo do tipo de relacionamento que se tem entre as idéias já existentes nesta estrutura e as novas que se estão internalizando, pode ocorrer um aprendizado que varia do mecânico ao significativo.

## **c) Aprendizagem Significativa**

Para Ausubel, a aprendizagem significativa

Ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não-arbitrária e substantiva (não-literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder (AUSUBEL, 1980, p. 23).

---

<sup>4</sup> Considerar diferença conceitual entre estrutura cognitiva da Teoria da Atividade e de Ausubel. Nesta se enfatiza a aquisição, o armazenamento e a organização de idéias; na Teoria da Atividade, este conceito está mais relacionado aos processos mentais superiores, que vão determinar a forma como indivíduo estrutura suas atividades, e que estão na base da interação dele com o mundo objetivo.

Dessa forma, neste processo, há uma interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “*conceito subsunçor*” (subsumer) ou apenas “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Além de não-arbitrária, para ser significativa, a aprendizagem precisa ser também substantiva, ou seja, uma vez aprendido determinado conteúdo desta forma, o indivíduo conseguirá explicá-lo com as suas próprias palavras. Assim, “um mesmo conceito pode ser expresso em linguagem sinônima e transmitir o mesmo significado” (ARAGÃO, 1976, p.21).

Ausubel define “*subsunçor*” como um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “ancoradouro” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito, ou seja, que ele tenha condições de atribuir significado a essa informação.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, segundo Moreira (1999), as novas idéias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras idéias, conceitos, proposições relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem para os primeiros.

O objetivo maior do ensino acadêmico é que todas as idéias sejam aprendidas de forma significativa. Isso porque é somente deste jeito que estas novas idéias serão “armazenadas” por bastante tempo e de maneira estável. Além disso, a aprendizagem significativa permite ao

aprendiz o uso do novo conceito de forma inédita, independentemente do contexto em que este conteúdo foi primeiramente aprendido.

Sendo contrária à aprendizagem significativa, a **aprendizagem mecânica (ou automática ou arbitrária)** é definida como aquela que encontra muito pouca ou nenhuma informação prévia na estrutura cognitiva com a qual possa se relacionar, sendo estão armazenada de maneira arbitrária. Ou seja, as novas informações são apreendidas praticamente sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem se ligar a conceitos subsunçores específicos. Esse tipo de aprendizagem ocorre envolvendo conceitos com um alto ou total teor de “novidade” para o aprendiz, mas no momento em que é mecanicamente assimilado, passa a se integrar ou criar novas estruturas cognitivas. Exemplos clássicos de aprendizagem mecânica reportam à memorização de fórmulas, leis e conceitos para uma determinada avaliação/prova e, logo após a finalização desta, os mesmos são esquecidos. Cabe ressaltar que a aprendizagem mecânica não ocorre simplesmente num “vácuo cognitivo”, pois algum tipo de associação pode existir, porém não no sentido de interação como na aprendizagem significativa.

Como consequência dessa inflexibilidade (o aprendido não é substantivo), o indivíduo não é capaz de expressar o novo conteúdo com linguagem diferente daquela com que este material foi primeiramente aprendido. De fato, ele não aprendeu o significado, o sentido do novo material, mas tão-somente decorou a seqüência de palavras que o definia. Por conta disso, ele será incapaz de utilizar este conhecimento em contexto diferente daquele no qual fora primeiramente apresentado a estes conceitos/idéias.

Dessa forma, a aprendizagem significativa é preferível à mecânica, pois constitui um método mais simples, prático e eficiente. Muitas vezes um indivíduo pode aprender algo mecanicamente e só mais tarde percebe que este se relaciona com algum conhecimento anterior já dominado. Neste caso, ocorreu um esforço e tempo demasiado para assimilar conceitos que seriam mais facilmente compreendidos se encontrassem uma “âncora” (conceito subsunçor) existente na estrutura cognitiva.

Para Ausubel, não há distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*, ou seja, “... a aprendizagem significativa parte do *continuum* aprendizagem mecânica *versus* aprendizagem significativa e distinta do *continuum* recepção *versus* descoberta” (AUSUBEL, 1980, p. 522). Assim, a simples memorização de fórmulas estaria situada em um dos extremos deste *continuum* (o da aprendizagem mecânica), enquanto a aprendizagem de relações entre conceitos estaria no outro extremo (o da aprendizagem significativa).

Uma grande questão levantada pela teoria de Ausubel diz respeito à origem dos subsunçores. Supondo que a aprendizagem significativa deva ser preferida em relação à aprendizagem mecânica, e que isso pressuponha a existência prévia de conceitos subsunçores, Moreira (2002a) questiona:

O que fazer quando estes não existem?

Como pode a aprendizagem ser significativa neste caso?

De onde vêm os subsunçores? Como se formam?

Segundo Ausubel, a aprendizagem mecânica é necessária e inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, mas posteriormente ela passará a se transformar em significativa. Outra resposta possível é que, em crianças pequenas, a formação de conceitos acontece por meio de um processo conhecido como “formação de conceitos”, que envolve generalizações de instâncias específicas. A partir daí, os novos conceitos são adquiridos por meio de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos. Em idade pré-escolar, a maioria das crianças já tem desenvolvido um conjunto de conceitos que permitem aprendizagem significativa.

Para acelerar o processo de transformação da aprendizagem mecânica para a significativa, Ausubel recomenda o uso de **organizadores prévios** que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Então, **organizadores prévios**<sup>5</sup> são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Também facilitam a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”.

A elaboração de um organizador prévio dependerá da natureza do material a ser estudado, da idade do aluno e do seu grau de familiaridade prévia com o conteúdo a ser aprendido. Os organizadores são apresentados num nível de abstração mais elevado, maior

---

<sup>5</sup> Também chamados por Ausubel de organizadores preliminares, ou organizadores introdutórios ou organizadores antecipatórios

generalidade e inclusividade do que o novo material a ser apresentado. Os resumos, ao contrário, normalmente são apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material a ser aprendido.

No contexto deste trabalho, para uma melhor aprendizagem dos conceitos de redes, foram desenvolvidos e utilizados organizadores prévios expositórios<sup>6</sup> e comparativos<sup>7</sup>, levando-se em conta condicionantes como o conhecimento prévio dos alunos e a experiência da professora, com a finalidade de *preencher o hiato* entre o que o aluno já conhecia e o que precisava conhecer *antes* de poder aprender determinados conceitos de redes.

Os organizadores comparativos foram apresentados no início de cada tema proposto, normalmente em aula expositiva e em material disponibilizado no ambiente Teleduc, e se prestaram, principalmente, para esclarecer diferenças entre conceitos que já faziam parte da estrutura cognitiva e os novos que seriam apresentados, como por exemplo, distinguir entre *cascateamento* (conhecido por boa parte da turma) e *empilhamento/stack* (novidade para todos os alunos da turma) de Hubs. Já os organizadores expositórios também contaram com material disponível na Profa. Elektra e com algumas animações, como a apresentada na Figura 2.

---

<sup>6</sup> Utilizado para conceitos com alto grau de novidade, com o objetivo de oferecer subordinadores próximos relevantes. Os subordinadores oferecem um esteio ideativo em termos que já são familiares ao aluno.

<sup>7</sup> Utilizado para material relativamente familiar, com o objetivo de integrar os conceitos novos com conceitos similares na estrutura cognitiva como para aumentar a diferenciação entre idéias novas e existentes que são essencialmente diferentes mas que se prestam a confusão (Ausubel, 1980).

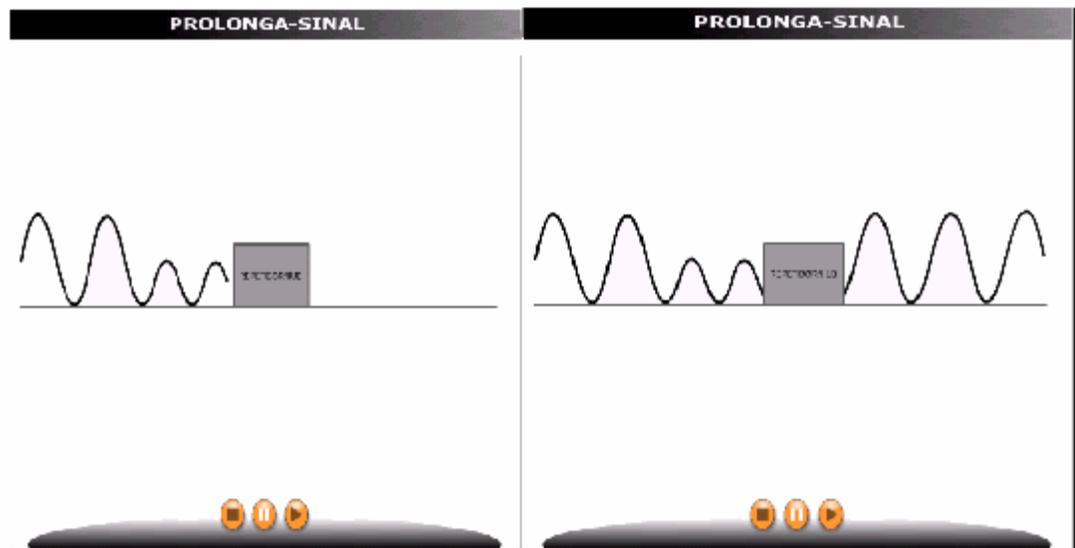


Figura 2 – Repetidor de Sinal Analógico

Os alunos já possuem na sua estrutura cognitiva algum conhecimento prévio sobre transmissão de dados, verificado no questionário inicial realizado no início do semestre letivo. A animação (figura 2) apresenta um sinal analógico, por onde trafegam os dados, em processo de degradação (perda do sinal). Esta degradação pode ocorrer em função de ruído (interferências eletromagnéticas sofridas pelo meio), por ultrapassar limites de distância característicos dos meios de transmissão, etc. Com o auxílio da animação ficam claros os conceitos de sinal analógico, transmissão de dados, degradação de sinal e repetidor de sinal analógico. Estes conceitos, por sua vez, servirão de esteio para a aprendizagem, por exemplo, dos conceitos de modulação/demodulação de dados, modem, meios de transmissão, e a compreensão de uma das funções dos dispositivos de interconexão de redes, que é repetir o sinal analógico de um domínio para o outro.

#### **d) Aprendizagem por descoberta ou por recepção**

Segundo Moreira (1999), a distinção estabelecida entre aprendizagem significativa e mecânica não deve ser confundida com a distinção entre aprendizagem *por descoberta e a por recepção*. Conforme Ausubel, na **aprendizagem receptiva** o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final; já, na **aprendizagem por descoberta**, o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Todavia, após a descoberta, a aprendizagem só será significativa se o conteúdo descoberto estabelecer ligações com conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Dessa forma, independente de ter sido por recepção ou por descoberta, a aprendizagem só será significativa se o novo conteúdo incorporar-se, de forma não-arbitrária e não-literal, à estrutura cognitiva. Isso significa que:

Aprendizagem por descoberta não é necessariamente significativa e nem aprendizagem por recepção é obrigatoriamente mecânica. Tanto uma como a outra podem ser significativa ou mecânica, dependendo da maneira como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1980, p. 39).

Ausubel argumenta, também, que o ensino em sala de aula é predominantemente organizado, em termos de aprendizagem receptiva, e que o ser que aprende não precisa obrigatoriamente descobrir princípios, conceitos e proposições a fim de aprendê-los e usá-los significativamente. Por outro lado, receptiva não é sinônimo de passiva, pois o mecanismo da aprendizagem significativa é, fundamentalmente, um processo dinâmico.

Ainda, segundo Ausubel (1980), pode-se distinguir três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional.

A **aprendizagem significativa representacional** é o tipo mais básico de aprendizagem significativa do qual outros dois dependem. Envolve a atribuição de significados a símbolos arbitrários (tipicamente palavras), isto é, símbolos são identificados, em significado, com seus referentes (objetos, eventos, conceitos) e significam para o indivíduo aquilo que seus referentes significam.

A **aprendizagem significativa de conceitos** é, de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são, também, representados por símbolos arbitrários, porém, genéricos ou categoriais; representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes; representam regularidades em eventos ou objetos.

#### Na **aprendizagem significativa proposicional**,

A tarefa não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, e sim aprender o significado de idéias expressas em forma de proposição. Ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição. (MOREIRA, 2002a, p. 92)

A aprendizagem proposicional (assim como a conceitual) pode ser: subordinada (subsunciva), superordenada ou combinatória.

Será **subordinada** quando uma proposição potencialmente significativa for relacionada significativamente a uma proposição superordenada específica relevante existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Tal como no caso de aprendizagem de conceitos, essa aprendizagem pode ser chamada de **derivativa** (se a nova proposição simplesmente exemplifica

ou corrobora uma idéia preexistente) ou **correlativa** (se for uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições previamente aprendidas). Será **superordenada** quando a nova proposição for relacionada a proposições subordinadas específicas relevantes existentes na estrutura cognitiva e passa a incluí-las. Será **combinatória** quando a nova proposição não for relacionada a proposições subordinadas ou superordenadas específicas, e sim com antecedentes amplos de um conteúdo relevante existente na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1980, p. 39).

### 3.2.5 Condições para a Aprendizagem Significativa

Para que a aprendizagem significativa ocorra é preciso entender o processo de modificação do conhecimento, em vez de comportamento em um sentido externo e observável, e reconhecer a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento. As idéias de Ausubel também se caracterizam por se basearem em uma reflexão específica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, em vez de tentar somente generalizar e transferir à aprendizagem escolar conceitos ou princípios explicativos extraídos de outras situações ou contextos de aprendizagem (PELIZZARI et al., 2002).

Para haver aprendizagem significativa é preciso haver duas condições:

➤ O material a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser logicamente e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do material, e o significado psicológico é uma experiência que cada

indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos materiais que têm significado ou não para si próprio.

➤ O aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o material arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica.

Na primeira condição, dois pontos devem ser observados para que o material seja potencialmente significativo, quais sejam: a natureza do material em si e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto à natureza do material, ele deve ser logicamente significativo (ter significado lógico), ou seja, ser suficientemente não-arbitrário e não-aleatório, de modo que possa ser relacionado a idéias correlatas relevantes, que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. Com relação à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material poderá se relacionar.

Ausubel faz a seguinte distinção entre significado lógico e significado psicológico. O significado lógico depende *somente da natureza do material*. É um dos dois pré-requisitos que, juntos, determinam se o material é potencialmente significativo para um determinado aprendiz. O outro é a disponibilidade de conteúdo relevante, adequado, na estrutura cognitiva do aprendiz. Assim,

O significado lógico, portanto, refere-se ao significado daquilo que é inerente a certos tipos de material simbólico, devido à natureza deste material. A evidência do significado lógico está na base da relação arbitrária e substantiva entre o

material e as idéias correspondentemente significativas que fazem parte do domínio da inteligência humana. (AUSUBEL, 1980, p. 41)

Já o significado psicológico é uma experiência completamente idiossincrática

Correspondente à distinção entre estrutura lógica ou psicológica do conhecimento, há uma distinção igualmente importante entre o significado lógico e psicológico. O conteúdo curricular, na melhor das hipóteses, pode ter significado lógico. É a possibilidade de um indivíduo particular incorporar a sua estrutura cognitiva proposições logicamente significativas através de relações não-arbitrárias e substantivas, tornando-as potencialmente significativas para ele e, portanto, criando possibilidade de transformar o significado lógico em psicológico no curso da aprendizagem significativa. Conseqüentemente, a emergência do significado psicológico depende não somente da apresentação ao indivíduo de um material que evidencie “logicidade”, mas também da mais recente aquisição incorporada ao conteúdo ideacional do indivíduo. (*Ibidem*).

Retornando às condições da aprendizagem significativa, a primeira delas é a de que o material seja potencialmente significativo. A segunda traz implícito que, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz é, simplesmente, a de memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos ou sem significado. E, de forma recíproca, nem o processo nem o produto serão significativos se o material não for potencialmente significativo, independente da disposição do indivíduo para aprender.

### **3.2.6 Avaliação e Evidência da Aprendizagem Significativa**

Para Ausubel,

Em geral, a função da avaliação é determinar até que ponto os vários objetivos educacionais significativos estão, na realidade, sendo atingidos. Avaliar significa emitir um julgamento de valor ou mérito, examinar os resultados educacionais para saber se preenchem um conjunto particular de objetivos educacionais. Além de verificar se tais objetivos estão sendo atingidos, qualquer avaliação dos resultados do ensino é destituída de sentido. Nenhum resultado educacional é bom ou mau em si e por si. O seu valor só pode ser considerado em termos de saber até que ponto preenche os fins que tentamos alcançar frente à educação. (AUSUBEL, 1980, p. 501)

Desta forma, uma vez determinados os pontos mais relevantes da disciplina, e que serão trabalhados com os alunos, a avaliação assumiria o caráter de verificar se sua internalização se deu a contento.

Na teoria ausubeliana, a avaliação pode assumir as seguintes potencialidades:

- Avaliar os principais objetivos buscados para esta aprendizagem. Para tal, eles devem ser formulados de maneira clara e apresentados previamente para os alunos, a fim de que isso, por si só, já facilite a aprendizagem significativa pelo aprendiz, que poderá se concentrar no estudo dos pontos principais da disciplina (ao invés de “perder” muito tempo com pontos secundários e menos importantes).
- Experiência útil de aprendizagem para os alunos, uma vez que os obriga a revisar, consolidar, esclarecer e integrar os diversos assuntos tratados.
- Pode oferecer ao professor informações a respeito da eficácia dos materiais e dos métodos que ele utiliza, bem como indícios sobre as possíveis causas para eventual mau

desempenho de algum(ns) aluno(s) (o que pode estar relacionado com a falta de interesse ou o esforço deles, ou ainda com problemas relativos às matérias e técnicas instrucionais – como a própria avaliação– utilizados).

Para se conseguir uma avaliação que meça e potencialize os aspectos significativos do conteúdo que foi (e que será) ensinado aos alunos, Ausubel propõe alguns procedimentos práticos, dentre os quais se podem elencar:

1. Propor a solução de problemas (novos), em contexto diferente daquele originalmente aprendido, e com enunciado “inédito”. Com isso, estar-se-ia testando a “substantividade” do aprendizado, que só acontece na aprendizagem significativa.

2. Propor testes ao final de cada “módulo”, a fim de verificar a retenção dos diversos conceitos abordados. Estes testes podem assumir ainda maior importância quando os tópicos do curso estão seqüenciados a partir dos princípios da diferenciação progressiva (“tópicos âncoras” anteriores àqueles que se ancorarão neles). Neste caso, o bom desempenho na avaliação poderia servir como condição a fim de se passar para um tópico seguinte, de modo que se consolidassem as idéias que servirão de âncoras para os aprendizados futuros, antes de se iniciar o estudo destes conteúdos (o que potencializaria uma aprendizagem significativa).

3. Propor teste anterior ao início da disciplina (ou de alguns módulos específicos), a fim de avaliar a presença de idéias âncoras necessárias para que o aluno possa aprender, de forma significativa, o novo conteúdo que se intenta ensinar.

O item 3 introduz, então, uma outra finalidade da avaliação, além da de analisar o quanto os alunos conseguiram aprender (significativamente) do material que foi ensinado. Esta nova finalidade seria a de medir a posse e a estabilidade das idéias de esteio que serão necessárias para se trabalhar os novos conteúdos do curso, e que não foram trabalhadas nesta disciplina. Isso é muito importante, pois a aprendizagem significativa depende disso, e idéias pouco estáveis podem conduzir a um esquecimento (obliteração) do tipo que representa perda de informação.

### **3.2.6.1 Mapas Conceituais como ferramenta de avaliação do aprendizado**

Mapas conceituais são representações gráficas de conceitos em um domínio específico de conhecimento, formadas de conceitos e de relações entre eles. Os conceitos são usualmente apresentados em círculos ou retângulos e as relações entre os conceitos são indicadas por linhas (links) que ligam esses conceitos. As palavras nas linhas que ligam os conceitos especificam a relação entre eles. O trio conceito-linha-conceito formam uma proposição, que são declarações significativas sobre um objeto ou evento.

Os Mapas Conceituais são utilizados como uma linguagem para descrição e comunicação de conceitos e representam uma estrutura que vai desde os conceitos mais abrangentes até os menos inclusivos. Uma característica importante dos mapas é a inclusão de *cross-links*, que fazem relações explícitas entre conceitos (ou através de) em regiões ou domínios diferentes dentro do mapa conceitual. *Cross-links* mostram como um conceito de um domínio de conhecimento representado no mapa é relacionado a um conceito em outro domínio mostrado no

mapa. Na criação do novo conhecimento, *cross-links* frequentemente representam saltos criativos na parte de produção do conhecimento.

Outro aspecto da estrutura dos mapas é a inclusão de exemplos específicos ou objetos. Eles podem auxiliar a elucidar o significado de um determinado conceito. Normalmente não estão incluídos em círculos ou retângulos, uma vez que são objetos ou eventos específicos e não representam conceitos (Cañas et al.,2003).

#### Para Amoretti e Tarouco

A aprendizagem com mapas conceituais tem como ponto de partida o conhecimento prévio do aluno sobre uma determinada noção. Para Novak, o conceito é uma regularidade percebida em acontecimentos, objetos, registros de acontecimentos, e que está designada por um rótulo (Novak, 1998). Quando os conceitos a serem aprendidos não estão relacionados com o conhecimento prévio do aluno, ocorre o que Ausubel chama de “aprendizagem mecânica” (*rote learning*). Assim, ao dispor sob a forma gráfica de um mapa conceitual os conceitos conhecidos, relacionando esta noção inicial com outras também já conhecidas, estabelecendo uma hierarquia e/ou determinando propriedades, o aluno pode organizar o seu conhecimento de maneira autônoma, retificando seu próprio raciocínio em função da construção do mapa. Este conceito de aprendizagem, inspirado em Ausubel, é chamado de “aprendizagem significativa”. Na realização da aprendizagem significativa, os mapas conceituais demonstraram ser uma ferramenta adequada porque possibilitam ao aluno (e ao professor também) desenvolver um processo cognitivo de aprendizagem em que ele próprio orienta a aquisição de novas informações porque elas estarão diretamente relacionadas com a estrutura de conhecimento prévio (AMORETTI e TAROUCO, 2000, p. 50).

Os mapas conceituais podem ser utilizados para diversos propósitos, principalmente educacionais: a) como uma ferramenta para auxiliar no aprendizado (identificando a compreensão, equívocos, trocas conceituais; favorecendo a aprendizagem colaborativa e cooperativa), b) como uma ferramenta utilizada no processo de avaliação do

aprendizado, c) para organizar e apresentar informação (como organizadores avançados; para desenvolvimento de cursos ou currículos; para auxiliar na navegação).

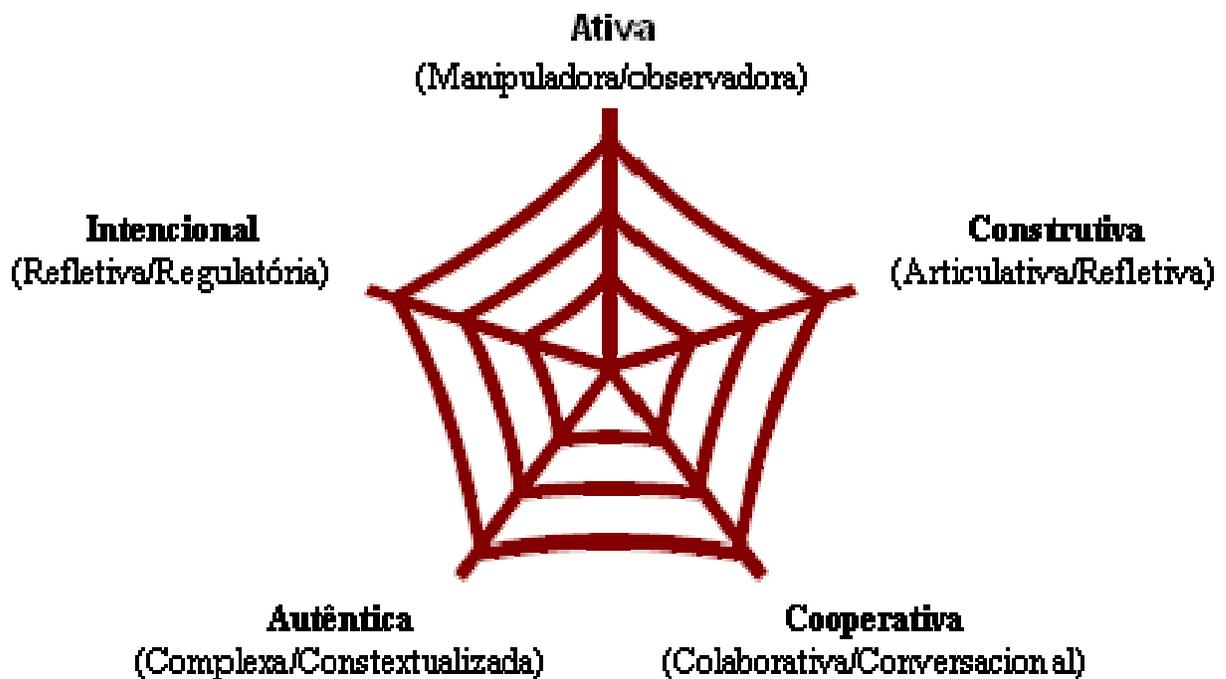
No contexto dessa pesquisa, os mapas foram utilizados como instrumento de avaliação da aprendizagem. Aqui, a avaliação não tem o sentido de testar o conhecimento e atribuir nota ao aluno, mas sim de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno vê para um dado conjunto de conceitos e de verificar nos mapas construídos pelos alunos a forma como esses organizaram seus conhecimentos, como relacionaram os conceitos assimilados no laboratório virtual com outros existentes na estrutura cognitiva, e, principalmente, o discernimento apresentado na elaboração do mapa, evidenciando, assim, a aprendizagem significativa.

### **3.3 Aprendizagem com Tecnologia (*learning with*)**

Por várias décadas os computadores têm sido utilizados no processo educacional e nem sempre da forma correta. E existe uma forma correta? Não existe consenso, são muitas as tentativas e experiências com inúmeros resultados positivos e negativos. Sabe-se de antemão que um dos fatores que levam ao fracasso alguns ensaios é a mera transposição do material didático tradicional para o meio informatizado, sem alterações na metodologia nem na postura do professor e do aluno. Jonassen diz que

O objetivo principal da educação em todos os níveis deveria ser engajar os estudantes na aprendizagem significativa [...], a obrigação primária das escolas deveria ser ajudar os estudantes a aprender como reconhecer e resolver problemas, compreender novos fenômenos, construir modelos mentais daqueles fenômenos e dada uma nova situação, estabelecer objetivos e regular sua própria aprendizagem (aprender a aprender). (JONASSEN, 1999, p. 7)

A questão é como a tecnologia pode ser utilizada para favorecer este objetivo. De acordo com Jonassen, a aprendizagem significativa surge quando o ambiente de ensino aprendizagem, no qual o estudante está envolvido, favorece as condições apresentadas na Figura 3.



**Figura 3.** Cinco Atributos da Aprendizagem Significativa.

Já foi dito que as tecnologias devem engajar os alunos numa aprendizagem significativa, onde estão intencionalmente e ativamente processando informações enquanto exercem juntos tarefas autênticas a fim de construir significados pessoais e socialmente

compartilhados para o fenômeno que eles estão explorando e manipulando. Para Jonassen, os artefatos computacionais devem ser utilizados pelos alunos para firmar compromisso com:

➤ **Aprendizagem Ativa (Manipulativa/Observadora):** Para Jonassen, o aprendizado resulta de experiências genuínas. Num contexto natural, para aprender sobre alguma coisa, “as pessoas interagem com seu ambiente e manipulam os objetos deste ambiente, observando os efeitos dessas intervenções e construindo suas próprias interpretações do fenômeno e dos resultados da manipulação” (JONASSEN, 1999, p. 8). Assim, um aprendizado real exige aprendizes *ativos*, ou seja, não basta ficar disparando mecanicamente animações ou pressionando a barra de espaços para continuar, o aluno deve estar envolvido numa tarefa significativa onde ele manipula objetos e o ambiente onde está trabalhando e, então, observa os resultados desta manipulação.

➤ **Aprendizagem Construtiva (Articulativa/Reflexiva):** Para uma aprendizagem significativa, a atividade é necessária, mas não é o suficiente. “Os aprendizes devem refletir a respeito da sua atividade e de suas observações para aprender a lição que esta atividade tem para ensinar” (JONASSEN, 1999, p. 9). Os alunos constroem seu próprio significado para a experiência. Quanto maior for a articulação sobre o que aprenderam e a reflexão sobre os processos, maior será o entendimento e a capacidade de transferir o conhecimento que construíram.

➤ **Aprendizagem Intencional (Reflexiva/Regulatória):** De acordo com Jonassen, tudo o que fazemos tem a intenção de atingir um objetivo. Quando os alunos ambicionam ativamente e propositadamente atingir um objetivo cognitivo, eles pensam mais e

aprendem mais porque estão satisfazendo uma intenção. As tecnologias precisam apoiar os alunos nesta aprendizagem intencional, na qual eles determinam seus próprios objetivos, regulam e gerenciam suas atividades.

➤ Aprendizagem Autêntica (Complexa/Contextualizada): Frequentemente os professores cometem o erro de simplificar em demasia os conceitos a fim de transmiti-los mais facilmente aos alunos. Segundo Jonassen, esse é um *grande pecado intelectual*, pois leva a supor que o mundo é simples e confiável quando, na verdade, os problemas do mundo real são complexos, mal-estruturados e irregulares. Pesquisas recentes têm mostrado que as ações de aprendizagem situadas em atividades do mundo real (problemas reais) ou simuladas em algum problema com base no meio ambiente da aprendizagem são mais entendidas e também mais consistentemente transferidas para novas situações. Em vez de experiências abstratas, é necessário ensinar conhecimento e habilidades na vida real, utilizar contextos úteis, novos e diferentes para que os alunos pratiquem usando aqueles conceitos. (JONASSEN, 1996).

➤ Aprendizagem Cooperativa (Colaborativa/Conversacional): As pessoas trabalham e vivem em comunidades. É comum e natural solicitarem ajuda para a execução de tarefas e resolução de problemas. Para Jonassen, os alunos “trabalham na construção da aprendizagem e do conhecimento construindo comunidades, explorando as habilidades de cada um, enquanto fornecem apoio moral, modelam e observam as contribuições de cada membro” (JONASSEN, 1996, p. 73). Sendo assim, não apenas a tecnologia utilizada, mas os próprios professores devem promover métodos colaborativos de aprendizagem.

Para Jonassen,

[...] se nós aceitamos que nosso objetivo, como educadores usuários da tecnologia, é dar suporte para a aprendizagem significativa, então nós devemos usar a tecnologia para engajar os estudantes numa aprendizagem ativa, construtiva, intencional, autêntica e cooperativa (JONASSEN, 1999, p. 7).

As tecnologias selecionadas e desenvolvidas para fazerem parte do laboratório virtual ASTERIX e, principalmente, o contexto em que elas estão sendo utilizadas, almejam comprometer a maioria dos critérios citados acima. No ASTERIX, a aprendizagem ativa (manipulativa/observadora) é facilitada; por exemplo, quando os alunos manipulam os dispositivos em 3D disponíveis na bancada, conhecendo suas interfaces, aproximando/afastando o objeto para uma melhor visualização dos detalhes e das características, como número de portas e tipo de conectores utilizados; ou também quando acompanham e refletem sobre os resultados das intervenções realizadas no laboratório, independente do recurso utilizado (animação, *chatbot*, simulação); e, partindo dos resultados dessa interação, constroem suas próprias interpretações sobre a ação realizada.

Com a utilização do ASTERIX pretende-se também favorecer consideravelmente a aprendizagem construtiva (articulativa/reflexiva), instigando o aluno a interagir com a profa. Elektra para, por exemplo, suprir uma falta ou até mesmo uma falha em algum conceito subsunçor. Ao analisar uma animação que apresenta um conceito ou o funcionamento de um determinado dispositivo de rede, o aluno estará relacionando este novo conceito com os já existentes na sua estrutura cognitiva, de forma não-arbitrária e substantiva. Ao interagir com as animações, alterando alguns parâmetros como, por exemplo, a inclusão de um ou mais dispositivos, observando e refletindo sobre os diferentes resultados nos diferentes contextos

apresentados, o aluno está se valendo destes recursos para criar na sua estrutura cognitiva, um maior número de conexões entre os conhecimentos envolvidos.

A construção também é facilitada nas atividades de criação de mapas conceituais dos conceitos apresentados no ASTERIX e na construção de projetos de redes que, para serem elaborados, necessitam de uma considerável transformação dos conhecimentos apresentados no laboratório, levando os alunos a articularem sobre o que aprenderam e exigindo reflexão sobre os processos que influenciam o resultado final do trabalho, como, por exemplo, a influência do tráfego de pacotes no desempenho da rede, na sobrecarga de um servidor, fatores que determinam ou influenciam na extensão de uma rede ou em sua segmentação, os dispositivos que permitem estas operações, a escolha do mais indicado, protocolos envolvidos, e outros.

O Simulador de Redes (SR) do ASTERIX possibilita ao aluno vivenciar, o mais próximo possível da realidade e da atualidade, problemas reais no âmbito de Redes de Computadores, favorecendo, com isso, uma aprendizagem autêntica. São apresentados aos alunos problemas que sejam próximos da sua realidade, como, por exemplo, apresentar um projeto de rede visando a melhorar a estrutura atual do laboratório do curso, considerando um determinado recurso financeiro (já que o simulador exige entrada de valores disponíveis para a execução do projeto), a manutenção dos atuais servidores, previsão para o crescimento da rede, etc. Os alunos têm de atender às necessidades técnicas e à disponibilidade financeira. Parece simples, mas exige dos alunos uma grande articulação dos conhecimentos assimilados e muita discussão e colaboração com os colegas para a finalização do projeto. A colaboração entre a turma (alunos e professora) é facilitada pelo ambiente que hospeda o ASTERIX, o TelEduc, por meio das suas ferramentas de Bate-papo, Mural, Fórum e Correio.

Hoje há quase um consenso de que o uso de artefatos computacionais tem um enorme potencial para favorecer “o aprender de modo diferente” e não apenas para se fazer o que já antes se fazia com meios menos evoluídos. Muitos são os recursos disponíveis, e diversas são suas aplicações. Jonassen (1996) faz a seguinte classificação:

➤ **Aprender a partir da tecnologia** (*learning from*), quando esta tem a função de apresentar o conhecimento, e é papel do aluno receber esse conhecimento como se ele fosse apresentado pelo próprio professor (ensino assistido por computador (EAC), mas também filmes educativos, tutoriais, aplicações *drill-and-practice*, ensino programado, entre outros).

➤ **Aprender acerca da tecnologia** (*learning about*), quando a própria tecnologia constitui, ela própria, o objeto de aprendizagem (*Computer Literacy*; conhecimentos e competências necessários para professores e alunos poderem utilizar uma determinada tecnologia).

➤ **Aprender através da tecnologia** (*learning by*), quando o aluno aprende ensinando o computador (programando o computador por meio de linguagens como BASIC ou o LOGO).

➤ **Aprender com a tecnologia** (*learning with*), quando o aluno aprende usando as tecnologias como ferramentas que o apóiam no processo de reflexão e de construção do conhecimento (ferramentas cognitivas). Neste caso, a questão determinante não é a tecnologia

em si mesma, mas a forma de encarar essa mesma tecnologia, usando-a, sobretudo, como estratégia cognitiva de aprendizagem.

É neste último contexto (*learning with*) que se encontra o laboratório virtual desenvolvido neste trabalho, ou seja, suas características e suas funções objetivam que os alunos aprendam conceitos de redes *com* as tecnologias incorporadas/disponíveis no laboratório, como realidade virtual, *chatboot* e animações. E de acordo com Jonassen:

Tecnologias devem ser usadas em busca da aprendizagem significativa. Recentemente, centenas de pesquisas e experiências implementando tecnologias no aprendizado têm provado que estas não ensinam melhor que os professores. Isto é, quando usadas para entregar mensagens instrucionais, os alunos não aprendem diferentemente de tecnologias ou professores. Richar Clark tem por vários anos defendido que tecnologias são “meros veículos” que entregam mensagens instrucionais para os aprendizes, o mesmo que caminhões que entregam mantimentos para o supermercado. [...] Nós defendemos que tecnologias não devem ser utilizadas como transportadoras e entregadoras de mensagens para um aluno passivo. Ao contrário, elas devem ser utilizadas como ferramentas que os alunos *aprendam com*. Por quê? Porque, quando os estudantes são receptadores passivos da entrega feita pela tecnologia para ser consumida e regurgitada, eles não estão aprendendo significativamente. Quando os alunos aprendem utilizando tecnologias como ferramenta para crescimento e compartilham seus próprios mantimentos, eles estão aprendendo significativamente. (JONASSEN, 1999, p. 218)

O uso da tecnologia na construção do conhecimento deve ser repensado, substituído da sua tradicional função de *tecnologia-como-professor* para *tecnologia-como-parceira*. Como concepção de tecnologia educacional, Jonassen (*Ibidem*) assume que:

✓ Tecnologia consiste em projetos e ambientes, técnicas ou métodos para tornar um aprendizado atrativo e crítico.

- ✓ Tecnologias na aprendizagem podem ser qualquer ambiente ou conjunto de atividades definidas que envolvam o aluno numa aprendizagem ativa, construtiva, intencional, autêntica e cooperativa.
  
- ✓ Tecnologias não são apenas transportadoras do conhecimento e nem devem determinar e controlar toda a interação do aprendiz.
  
- ✓ A tecnologia deve funcionar como uma ferramenta intelectual que habilita os alunos a construírem interpretações pessoais e representações do mundo mais significativas.
  
- ✓ No processo de aprendizagem, alunos e tecnologia devem ser parceiros, quando a responsabilidade cognitiva de realizar é distribuída para a parte da sociedade que o faz melhor.

A seguir, será apresentada uma visão concisa sobre as áreas tecnológicas que subsidiaram o projeto e construção do laboratório virtual ASTERIX.

### **3.3.1 Realidade virtual na Educação**

Existem diversos conceitos sobre realidade virtual, abrangendo diversas formas de expressão. Stuart (1996) define **realidade virtual (RV)** como o termo utilizado comercialmente, e **ambiente virtual** como o termo acadêmico. Além dessa sutil diferença, o autor também

menciona que ambiente virtual não reproduz necessariamente a realidade. A sua definição estabelece que um sistema de ambiente virtual consiste em:

Uma interface entre homem e computador que provê ambientes sintéticos tridimensionais multissensoriais imersivos. Esta interface utiliza rastreamento de posição e atualização em tempo real dos dispositivos de visualização, audição, entre outros (por exemplo: tátil), em resposta às ações do usuário, fortalecendo a sensação de presença no ambiente virtual. Esta ainda pode ser um sistema mono ou multiusuário (STUART, 1996, p. 58).

Para Pantelidis (1997),

Realidade virtual é um ambiente computacional altamente interativo, representado por textos ou gráficos, no qual o usuário interage. Na forma mais avançada, o usuário é imerso nesse ambiente e, na mais simples, ele apenas utiliza um ambiente tridimensional em um computador tradicional (PANTELIDIS, 1997, p. 4).

O conceito de realidade virtual adotado neste trabalho é uma variação das definições anteriores, pois permite desde uma interação simples do usuário com o sistema até a interação definida por Stuart (1996). A definição utilizada para realidade virtual, ou ambiente virtual, é a de uma tecnologia de interface avançada entre usuário e sistema computacional. O objetivo dessa tecnologia é recriar ao máximo a sensação de realidade para um indivíduo, levando-o a adotar essa interação como uma de suas realidades temporais. Para isso, essa interação é realizada em tempo real, com o uso de técnicas e equipamentos computacionais que ajudem na ampliação do sentimento de presença do usuário.

A utilização da realidade virtual na educação vem ocorrendo desde o começo da década de 90, com aplicações desenvolvidas para atividades específicas e também para fins de

avaliação dessa tecnologia como uma ferramenta educacional (BRICKEN, 1990; BYRNE, 1993; YOUNGBLUT, 1998).

Infelizmente, os estudos de avaliação ainda são escassos e não provam a efetividade do uso da realidade virtual na educação (CRONIN, 1997), mas suas capacidades são promissoras (YOUNGBLUT, 1998; JOHNSON et alli., 1999; CAMACHO, 1999).

Atualmente, o uso da Realidade virtual no processo educacional, principalmente na criação de laboratórios virtuais, vem sendo aplicado levando em conta aspectos educacionais antes desconsiderados, pois se começa – ainda que timidamente – a perceber que toda uma parafernália tecnológica torna-se inútil se não for apoiada em preceitos educacionais e psicológicos.

As ciências cognitivas suportam a exploração de realidade virtual como uma ferramenta educacional. No campo da teoria educacional, o conceito do construtivismo articula fortemente uma estratégia eficaz para o ensino. Seus defensores advogam que os estudantes devem ser envolvidos inteiramente no processo de construção do conhecimento, em vez de fazer o papel das “esponjas passivas” que esperam para serem ditas as respostas corretas. Os métodos que os professores construtivistas podem utilizar variam muito. Em um extremo, os professores podem propor que não haja nenhuma resposta correta e que os estudantes devem descobrir suas próprias verdades. Jonassen escreve:

[...] construtivismo, de outra forma, alega que a realidade está mais na mente do conhecedor, que o conhecedor constrói uma realidade ou ao menos interpreta-a

baseado em suas experiências. Construtivismo trata de como nós construímos o conhecimento a partir de nossas experiências, estruturas mentais, e crenças que são utilizadas para interpretar objetos e eventos. Nosso mundo pessoal é criado pela nossa mente, assim, na visão construtivista, nenhum mundo é mais real que outro. Não há uma realidade única ou entidade objetiva. (JONASSEN, 1991, p. 29 *apud* LUZ, 2002)

Como já citado, as ciências cognitivas são campos do conhecimento que guiam o uso de RV como uma ferramenta educacional. Uma vez que cientistas cognitivos estudam de que modo a mente humana trabalha, suas teorias podem indicar como a realidade virtual tem condições de auxiliar os estudantes a aprenderem. De acordo com as ciências cognitivas, a realidade virtual pode auxiliar as pessoas a manipular as informações e, conseqüentemente, aprender, transformando conceitos abstratos em conceitos mais concretos. A realidade virtual pode apresentar informações abstratas na forma concreta que as pessoas têm processado por eras, por meio de imersão num mundo visual gerado por computador (LUZ, 2002).

### **3.3.1.1 Características da RV**

As tecnologias computacionais mais utilizadas atualmente são imagens tridimensionais, áudio, vídeo, rede, sistemas multiusuário e cooperativos, e equipamentos, tais como: luva digital, óculos estereoscópicos, capacete de imersão, teclado, mouse, monitor e dispositivo de retorno háptico – como os controladores de jogo ou equipamentos com *force feedback*, que auxiliam na imersão do usuário nos sistemas. A sutileza dessa definição está na não-restrição do termo à utilização de equipamentos e técnicas.

Os ambientes de realidade virtual podem ser divididos em imersivos e não-imersivos (Stuart, 1996; Johnson et al., 1999). Os ambientes imersivos utilizam equipamentos para tornar a experiência de utilização do ambiente a mais convincente possível, estimulando o maior número de sentidos do usuário e utilizando, por exemplo, capacetes ou salas de projeção nas paredes (CAVEs).

Os ambientes não-imersivos são compostos de equipamentos básicos que reproduzem esse ambiente apenas utilizando o estímulo visual. Os sistemas que compõem esse tipo de ambiente são geralmente com base no uso de monitor, mouse e teclado como dispositivos de interação com o usuário.

Embora a realidade virtual com o uso de capacetes tenha evoluído e seja considerada típica, a realidade virtual com monitor apresenta, ainda assim, alguns pontos positivos como: utilizar plenamente todas as vantagens da evolução da indústria de computadores; evitar as limitações técnicas e problemas decorrentes do uso de capacete e facilidade de uso.

### **3.3.1.2 Motivações e benefícios no uso da RV na educação**

A aquisição de conhecimento por meio da imersão em um sistema de realidade virtual é semelhante à que ocorre no mundo real. “Conforme a teoria cognitiva e por meio da imersão em um sistema de realidade virtual, é possível alcançar o aprendizado como se estivesse

ocorrendo uma experiência no mundo real. Essa transformação de uma informação abstrata em algo tangível é importante devido ao modo como pensamos”. (WINN, 1993)

Com a abstração de alguns aspectos de Pantelidis (1997), em que são citadas algumas razões para a utilização de realidade virtual no ensino de engenharia, e com a compilação de mais alguns autores, como Neale et al. (1999), Winn (1993) e Dede et al. (1999), são apresentados os seguintes aspectos positivos para o uso da realidade virtual na educação de uma forma geral:

- A interação em RV é intuitiva, permitindo que estudantes interajam com objetos de uma maneira natural.
- Possibilita maior interatividade, ou seja, encoraja a participação ativa ao invés da passiva.
- Possibilita novas formas de visualização de informações, ilustrando mais precisamente algumas características do objeto, processos, etc.
- Não restringe o aprendizado ao período de aula regular, possibilitando a realização de atividades educacionais da internet. Isto faz com que o aprendiz imprima o seu próprio ritmo de aprendizado.
- Oferece muitas possibilidades para aprendizes não tradicionais, incluindo os portadores de necessidades especiais físicas.

➤ Permite uma melhor compreensão de objetos de estudo, devido à possibilidade de múltiplas visões de um objeto dentro de um ambiente e à capacidade de se realizar uma análise deste objeto em nível tanto microscópico quanto macroscópico.

É necessário também levar em consideração as restrições da utilização desta tecnologia. De acordo com vários pesquisadores da área, como Brooks Jr (1998), Dede et al. (1999), Stuart (1996), Barfield; Furness (1995a, 1995b) e Seidel (1997), estes são alguns dos aspectos negativos no uso de realidade virtual na educação:

- apresentar um alto custo de desenvolvimento e para a aquisição dos equipamentos;
- ter reduzida a ergonomia dos equipamentos, o que causa desconforto e, às vezes, perigo em sua utilização;
- poder acentuar problemas psicológicos e problemas de equilíbrio em alguns usuários, dependendo do usuário e do período de exposição; e
- ainda existir uma reduzida quantidade de profissionais na área.

### **3.3.1.3 Desenvolvimento de Sistemas com RV**

Para a criação de sistemas com realidade virtual, é necessário que coexistam os seguintes elementos, segundo Stuart (1996):

- objetivo para o qual o sistema de realidade virtual está sendo desenvolvido;
- ambiente virtual, que é gerado por computadores, através de bibliotecas e aplicativos computacionais, e cria os aspectos funcionais; e
- equipamentos para interação bidirecional entre usuário e computador.

Para se desenvolver um sistema com realidade virtual, é importante que seja considerada pelo menos uma destas situações conforme Pantelidis (1997), Luz (1997, 2002), Stuart (1996), Zachmann (1998) e Barfield et al. (1995a, 1995b):

- risco à segurança
- sensação de presença
- alta interatividade, com o estímulo de múltiplos sentidos
- interação real com objetos virtuais
- realização de atividades impossíveis na prática (atividades com um custo muito elevado e acesso difícil ou restrito)

Escolhidos a área e o objetivo da aplicação, é necessária a seleção de softwares, equipamentos computacionais e periféricos que irão integrar a solução do problema a ser resolvido.

Atualmente, há diversas plataformas de desenvolvimento para sistemas de realidade virtual. Entre elas, existem as desenvolvidas para a solução genérica de problemas e também para a solução de problemas em áreas específicas do conhecimento humano.

Dependendo do tipo de distribuição da aplicação em desenvolvimento, livre ou comercial, estão disponíveis plataformas e bibliotecas de realidade virtual com uso e distribuição gratuitos. Algumas dessas plataformas também podem ser utilizadas comercialmente, mediante pagamento de licenças. Além de plataformas livres, existem as comerciais, que são desenvolvidas por empresas da área.

Para que sistemas sejam altamente difundidos para a utilização dessa tecnologia, principalmente no Brasil, é essencial que a tecnologia seja operacional em equipamentos de baixo custo. Ultimamente, com os avanços do mercado de equipamentos, é possível ter uma configuração básica de equipamentos, isto é, microcomputadores pessoais com sistema operacional Windows ou Lynux e com dispositivos de interface mínimos, como mouse, teclado e monitor.

#### **3.3.1.4 Pesquisa e Aplicações**

Segundo Rheingold (1992), Stuart (1996) e Barfield et alli (1995b), algumas das áreas de pesquisa em realidade virtual são:

- ambientes virtuais distribuídos,
- novos equipamentos,
- algoritmos e técnicas de criação de imagem em tempo real,
- avatares,
- linguagens,

- interfaces e
- teleoperação.

As aplicações para essa tecnologia são muito abrangentes. Inicialmente, os sistemas de realidade virtual foram desenvolvidos, sobretudo, para as áreas militar e médica, conforme Rheingold (1992). Hoje, as aplicações dessa tecnologia são encontradas em diversos setores, tais como: entretenimento, pesquisa e desenvolvimento, psicologia, ergonomia, educação, indústria aeroespacial, treinamento, automobilística. As principais utilizações nessas áreas são: treinamento, educação, avaliação, tratamento, simulação e interação com novas teorias (LUZ, 2002). A título de ilustração, serão apresentadas algumas aplicações de RV na educação.

A realidade virtual é uma das tecnologias mais utilizadas na colaboração visual (*visual collaboration*)<sup>8</sup>. Um exemplo é o *Holodesk Communicator* (Figura 4) – um *browser* que permite a comunicação entre vários usuários sincronamente num mesmo ambiente 3D. É desenvolvido em realidade virtual não-imersiva, através da linguagem VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), que possibilita a construção de mundos virtuais. Estes mundos podem representar ambientes reais como um *campus* universitário, assim como um museu imaginário (TAROUCO et al., 2000a).

---

<sup>8</sup> As técnicas de comunicação e colaboração visual oferecem uma maneira para que pessoas ou grupos de indivíduos que estejam separados pela distância possam trabalhar juntos. Esta colaboração é construída através de diversas ferramentas, na qual estão incluídos: videoconferência, realidade virtual, vídeo streaming, compartilhamento e transferência de informações e imagens (colaboração em cima de dados) e muito mais.



**Figura 4.** Tela do *browser Holodesk*.

Neste ambiente, é possível a coexistência e a interação de vários usuários no mesmo mundo virtual, e a representação destes usuários é feita através de avatares, em tempo real.

O N.I.C.E.<sup>9</sup> (Narrative Immersive Constructionist/Collaborative Environments) é um ambiente de aprendizagem colaborativa para crianças. Ele representa uma ilha virtual onde as crianças podem se locomover em um jardim virtual e aprender sobre conceitos ambientais (Figura 5).

<sup>9</sup> <http://www.ice.eecs.uic.edu/~nice/>



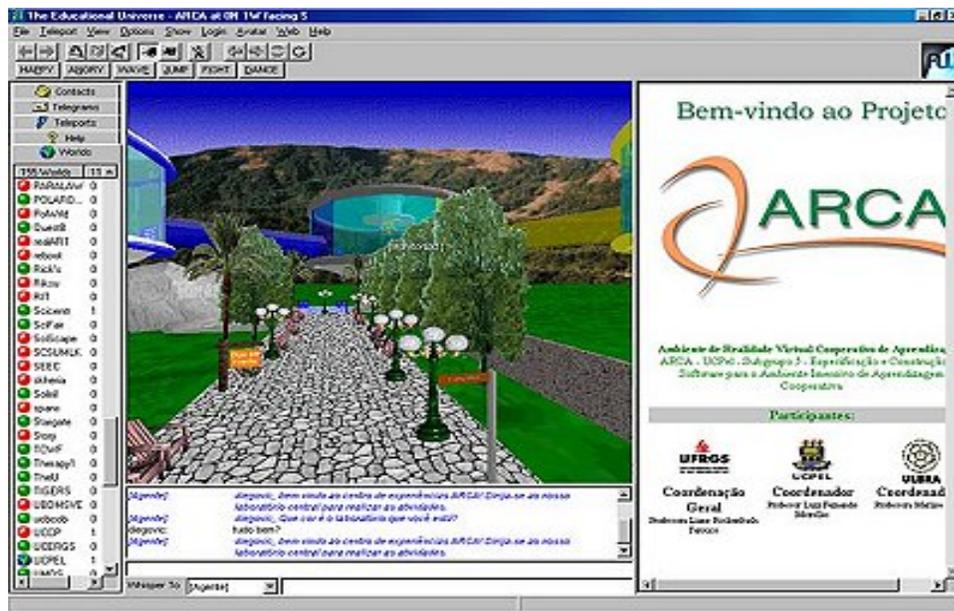
**Figura 5.** Ambiente N.I.C.E.

As crianças, representadas por avatares, colaborativamente plantam, deixam crescer e colhem vegetais e flores. Asseguram-se de que as plantas tenham a água suficiente, a luz solar e o espaço para crescer. Eles também mantêm vigia para evitar que animais com fome roubem e comam suas plantas. As crianças também podem modificar os parâmetros deste pequeno ecossistema para verificar os efeitos na saúde do jardim.

O Projeto ARCA<sup>10</sup> (Ambiente de Realidade virtual Cooperativo de Aprendizagem) buscou o desenvolvimento de um ambiente de ensino aprendizagem que, apoiado pela internet, possa atuar como instrumento no auxílio a uma prática pedagógica diferenciada (Figura 6).

---

<sup>10</sup> <http://penta.ufrgs.br/pgie/arca/arca.htm>



**Figura 6.** Ambiente ARCA.

Neste ambiente, estudantes e professores têm a oportunidade de experimentar a telepresença, via avatar, permitindo que atuem e cooperem, não através de si próprios, mas, cada um deles, através de um personagem, o avatar. Diversos aspectos foram analisados para a construção e operação desse ambiente com vistas à sua otimização, tanto no que tange a desempenho na rede como a sistemas computacionais envolvidos, interface com o usuário e condições para suporte à construção do conhecimento (TAROUCO, 2000b).

Nesses poucos exemplos de utilização de RV, já foi possível verificar a sua riqueza na área da comunicação, constituindo um importante fator de cooperação entre grupos dentro da mesma empresa, entre diversos estabelecimentos de ensino no mesmo país e até mesmo de diferentes países, permitindo, pela troca viva e dinâmica de informações e experiências, o enriquecimento pessoal de cada um dos participantes.

Ao contrário do mundo real, onde o tempo escorre, e o regresso ao passado é impossível, num mundo virtual a “fatalidade” do destino não existe, e a paralisação do tempo é possível; afastado o eventual, o que passou pode repetir-se, permitindo a apresentação da mesma situação para pessoas diferentes ou para a mesma pessoa em tempos diferentes.

Existem centenas de exemplos de utilização da realidade virtual em praticamente todas as áreas do conhecimento. A potencialidade da realidade virtual está exatamente no fato de permitir que exploremos alguns ambientes, processos ou objetos, não através de livros, fotos, filmes ou aulas, mas através da manipulação e análise virtual do próprio alvo do estudo. Este assunto será retomado no capítulo de laboratórios virtuais.

No laboratório virtual ASTERIX, a realidade virtual foi empregada para o desenvolvimento da sala do laboratório, dos objetos que representam os dispositivos de rede e do avatar, que representa a Profa. Elektra. Na sala, que é um ambiente sintético tridimensional, o aluno experimenta uma forma de interação inédita para ele até então. Mesmo sendo um ambiente 3D não-imersivo, ou seja, que não requer o uso de capacetes, luvas ou CAVEs, o aluno sente-se visivelmente imerso no laboratório e “caminha” pela sala, examina seus móveis e, principalmente, a bancada onde tem disponíveis os objetos de estudo como o *hub*, o *switch*, o servidor, o roteador e a *bridge*. A RV também favorece um melhor aprendizado destes dispositivos, pois torna possível sua manipulação e também múltiplas visões dos objetos, ilustrando de uma forma mais realista as características dos equipamentos.

A interação dos alunos com a sala e com os objetos torna-se rapidamente intuitiva e passa a ser feita naturalmente. É uma grande vantagem a possibilidade da visualização e manipulação dos dispositivos no laboratório virtual, pois, como já foi dito, não dispomos de um laboratório físico que permita, entre outras coisas, um contato com estes equipamentos que apresentam um custo elevado. Na rede física das universidades (e em empresas também), estes normalmente ficam isolados em salas reservadas, reduzindo ou praticamente eliminando qualquer contato físico ou visual.

### **3.3.2 Inteligência Artificial**

A Ciência da Computação vem sofrendo modificações nas duas últimas décadas. Da mesma forma, a Inteligência Artificial na Educação (AIED) vem seguindo a mesma linha. O emprego de IA com a finalidade de auxiliar processo da aprendizagem tem sido discutido desde 1960 de forma acadêmica, embora apenas recentemente tenha apresentado resultados mais plausíveis (FRAGA et alli, 2001). A aplicação de IA na educação se encontra no estágio em que já é possível vislumbrar inúmeras formas e metodologias de utilização (MCARTHUR et alli, 1993; FISCHER, 1991 e KATZ, 1995). Uma das áreas mais promissoras é o desenvolvimento de agentes (COSTA, 1999).

Segundo Fialho e Alvez (2001), o uso de agentes inteligentes no desenvolvimento de softwares tem aberto um novo leque de possibilidades e despertado a criatividade para o

desenvolvimento de ferramentas inteligentes que permitam uma maior interação entre usuário e computador, através de Interfaces mais inteligentes e amigáveis.

Para Fraga et al. (2001), a inserção de um agente pedagógico em um ambiente educacional, é desejável por três motivos: a) devido ao fato do agente ser responsável pelo *feedback* entre o ambiente e o aluno durante a interação; b) por tornar a comunicação mais eficaz, acompanhar o desempenho e exercer uma função que lhe é peculiar: guiar o usuário; e c) porque proporciona um diálogo mais interessante, divertido e estimulante, permitindo, assim, um ganho de qualidade sob o ponto pedagógico.

### **3.3.2.1 Agentes**

Existem muitas definições de *agente*, geralmente associadas a diferentes pontos de vista e muito dependentes da funcionalidade fornecida pelo mesmo.

Para Russel, agentes podem ser definidos como algo que pode perceber, através de sensores, o meio ambiente no qual está inserido, agindo sobre este meio utilizando atuadores (RUSSEL,1995).

Segundo Wooldridge e Jennings (1995), agentes são sistemas que apresentam um comportamento determinado por um processo de raciocínio com base na representação de suas atitudes, tais como crenças, comprometerimentos e desejos.

Para Maes (1994), agentes são componentes de software que atuam autonomamente de forma a atender os interesses do usuário.

### 3.3.2.2 Atributos dos agentes

Para autores como Knapik e Johnson (1998), Wooldridge e Jennings (1995), Nwana (1996) e Costa (1999), um sistema pode ser visto como um agente se ele possuir algumas das seguintes propriedades:

- **Autonomia:** o agente deve poder funcionar sem intervenção humana, baseando suas ações em seu conhecimento armazenado sobre o ambiente.
- **Mobilidade:** o agente deve apresentar a capacidade de poder se mover através de uma rede de computadores. Esta propriedade é particularmente importante para agentes que auxiliam seus usuários na busca de informações dentro da internet.
- **Habilidade Social:** o agente interage com outros agentes através de uma linguagem comum.
- **Reatividade:** o agente deve ser capaz de perceber mudanças em seu ambiente e atuar de acordo com estas mudanças.
- **Pró-Atividade:** o agente não deve apenas atuar por percepção, mas deve procurar alcançar uma meta, apresentando iniciativa.
- **Aprendizagem:** é a capacidade de aprender. O agente possui a habilidade de avaliar as variações de seu ambiente externo e escolher qual é a ação mais correta.

- **Comunicabilidade:** implica a troca de informações não apenas entre agentes, mas entre humanos e seu ambiente.
- **Cooperação:** é a capacidade dos agentes em trabalharem conjuntamente de forma a concluírem tarefas de interesse comum. É fundamental para um ambiente multiagente.

### 3.3.2.3 Bots e chatterbots

O texto do matemático Alan Turing, *Computing, Machinery and Intelligence*, publicado originalmente em 1950, e um dos textos mais citados em trabalhos sobre inteligência artificial, propunha, a partir da ainda atual pergunta “podem as máquinas pensar?”, um teste que chamou de Jogo da Imitação, mas que veio a ser conhecido como o Teste de Turing. Nesse jogo, um interrogador, comunicando-se via terminal com um software e uma outra pessoa, deveria descobrir quem é quem. Alan Turing morreu em 1954, uma década antes de programas que simulam o diálogo humano, como Eliza, começarem a proliferar. Porém, só em 1991, o Teste de Turing passou a ter uma aplicação formal: o Concurso de Loebner, que veio a premiar anualmente o melhor *chatterbot*. O prêmio máximo (para o primeiro programa cuja “inteligência” não possa ser diferenciada da humana), contudo, ainda não foi conquistado (PRIMO et al., 2000).

A origem da palavra “robô” está na peça “R.U.R.”, de Karel Capek, escrita em 1921. A sigla era uma abreviatura para “Rossum’s Universal Robots”, onde *robot* quer dizer em tcheco “trabalho”. *Bot* é uma simplificação da palavra *robot*. Trata-se de um **agente** que opera para um usuário ou outro programa, simulando uma atividade humana.

Existem várias categorias de *bots*. A Tabela 2 apresenta sucintamente uma visão geral.

Categorias	Descrição
<b>academic bots</b>	relacionados a assuntos acadêmicos, como sites de professores ou laboratórios acadêmicos;
<b>bot design</b>	possuem ferramentas e habilidades para a produção de outros <i>bots</i> e agentes inteligentes;
<b>commerce bots</b>	desempenham atividades de comércio na internet;
<b>fun bots</b>	permitem a usuários divertirem-se, através de jogos, ambientes virtuais, previsões e personagens de realidade virtual;
<b>Government bots</b>	buscam informações em sites governamentais;
<b>knowledge bots</b>	congrega agentes inteligentes, agentes de informação, agentes de laboratório, cyberagents, agentes da web, e muitas ferramentas inteligentes de busca;
<b>news bots</b>	criam jornais personalizados e <i>clips</i> de artigos de jornais do mundo inteiro;
<b>Shopping bots</b>	fazem compras e comparações de preços para internautas;
<b>search bots</b>	<i>bots</i> e agentes inteligentes de busca na WWW e internet;
<b>stock bots</b>	monitoram o mercado de ações e mandam mensagens sobre os últimos preços, tendências, e <i>press releases</i> ;
<b>update bots</b>	agentes inteligentes e <i>bots</i> que informam sobre novidades e materiais atualizados na internet. Avisam ao usuário quando um site especificado foi atualizado ou modificado;
<b>chatterbots</b>	<i>bots</i> que “falam”; são programas que simulam uma conversa com um ser humano. A grafia pode mudar, sendo possível encontrar menções a <i>chatterbot</i> (a qual será preferida neste trabalho, sendo uma das mais usadas) e <i>chatter-bot</i> .

**Tabela 2.** Categorias de *bots*.

De todos estes *bots*, o tipo que está sendo utilizado no laboratório virtual de redes são os *chatterbots*.<sup>11</sup>

Para Simon Laven, “*um chatterbot é um programa com o objetivo de simular conversação, com o intuito de, pelo menos temporariamente, enganar um ser humano pensando que está falando com outra pessoa*” (LAVEN<sup>12</sup>).

<sup>11</sup> *Software agents vs. Chatterbots*: nem todo agente é um agente de conversação. *Software agent* é um sinônimo para *software robot* ou simplesmente ‘*bot*’, existem agentes que buscam por ofertas, sugerem produtos, etc., mas **não** entendem linguagem natural. Um *chatterbot* é então um tipo específico de *bot* capaz de entender linguagem natural.

Existem outras denominações para programas dessa categoria, como *conversation simulators* e *Verbot (Verbal Software Robot)*. Neste trabalho é utilizada a denominação *chatterbot*.

A potencialidade dos *chatterbots* já é reconhecida, e uma prova disso é a elevada quantidade de implementações já realizadas. A Tabela 3 apresenta alguns dos mais utilizados ou citados.

Tipos	Exemplos
Classic <i>Chatterbots</i>	Elisa, Shampage, Fred, Claude
Complex <i>Chatterbots</i>	Alice, ALIMbot, Barry, Bob, Brian, Catty, Eugene, Hex
Friendly <i>Chatterbots</i>	Amdi, BBSChat, Elbot, George
Teachable <i>Chatterbots</i>	Dobot, Hell, Megahal, Niall
AIML <i>Chatterbots</i>	Alex, Ally, Alison, Elvis, Ruby

**Tabela 3.** Alguns *chatterbots* implementados.

Ao comentar a utilização de *chatterbots* na educação, Alex Primo destaca algumas vantagens e desvantagens (PRIMO, 2000).

Uma das vantagens é a interação entre aluno e robô, ou seja, em vez de o aluno fazer um *scroll* em uma longa página de FAQs (*frequently Asked Questions*), ele pode interagir com o robô buscando especificamente a informação desejada. O robô pode funcionar 24 horas por dia, sempre disposto a responder às mais diversas questões. Se por outro lado, o robô não tiver a resposta, pode solicitar ao aluno que envie uma mensagem, através do link disponibilizado, para que o professor ou a equipe responda assincronamente a dúvida.

---

<sup>12</sup> <http://www.simonlaven.com>

Como robôs de conversação oferecem um forte apelo motivacional, os alunos demonstram grande interesse em interagir com eles. Além disso, o fator “novidade” também chama a atenção do público, atraindo-o a utilizar o sistema. Outro fator que pode ser mencionado é que a “conversa” com o *chatbot* pode ser um incentivo ao trabalho do aluno, pois solicita dele uma participação mais ativa do que a mera leitura de um longo texto. A integração do robô, num ambiente virtual de aprendizagem interativo e dinâmico, ainda pode ser enriquecida com animações, filmes, sons e *chats* com outras pessoas.

Este recurso, como tantos outros, também tem suas limitações. As possibilidades de diálogo já estão predeterminadas. Na medida em que o professor define quais são as palavras-chaves e combinações que terão respostas adequadas a elas, ele faz um fechamento do que será discutido. Aquilo que não for previsto não terá uma resposta relacionada e provavelmente disparará uma resposta padrão evasiva. Uma técnica que se usa em casos de *inputs* não previstos é oferecer ao usuário um convite a discutir outro assunto. Isso pode ser conveniente para simular um entendimento do robô. Porém, desvia o aluno daquele tópico que lhe despertava interesse ou dúvida. Nesse sentido, *chatbots* frustram muitas vezes seus usuários, pois é, por definição, impossível prever todo e qualquer *input* nem tampouco determinar todas as dúvidas possíveis dos alunos. Afora isso, existem muitas formas diferentes de se fazer uma mesma pergunta, o que torna impossível a idéia de um robô que possa responder a qualquer pergunta (PRIMO, 2000).

Para auxiliar os alunos no aprendizado de conceitos de redes, será integrado no laboratório virtual ASTERIX um *chatbot* temático – a Profa. Elektra.<sup>13</sup>, que foi desenvolvida na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com base em estudos sobre Inteligência Artificial na educação e no já existente *chatbot* ALICE.

O A.L.I.C.E (*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*) é um *chatbot* criado na Lehigh University por Richard S. Wallace, ativado em 1995, sendo um dos robôs mais populares da atualidade (ALICE, 1995).

Sua inovação está na forma como é apresentado: além de muita documentação, apresenta uma saudação sonora ao visitante, tem um grande poder de comunicação, além de uma interface gráfica que estimula o diálogo (ALICE, 1995). Atualmente existe uma Fundação que promove a disseminação do software gratuito ALICE e da AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*) usada na construção do ALICE bot. O *chatbot* original, ALICE, tem uma base de conhecimento constituída por centenas de fatos, citações e idéias de seu criador, apresenta um vocabulário de mais de 5 mil palavras, é programado para dar muitas informações a seu respeito e pode sugerir até que o usuário a veja cantar. Muitos outros *chatbots* foram construídos usando o software do *chatbot* ALICE. Para isso, basta construir uma nova base de conhecimento expressa em AIML.

O AIML foi desenvolvido pela comunidade Alicebot durante o período de 1995-2000 com uma gramática proprietária, também chamada AIML, que formava a base para o

---

<sup>13</sup> penta3.ufrgs.br:2002

primeiro Alicebot. Após diversas atualizações, visando à padronização da gramática, foi adotado o XML (*Extensible Markup Language*).

O AIML é uma linguagem de fácil aprendizagem e utilização. Ele apresenta um conjunto de *tags* e comandos simples para implementação da base de conhecimento de um *chatbot* e serve para analisar as mensagens enviadas pelo usuário e decidir a forma como estas mensagens devem ser respondidas. O AIML tem por base padrões de entrada do usuário, conhecidos como categorias. Uma frase escrita por um usuário é comparada aos padrões descritos na linguagem e, a partir desse processo, são selecionadas ou construídas as respostas.

As principais *tags* do AIML são:

`<aiml>` inicia e termina um bloco programado em AIML  
`<category>` identifica uma “unidade de conhecimento” na base de conhecimento  
`<pattern>` identifica um padrão de mensagem simples freqüentemente utilizado por usuários  
`<template>` contém a resposta para uma mensagem do usuário

Uma categoria em AIML é definida da seguinte forma:

```
<category>
<pattern> entrada </pattern>
<template> resposta </template>
</category>
```

Por exemplo:

```
<category>
<pattern> OI * </pattern>
<template> OI, TUDO BOM? </template>
</category>
```

Neste exemplo, o padrão de entrada “Oi”, seguido de qualquer informação, terá como resposta ou possível resposta a sentença “Oi, Tudo bom?”. O caractere \* representa um conjunto de caracteres (LEONHARDT et al., 2003).

Com a utilização de AIML, pode-se definir mais de uma resposta para um único padrão e ainda se pode especificar critérios de escolha de cada uma das respostas.

Existem, ainda, mais de 20 outras *tags*, que compõem a linguagem AIML, responsáveis por fornecer a necessária desenvoltura para o *Chatterbot* propor uma solução à mensagem enviada.

Uma grande vantagem de ter a Profa. Elektra integrada no Asterix é que:

[...] o processo de construir a base de conhecimento do *chatterbot* pode ser realizado pelo próprio aluno, pois existem ferramentas de autoria que facilitam a criação das definições a serem usadas no processamento da conversação, permitindo que o aluno tenha participação ativa no processo (LEONHARDT et al., 2003).

Dessa forma, o aluno terá uma participação ativa no processo, facilitando ainda mais a aprendizagem significativa, pois, de acordo com Jonassen, a tecnologia utilizada (no caso laboratório virtual/*chatterbot*) não deve ter fim em si, mas auxiliar na ocorrência dos cinco atributos da aprendizagem significativa. Ao construir as regras, os alunos estarão manipulando e alterando os parâmetros do ambiente (aprendizagem ativa), articulando seus conceitos sobre redes (aprendizagem construtiva), resolvendo problemas (autêntica) e colaborando/discutindo com outros colegas os significados que estão construindo (aprendizagem cooperativa).

#### 4 LABORATÓRIO VIRTUAL ASTERIX

Este trabalho aborda a utilização de artefatos computacionais para recriar uma das ferramentas de ensino: o laboratório.

Ao discutir o uso de materiais de ensino visando a uma aprendizagem significativa, Ausubel (1980) escreve que o uso de um laboratório como meio de ensino implica mais do que contato direto e observação de objetos e eventos. Envolve, também, a experiência de descoberta e a relação com aspectos do processo científico, tais como formação e testagem de hipóteses, projeto e realização de experimentos, controle e manipulação de variáveis e possibilidades de fazer inferências a partir de dados. Destaca que a experiência do laboratório é útil e necessária para a compreensão da ciência e enfatiza que este laboratório deve ser cuidadosamente integrado com o conteúdo abordado na disciplina, ou seja, ele deve lidar com metodologia ligada ao assunto do curso e não com experiências escolhidas somente por serem adequadas para ilustrar várias estratégias de descoberta. É claro que, neste comentário, o autor se referia a laboratórios físicos, mas acreditamos que podemos transportá-los para laboratórios virtuais e, nesse sentido, os experimentos e/ou simulações, desenvolvidos ou selecionados, que foram disponibilizados no ASTERIX, se integram completamente aos assuntos abordados na disciplina.

Segundo Luz (2002), as modalidades de aprendizado predominantes em laboratórios de ensino são:

- aprendizado colaborativo,

- resolução de problemas, e
- simulação e descoberta.

Um laboratório dessa natureza envolve um alto investimento na infra-estrutura e em insumos. Além dos equipamentos, há necessidade de recursos humanos, professores e auxiliares de laboratório. A maioria dos laboratórios de física, química e biologia possui medidas de segurança e um alto custo de manutenção (PANTELIDIS, 1997; LUZ, 1997; DEDE et al., 1999).

Além do elevado custo de construção e manutenção de um laboratório de ensino, sua utilização por alunos é limitada devido aos seguintes fatores:

- periculosidade: sem o auxílio de um responsável, tutor ou professor, o aluno corre diversos riscos, tais como cortes, queimaduras e intoxicações;
- restrições temporais: a utilização desse tipo de laboratório fica restrita, na maioria dos casos, ao horário de aula. Além dessa restrição, normalmente um experimento não pode ser repetido devido a limitações temporais;
- repetição de experimentos: raramente em um laboratório convencional é possível a repetição de um experimento devido a diversos fatores, mas principalmente pelo custo de reposição dos insumos; e
- restrições físicas e logísticas: um laboratório não pode atender um número de pessoas além da sua capacidade, que depende de espaço e recursos humanos associados.

Em vista dessas dificuldades e com o avanço dos recursos informatizados, surgiu um grande leque de aplicações para os laboratórios virtuais.

#### **4.1 Laboratórios Virtuais na Educação**

Laboratórios virtuais estão sendo desenvolvidos e utilizados nas mais diversas áreas com várias finalidades. Existem inúmeros exemplos de implementações de laboratórios em áreas como física, química, eletrônica, engenharia, médica, robótica, etc. Embora os laboratórios virtuais possam ter muitas limitações, são consideráveis as vantagens apresentadas, como por exemplo:

- custos relativamente baixos,
- as experiências podem ser facilmente repetidas, e não há nenhuma inconveniência em experiências de falha, porque o ambiente virtual é controlado, e não há nenhum risco para sistemas naturais,
- os alunos não ficam presos a horários de funcionamento do laboratório,
- é possível a “reversão do tempo”, repetir inúmeras vezes os experimentos, alterando variáveis e refletindo sobre resultados esperados vs. resultados obtidos.

Segundo autores como Fällman et alli (2000), Taxén e Naeve (2001), há várias razões para os laboratórios virtuais serem considerados adequados para tratar dos aspectos importantes na construção do conhecimento, inclusive no nível universitário. Eles apontam três tipos de experiências que os laboratórios virtuais permitem realizar e que não são possíveis no

mundo real, tornando-os muito úteis e importantes para a aprendizagem. Primeiro, num ambiente virtual é possível trocas nos tamanhos relativos do usuário e dos objetos dentro do laboratório, citando, como exemplo, a interação do usuário dentro de átomos e elétrons ou também quando adquire senso de distância no universo, visualizando planetas e luas. Segundo, num ambiente imersivo é possível, através de dispositivos multissensoriais, presenciar informações que não estão disponíveis para os canais sensoriais humanos de uma maneira clara e direta. Cita, como exemplo, que variações na intensidade do som podem ser usadas para indicar o nível corrente de radiação, e diferentes lugares podem apresentar diferentes cores indicando a temperatura corrente daquela área. E, terceiro, laboratórios virtuais permitem a criação e visualização de representações de objetos e eventos que não têm forma física no mundo real, combinando aspectos da primeira e segunda categoria.

Os laboratórios têm um imenso potencial para facilitar a aprendizagem porque permitem visualizar conceitos abstratos (por exemplo, visualização de redes virtuais – VLANs) e interagir com eventos que, de outra forma, não seriam possíveis (FÄLLMAN et alli, 2000).

## **4.2 Laboratórios Virtuais de Redes**

Ao contrário de laboratórios virtuais de física, química e engenharia que apresentam inúmeras iniciativas concluídas aqui no Brasil e no exterior, quando a área é Redes de Computadores, as referências se reduzem drasticamente e, mais raro ainda, se tornam as implementações concluídas. E, quando as encontramos, se referem a *experimentos virtuais*

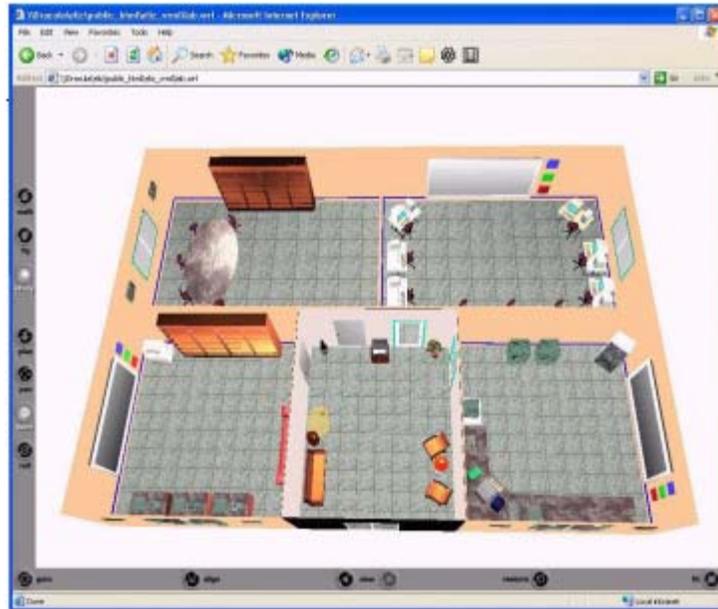
porque podem ser realizados através da rede, mas as operações/simulações são efetivamente desenvolvidas no laboratório físico à disposição destes experimentos. Como exemplo, o Laboratório Virtual de Redes de Alta Velocidade da UnB (Universidade de Brasília) que “funciona com quatro roteadores (ou *routers*) interligados. O acesso é possível de qualquer computador na intranet ou via internet. De casa, por exemplo, um aluno pode acessar o laboratório para configurar experimentos, observar resultados e analisar dados de seu trabalho final. Em outro exemplo, um professor dá início a uma videoconferência via rede para ilustrar as características específicas desse tráfego.”<sup>14</sup>

O laboratório VIRTUALNET<sup>15</sup> é um laboratório virtual desenvolvido em linguagem VRML integrada com recursos multimídia e com uma ferramenta de comunicação para *bate-papo* em 3D. É composto por um conjunto de cinco salas onde os alunos podem interagir com as simulações. A Figura 7 apresenta uma visão superior do laboratório.

---

<sup>14</sup> [www.unb.br/acs/acsweb/noticiasdaunb/redes.htm](http://www.unb.br/acs/acsweb/noticiasdaunb/redes.htm)

<sup>15</sup> VIRTUALNET Laboratório Virtual de Redes de Computadores.  
Autor: Elizângela Bastos Hassan  
Orientadora: Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco  
Dissertação de Mestrado CCC/UFRGS – 2003



**Figura 7.** Vista Superior do VIRTUALNET.

Outro exemplo é o vrmlNET<sup>16</sup>, que não chega a ser exatamente um laboratório, mas é muito interessante. Ele produz uma visualização em realidade virtual de todos os roteadores da rede e suas respectivas tabelas (*hop tables*). Ele aceita o nome da máquina, ou endereço IP ou qualquer máquina IP que roda um agente SNMP suportando MIB II. O vrmlNET constrói um mundo, contendo um objeto para cada roteador e um objeto para cada sub-rede dentro da tabela de roteamento. Os objetos sub-rede contêm links HTML para seu respectivo *next hop router*. O vrmlNET usa recursos para caminhar através da tabela de roteamento, criar mundos VRML para cada roteador encontrado. Como esse aplicativo está disponível na rede, será integrado no ASTERIX, visto que roteador, roteamento e tabelas de roteamento são amplamente abordados na disciplina de redes, e, sendo assim, seguimos mais uma vez a observação de Ausubel de que o laboratório sempre deve ser integrado com conteúdo da disciplina.

<sup>16</sup> <http://www.citlink.net/~kparrish/vrmlNet/>

Um outro exemplo de laboratório virtual de redes é o projeto VITELS<sup>17</sup> (*Virtual Internet and Telecommunications Laboratory of Switzerland*). Nesse laboratório, os alunos podem realizar diversas experiências de configuração e testes via internet, mas as ações são disparadas num laboratório físico de redes, contendo dispositivos de rede e uma equipe encarregada de acompanhar e corrigir eventuais problemas nesses equipamentos (STEINEMANN, 2003).

### 4.3 Implementação do ASTERIX

Como já foi citado no início deste trabalho, a autora tem observado que, no desenrolar das disciplinas de Redes no CCC/UFSM, os acadêmicos têm apresentado uma dificuldade na compreensão e retenção de alguns conceitos básicos, e esta deficiência se torna mais evidente quando é exigido destes mesmos alunos o retorno do conhecimento assimilado<sup>18</sup>, não sob a forma de reprodução literal destes conceitos, mas de aplicação destes em outro contexto, como, por exemplo, no desenvolvimento de um projeto de rede. A deficiência nas definições elementares dificulta a formação de âncoras (conceitos subsunçores) e, conseqüentemente, a aquisição/compreensão de novas informações mais complexas na área.

---

<sup>17</sup> <http://www.vitels.ch>

<sup>18</sup> Princípio da assimilação: Ausubel desenvolveu este princípio para tornar mais claro e preciso o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva. Segundo ele, o resultado da interação que ocorre na aprendizagem significativa entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente é uma *assimilação* de antigos e novos significados, a qual contribui para a diferenciação desta estrutura.

O projeto do laboratório virtual ASTERIX busca o desenvolvimento de um ambiente virtual que atue como uma *ferramenta cognitiva* para auxiliar no processo de aprendizagem significativa na área conceitual de redes, suprindo, em parte, a inexistência de um laboratório físico para desenvolvimento da prática da disciplina. Conforme apresentado no Capítulo 2 deste trabalho, o desenvolvimento de aulas práticas em disciplinas de Redes de Computadores (que envolvem experimentos em laboratório) é recomendada pelas diretrizes curriculares do MEC, e defendida por Monteiro et alli (2000), Cantu (2001, 2002) e Stanton (2002). Outro aspecto a relembrar é que a falta de laboratórios foi apontada como um dos principais fatores que dificultam a aprendizagem de redes, na pesquisa realizada por Rauen (2003).

#### Segundo Jonassen (1996), as ferramentas cognitivas

[...] São ferramentas de computador que têm a pretensão de envolver e facilitar o processo cognitivo – daí o termo “ferramentas cognitivas”. As ferramentas cognitivas são aparelhos mentais e computacionais que apóiam, orientam e estendem os processos de pensamento dos seus usuários. Elas são construtoras do conhecimento e ferramentas de facilitação que podem ser aplicadas a uma variedade de matérias. Os estudantes não podem usar estas ferramentas sem pensar profundamente sobre o conteúdo que estejam estudando e, se eles escolherem usar estas ferramentas para auxiliá-los a aprender, elas facilitarão a aprendizagem e os processos de criação do significado. (JONASSEN, 1996, p. 83)

O objetivo desta seção é fazer uma descrição do ambiente proposto e, ao mesmo tempo, justificar opções adotadas.

### 4.3.1 Características do laboratório virtual

O laboratório virtual ASTERIX está sendo utilizado com o objetivo de induzir e apoiar o pensamento ativo, construtivo, intencional, autêntico e cooperativo dos alunos, pois, segundo Jonassen (1996), quando os alunos se envolvem nestes significados, construindo processos, a aprendizagem significativa surgirá naturalmente.

Neste trabalho, a realidade virtual está sendo utilizada para desenvolver o ambiente do laboratório virtual de redes. O aluno “entrará” numa sala/laboratório onde haverá uma bancada com dispositivos utilizados para extensão e segmentação de redes, como *hub*, *brigde*, *switch* e roteador (Figura 8).



**Figura 8.** Sala Virtual contendo dispositivos de rede.

Este ambiente foi desenvolvido utilizando o software VRCreator, e os ajustes necessários foram implementados com VRML 2.0. Esse protótipo em desenvolvimento se enquadra em realidade virtual não-imersiva, ou seja, não exige a utilização de capacete nem de salas de projeção nas paredes (CAVEs).

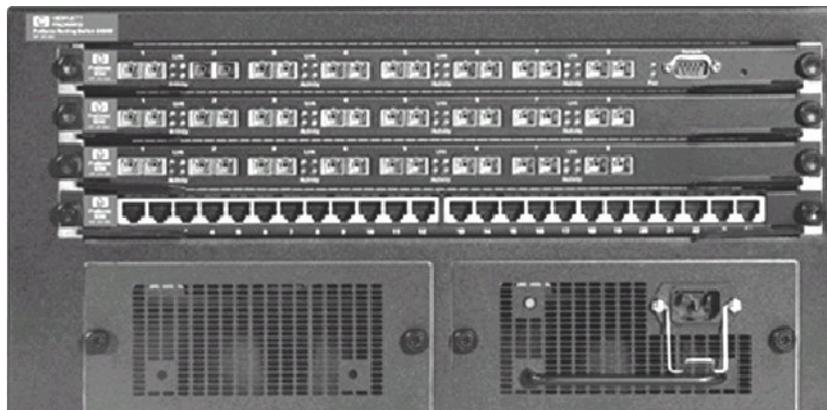
O aluno pode explorar a sala virtual, manipular seus objetos e interagir com a Profa. Elektra, sem preocupar-se com restrições existentes num laboratório físico, como, por exemplo, falta de espaço para todos os alunos, horário de funcionamento fixo e quebra de equipamentos. Também tem a liberdade de repetir inúmeras vezes seus experimentos, analisando os diferentes resultados obtidos.

Ao ingressar no laboratório, o aluno visualiza uma estante com livros que, ao ser manipulada, abre uma janela que apresenta tópicos da matéria de redes. É uma estante de livros com “conteúdo livre”, ou seja, os alunos podem incluir o seu próprio livro (incluindo mais um objeto em 3D, disponível na biblioteca de objetos) com o material que acha interessante. Esta estante tem a finalidade de ser preenchida pelos alunos, oportunizando a sua participação na seleção do material disponibilizado. Geralmente eles “associam” a seus livros materiais do seu interesse de estudo, que estão utilizando em seus projetos de pesquisa, trabalhos de graduação ou estágios.

Sobre a bancada, estão disponíveis os equipamentos de rede e um “globo terrestre”. Este globo facilita o acesso dos alunos, através de links, a outros laboratórios de redes

e animações disponíveis na internet e também ao módulo SR do laboratório (Simulador de Redes). O acesso direto ao material disponível na internet, como sites dos fabricantes de equipamentos, é facilitado para permitir o conhecimento das tecnologias emergentes, que ainda não constam da bibliografia, e dos novos modelos de dispositivos de redes. Como já foi citado, os livros de referência da área de redes se tornam desatualizados rapidamente em função dos avanços tecnológicos.

Ao manipular os equipamentos sobre a bancada, o aluno poderá, por exemplo, visualizar com detalhes os dispositivos de rede construídos com realidade virtual, como o *switch* apresentado na Figura 9. Todos os equipamentos que fazem parte da bancada podem ser visualizados em 3D. Essa forma de visualização permite uma análise mais detalhada, pois é possível afastar, aproximar e girar do equipamento, possibilitando uma melhor compreensão do objeto em estudo, além do grau de realidade apresentado. De acordo com Jonassen, essa manipulação e observação de objetos pelos alunos auxilia na construção das suas próprias interpretações resultantes dessa manipulação, favorecendo uma aprendizagem Ativa.



**Figura 9.** Visualização em 3D do dispositivo *switch*.

Os objetos em 3D foram modelados a partir de fotos de equipamentos reais e de fabricantes conhecidos, o que instiga o aluno a comparar as funcionalidades dos modelos oferecidos no mercado (trabalho este freqüentemente realizado na vida profissional, quando se trata de aquisição de equipamentos), contribuindo para uma aprendizagem autêntica.

#### **4.3.2 Conceitos apresentados**

Os conceitos que são apresentados e/ou simulados no laboratório virtual foram selecionados de acordo com a grade curricular e também em função do questionário aplicado aos alunos no início do semestre. Este questionário não teve como objetivo avaliar os alunos, mas, sim, determinar o conhecimento prévio que eles tinham sobre redes, visando a direcionar a elaboração do conteúdo que faria parte do laboratório.

Para Ausubel,

Os conceitos constituem um aspecto importante da teoria da assimilação, uma vez que a compreensão e a solução criativa de problemas dependem amplamente da disponibilidade na estrutura cognitiva do aluno, ou de conceitos superordenados (na aquisição de conceito subordinativo), ou de conceitos subordinativos (na aquisição de conceito superordenado). Fica também evidente que: (1) os seres humanos interpretam a experiência perceptual em termos de conceitos próprios de suas estruturas cognitivas e (2) que os conceitos constituem a “matéria-prima” tanto para a aprendizagem receptiva significativa como para a generalização das proposições significativas para solução de problemas.(AUSUBEL, 1980, p.72)

Pode-se dizer que a utilização do Laboratório Virtual ASTERIX, visando ao favorecimento da AS dos conceitos de redes, “se dá em forma de espiral”, visto que é necessário conhecer conceitos para resolver problemas, e são as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos mais significativos. Quanto mais significativos forem os conceitos, mais

condições para resolver problemas complexos. Para Ausubel, a solução de problemas novos, não-familiares, que requerem o máximo de transformação do conhecimento adquirido, é a principal evidência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980).

A Tabela 4 apresenta resumidamente alguns dos conceitos apresentados no laboratório e relaciona-os com os conceitos subsunçores necessários para que a aprendizagem ocorra de forma substantiva e não-arbitrária na estrutura cognitiva do aluno.

Conceitos apresentados	Subsunçor(es) necessário(s)
Redes de Computadores	Grupo de trabalho (workgroup), compartilhamento de recursos, internet, meios de transmissão, padronização IEEE, protocolos
<i>Backbone</i>	Redes de Computadores, meios de transmissão, dispositivos de rede, cabeamento estruturado
Dispositivos de rede: <i>hub, bridge, switche</i> , roteador	Domínios de colisão, tráfego da rede, protocolos, meios de transmissão
Arquiteturas de Rede: TCP/IP e OSI	Redes de Computadores,
Topologias de rede	Meios de transmissão, métodos de acesso ao meio de transmissão
Sub-rede ( <i>subnet</i> )	<i>workgroup, backbone</i>
Domínios de Colisão	Colisão de pacotes, tráfego da rede, dispositivos de rede, meios de transmissão, sub-rede
VLAN	Dispositivos de rede, Redes de Computadores, domínios de colisão

**Tabela 4.** Alguns Conceitos Apresentados no ASTERIX.

Aqui é importante salientar que, antes da utilização do laboratório, foi realizada uma aula expositiva apresentando alguns organizadores prévios, definidos no Capítulo 3 deste trabalho. De acordo com Ausubel, estes organizadores têm a função de servir de “pontes cognitivas” entre o que o aluno já sabe e o que precisa aprender, facilitando a aprendizagem significativa.

A estratégia adotada para trabalhar os conceitos apresentados envolve:

- ❑ Manipulação dos objetos 3D (observação das características, comparação dos modelos apresentados, reflexão a respeito das observações e discussão com os colegas);
- ❑ Através do “globo terrestre”, visitar *sites* de fabricantes de equipamentos, se interar a respeito das novas tecnologias;
- ❑ Verificar o material depositado pelos colegas na estante. Preparar seu assunto de interesse e disponibilizar na estante;
- ❑ Interagir com as animações disponíveis, locais ou remotas (acessadas via Globo), alterando seus parâmetros (como, por exemplo, no crescimento da rede, testar hipóteses de inclusão de equipamentos e analisar os diferentes resultados);
- ❑ Interagir com a Profa. Elektra;
- ❑ Elaborar mapa conceitual dos conceitos aprendidos; primeiramente individual, após em grupo;
- ❑ Após receber os enunciados dos problemas/exercícios, testar hipóteses de situações de rede no módulo SR (Simulador de Rede), elaborar mais de uma solução, discutir em grupo; e
- ❑ Propor/apresentar um projeto de rede que melhor atenda às exigências técnicas solicitadas no enunciado, de acordo com os recursos financeiros disponíveis.

#### **4.3.3 Módulo Simulador de Redes (SR)**

O Simulador de Rede foi desenvolvido pelo Prof. André Cordenonse, da Unifra (Universidade Franciscana) e está na sua versão 1.9. Este aplicativo tem sua interface original

desenvolvida para ambientes windows, e espera-se a nova versão que habilitará sua utilização via rede. Em função dessa limitação, o SR é “disparado” no laboratório ASTERIX através de uma opção/link do “globo” e executado em uma janela separada.

Este módulo favorece diretamente a aprendizagem autêntica/construtiva, pois os alunos se deparam com situações muito semelhantes, senão idênticas, às vivenciadas no cotidiano profissional. Aqui é possível simular desde a criação de uma rede até sua manutenção e administração. A Figura 10 a seguir apresenta a interface do SR com algumas funcionalidades.

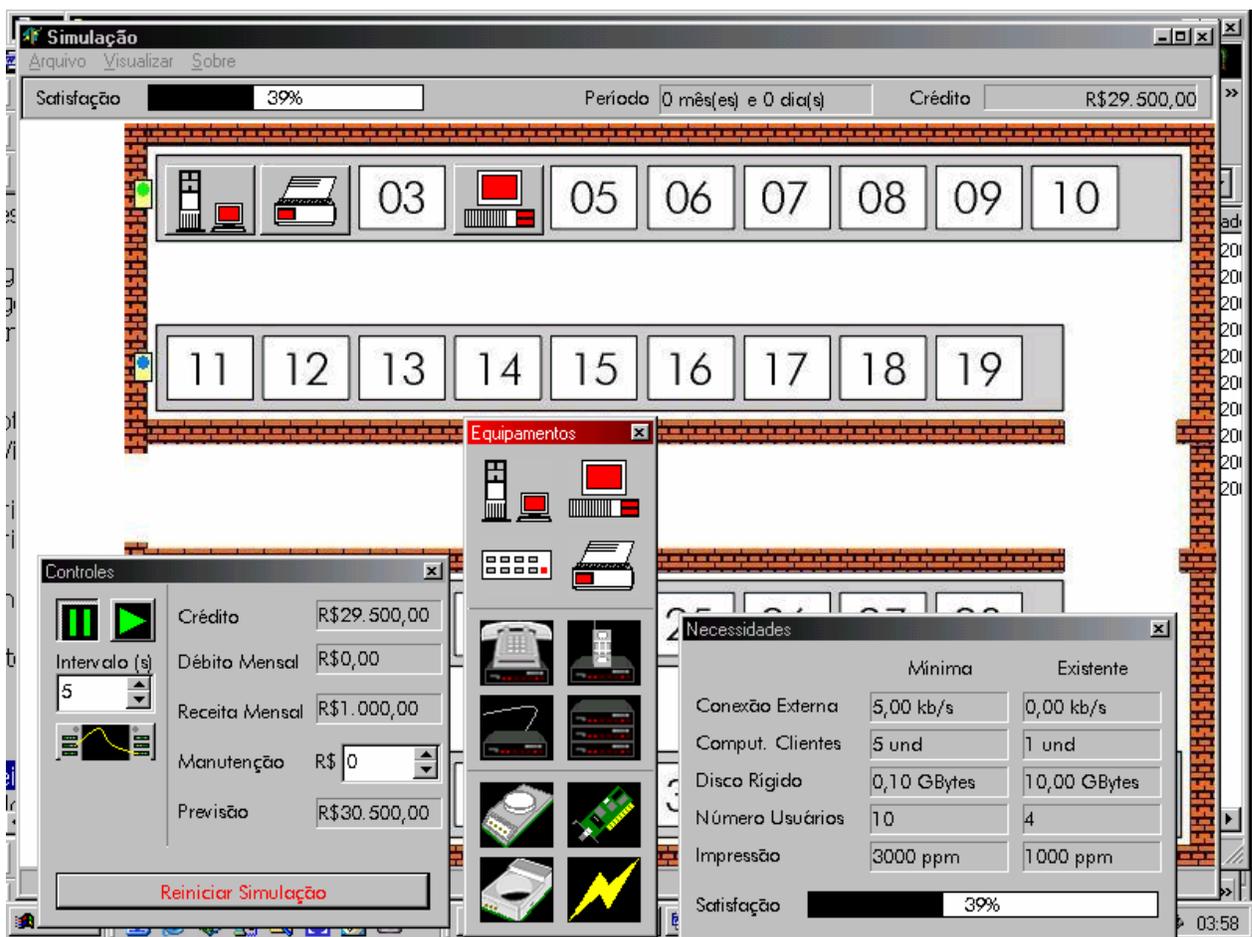


Figura 10. Interface do SR.

De posse de um enunciado, como, por exemplo, elaborar um projeto de redes para o diretório acadêmico (é uma solicitação antiga dos alunos) que: tenha quatro micros, uma impressora, um *hub*, opere a uma velocidade de 10 Mbps, se conecte a rede da universidade via *switch* do laboratório do CCC/UFSM e fique limitado ao orçamento destinado pelo Centro de Tecnologia, que é de R\$ 20.000,00. Para elaborar esse projeto simples, os alunos precisam articular seus conceitos assimilados sobre redes, dispositivos de redes, meios de transmissão, hardware e software, sub-rede, tráfego de pacotes, domínio de colisão, entre outros. No SR, o aluno simula a rede, entrando com os parâmetros necessários como número de equipamentos, de usuários, tipo dos dispositivos, velocidade desejada e custos envolvidos. É possível fazer e refazer as simulações, refletindo sobre os resultados alcançados para construir seus significados pessoais a respeito das experiências, que serão após compartilhadas com o grupo.

#### **4.3.4 Interação com a Profa. Elektra**

Para auxiliar no processo de aprendizagem dos conceitos de redes, foi integrado no Laboratório virtual ASTERIX, um *chatbot* temático – a Profa. Elektra –, conforme já citado no Capítulo 3.

A Profa. Elektra realiza a interação com os alunos simulando um ser humano, que está sempre à disposição do aluno, respondendo a perguntas e questionamentos ou provendo explicações a respeito das animações que exemplificam o funcionamento dos dispositivos de Redes de Computadores. Sempre que aluno sentir falta de um conceito subsunçor, pode recorrer à Elektra, obtendo um retorno imediato, não dependendo mais da disponibilidade do professor.

Acrescente-se a isso o fato de ser *incansável*, pois o aluno pode repetir várias vezes a mesma pergunta, e a Elektra responderá, inclusive apresentando respostas diferentes, facilitando, assim, um estabelecimento maior de relações entre os conceitos. A interação com a Profa. Elektra é apresentada na Figura 11.



**Figura 11.** Interação com a Profa. Elektra.

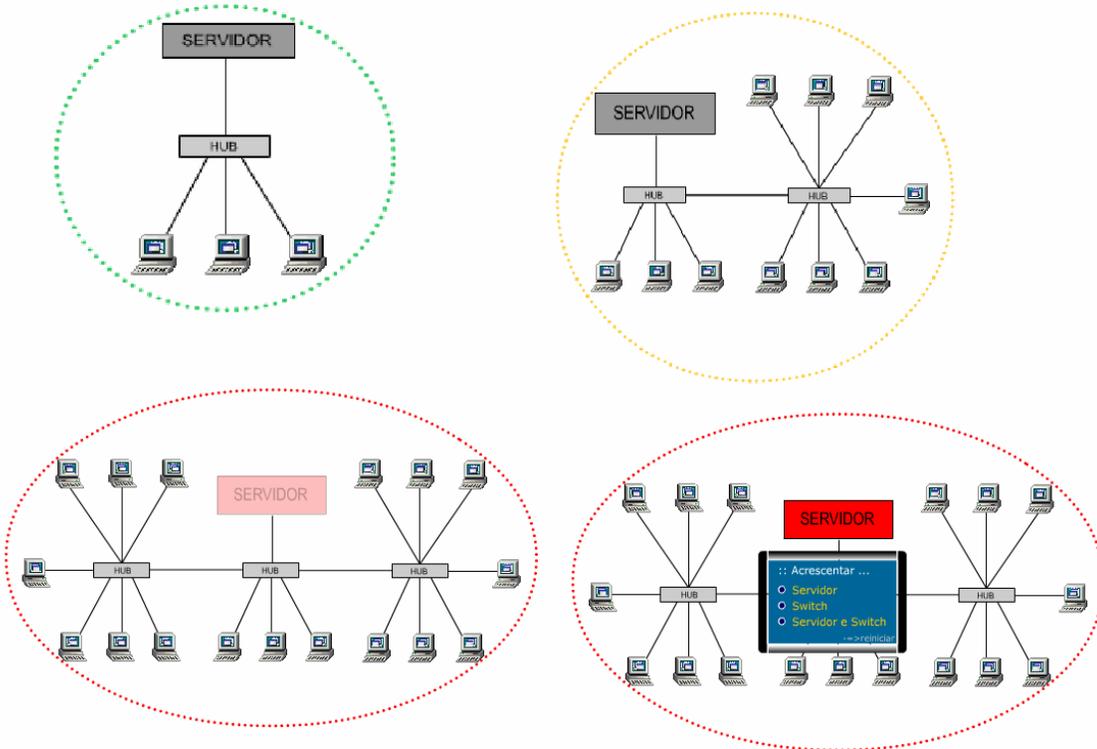
#### 4.3.5 Animações disponíveis

Segundo Petreche et alli (2000), as animações são um poderoso recurso facilitador do processo de aprendizagem de alguns conceitos, pois permitem apresentar, de forma simulada, comportamentos e características que, de outra forma, seriam mais difíceis de elucidar.

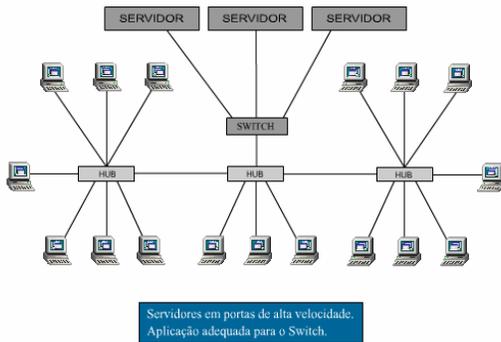
O ASTERIX tem disponível várias animações para auxiliar os alunos numa melhor compreensão de conceitos como VLANS, domínios de colisão, funcionamento de protocolos de comunicação, conceito de Cluster, entre outros. Uma das animações disponíveis é o crescimento da rede, na qual pode ser acompanhado o processo de saturação do servidor e sobrecarga da rede. O aluno pode interagir com esta animação, pois são oferecidas, através de um menu, possíveis opções para solucionar o problema, como inclusão de novos servidores e dispositivos (Figura 12). Fica a seu critério estabelecer a melhor estratégia.

No laboratório também são oferecidas animações que não refletem, por exemplo, um conceito correto ou um comportamento apropriado. É o próprio aluno que deve encontrar onde estão os “erros” e sugerir as alterações necessárias, para que, finalmente, a animação represente um conceito ou comportamento de forma adequada. Isso força os alunos a repensarem sobre os conceitos aprendidos, questionarem as relações criadas na estrutura cognitiva, além de propiciar novas interações com a Profa. Elektra e com os colegas.

**REDE CRESCENDO**



**REDE CRESCENDO**



**Figura 12.** Cenas capturadas na animação que apresentam crescimento da rede.

## **5 CONSOLIDANDO A INVESTIGAÇÃO**

### **5.1 Participantes e Materiais**

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria, mais precisamente no Centro de Tecnologia e Centro de Educação. Para viabilizar esta pesquisa, participaram 32 alunos do Curso de Ciência da Computação, matriculados na disciplina de Redes de Computadores. Estes alunos estão em idade adulta, e essa disciplina consta na grade curricular do sexto semestre do curso, ou seja, estão quase concluindo os estudos da graduação.

O laboratório virtual desenvolvido está hospedado num servidor denominado AIA, localizado fisicamente no Centro de Educação da UFSM, no NIEPE (Núcleo Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão). Nesse servidor, também está instalado o ambiente virtual de aprendizagem TelEduc, utilizado como coadjuvante no desenvolvimento das atividades da disciplina de redes e de onde o laboratório virtual pode ser acessado. Sendo assim, os alunos podem utilizá-lo via Web de qualquer um dos laboratórios do Curso de Ciência da Computação ou de qualquer outro lugar.

### **5.2 Questões norteadoras**

➤ A utilização de artefatos computacionais (laboratório virtual) favorece, de fato, o processo de aquisição e consolidação de novos conhecimentos?

- A aprendizagem dos conceitos de redes no laboratório virtual e a interação do aluno com um agente de conversação influenciam na sua capacidade de resolver problemas?
  
- Qual a melhor estratégia de ensino/aprendizagem para alunos adultos, num contexto apoiado pelas TICs?
  
- A conduta que revela um processo cognitivo é observável no laboratório? A tecnologia apóia esta conduta? Permite identificar indícios da ocorrência de processos cognitivos internos?

### **5.3 Metodologia**

Como objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos – no caso o ensino de redes –, a pesquisa desenvolvida foi, quanto à sua natureza, uma pesquisa aplicada e, quanto à sua abordagem, qualitativa.

O que mais interessa neste trabalho são as aquisições cognitivas decorrentes do uso do laboratório virtual e da interação com um agente de conversação, bem como a sua consolidação na estrutura do aluno. Assim, do ponto vista de seus objetivos e dos procedimentos técnicos a serem abordados, constitui-se fundamentalmente em uma pesquisa exploratória/experimental. Almeja-se encontrar subsídios e contribuições para o uso de laboratórios virtuais como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem de conceitos na disciplina de redes.

A autora parte da hipótese de que a utilização do laboratório virtual ASTERIX, como ferramenta cognitiva, facilitará o desenvolvimento da estrutura cognitiva dos alunos, contribuindo, de forma relevante, para a ocorrência da aprendizagem significativa dos conceitos de redes.

Para operacionalizar este estudo, foi desenvolvido o laboratório virtual de redes ASTERIX, através do qual os alunos utilizam uma sala, criada com realidade virtual, que dispõe de uma bancada com dispositivos de redes. Eles podem disparar animações para ilustrar conceitos e ainda contam com o auxílio de um *chatterbot* inteligente – a Profa. Elektra, que foi integrada no ambiente.

Este estudo envolveu as seguintes etapas:

- estudo/levantamento sobre a utilização de laboratórios virtuais no ensino
- estudo sobre *chatterbots* e sua implementação
- a análise de softwares voltados para a criação de ambientes de realidade virtual
- coleta de dados – fase 1
- desenvolvimento/implementação do ASTERIX
- utilização do laboratório pelos alunos
- coleta de dados – fase 2
- análise dos dados

### 5.3.1 Coleta e análise dos dados

Atendendo à idéia central da teoria de Ausubel de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe – “determine isso e ensine-o de acordo” –, o processo de coleta iniciou-se com a aplicação de um questionário a fim de apurar o conhecimento do aluno na área de redes. O questionário inicial<sup>19</sup> que foi aplicado aos alunos auxiliou na identificação do seu estágio cognitivo em relação aos conceitos de redes.

O questionário inicial foi realizado com os alunos no mês de setembro de 2003, início do semestre letivo na UFSM. O questionário aberto<sup>20</sup> constituiu-se de única questão, com o seguinte enunciado: “Comente sobre alguns conceitos envolvidos na nossa disciplina : a) redes de computadores, b) VLAN, c) TCP/IP, d) domínios de colisão, e) *workgroup*, f) *backbone*, g) equipamentos de rede,...”.

Além de auxiliar na identificação do estágio cognitivo do aluno, o questionário inicial não determinou *quais* conceitos de redes fariam parte do laboratório nesta fase inicial, mas influenciou significativamente na escolha deles.

O processo de avaliação abrange:

- ❑ avaliação pedagógica do laboratório virtual ASTERIX; e
- ❑ avaliação do aprendizado consecutivo ao uso do laboratório virtual.

Para a avaliação pedagógica, foi utilizado como instrumento de coleta um questionário adaptado (combinação de questionário aberto e fechado, no mesmo instrumento),

---

<sup>19</sup> Nas suas pesquisas, Inhelder (1977) também utiliza esse recurso para determinar o nível dos sujeitos envolvidos em uma determinada pesquisa, chamando de *Pré-teste*.

contendo, na primeira parte, um conjunto de perguntas com o objetivo de investigar a motivação proporcionada pelo uso do laboratório, a utilidade do material apresentado, a usabilidade e a interatividade do laboratório, a validade da aprendizagem por meio do uso do laboratório, entre outras. Para todas as questões apresentadas<sup>21</sup>, os alunos tiveram condições de escolher respostas que demonstraram o grau que representava sua avaliação do ASTERIX, variando entre “concordo plenamente”, “concordo parcialmente”, “não concordo nem discordo”, “discordo parcialmente” e “discordo completamente”.

Na segunda parte do questionário, foram apresentadas perguntas sobre os recursos que fazem parte do laboratório, como: “qual a sua opinião sobre {as animações apresentadas} {o módulo SR} {a profa. Elektra} {a sala e os objetos em realidade virtual} {o conjunto ASTERIX + TelEduc}”. Dessa maneira, sem indução a questões específicas, o aluno teve a oportunidade de expressar sua opinião, identificar aspectos favoráveis e realizar críticas e sugestões. Esse questionário foi aplicado no último dia de aula da disciplina, que ocorreu no final de janeiro de 2004.

Para avaliação do aprendizado consecutivo ao uso do laboratório virtual, foi solicitado aos alunos a elaboração de um mapa conceitual<sup>22</sup> dos conceitos aprendidos no ASTERIX. A técnica de mapeamento conceitual utilizada nesse instrumento de pesquisa foi a *low-directed* (onde os mapas conceituais são construídos do zero – “construct-a-map-from-scratch”) em declínio da *high-directed* (em que os alunos recebem um mapa incompleto e preenchem alguns campos - “fill-in-the-map”). Essa escolha foi considerada mais apropriada ao trabalho de avaliação devido aos resultados encontrados por Ruiz-Primo et al (2001), no artigo “*Comparison of the Reliability and Validity of Scores From Two Concept-Mapping Techniques*” e por Shavelson et al (2000) em “*Windows into the Mind*”. Os autores sugerem que a demanda cognitiva requerida pela técnica *low-directed* é superior aquela requerida pela *high-directed* e concluem que a técnica de construção de mapas que melhor reflete a compreensão conceitual dos alunos.

---

<sup>20</sup> Os alunos respondem por escrito, expressando-se como quiserem.

<sup>21</sup> O questionário fechado foi adaptado de Behar (1993)

<sup>22</sup> Vide seção 3.2.6.1

Na avaliação dos mapas desenvolvidos, foi utilizado com maior ênfase o Método Holístico (Kinchin, 2000) para a análise qualitativa da aprendizagem dos conceitos, e alguns aspectos considerando o Método Relacional (McClure et al, 1999) e o Método Estrutural (Novak, 1984) para breve levantamento quantitativo. O Método Holístico consistiu em examinar cada mapa e julgar no todo a compreensão dos conceitos representados nos mapas. O método Relacional foi adaptado da técnica de McClure e Bell (1990), onde a pontuação é feita pela avaliação separada de proposições identificadas no mapa. Uma proposição foi definida como conceitos conectados por uma linha com label indicando a relação entre os conceitos. Cada proposição foi avaliada de 0 a 3 de acordo com o protocolo de escore que considera a correção da proposição. O escore final é a soma dos escores de todas as proposições. A Figura 13 (Anexo 1) apresenta um diagrama do método relacional. Já o método tradicional proposto por Novak é baseado nos componentes e estrutura do mapa conceitual, que associa pontos para proposições válidas (1 ponto cada), níveis de hierarquia (5 pontos cada nível), número de ramificações (1 ponto cada), *cross-links* (10 pontos para cada *cross-link* válido) e exemplos específicos (1 ponto cada). O Anexo 2 mostra através da Figura 14 um exemplo de utilização do método estrutural.

Também foi solicitada a resolução de um problema de rede que consistiu na elaboração de um projeto de média complexidade. A resolução do problema apresentado é um indicativo da ocorrência do aprendizado, pois, segundo Vergnaud “é através de situações de resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno, e são as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos mais significativos [...]”, Vergnaud (1987) apud Moreira (2002b). Pelo fato de o aluno solucionar satisfatoriamente um problema proposto, temos como afirmar que houve aprendizado de conceitos de forma significativa, pois, para Ausubel, “a resolução de problemas, em particular, de situações novas e não-familiares que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido, é a principal evidência da aprendizagem significativa” (AUSUBEL, 1980).

Esses trabalhos (mapas e projetos) serviram como indícios da ocorrência da aprendizagem dos conceitos de redes. Por meio deles, foi possível explorar (eles defenderam seus

projetos e mapas) até que ponto os julgamentos e as construções estão assegurados e resistem a contra-argumentos.

Ainda com relação à coleta dos dados, cabe ressaltar dois cuidados que foram tomados com o objetivo de preservar a validade da pesquisa em andamento. O primeiro diz respeito à reação dos alunos à pesquisa devido a elementos, como, por exemplo, anotações e gravações (Campbell e Stanley, 1979). O segundo diz respeito ao “efeito Hawthorne”, que se refere a esforços dos indivíduos com o objetivo de melhorarem seu rendimento devido à consciência da realização da pesquisa (Rodrigues, 1975 *apud* Krüger et alli, 2001). Tanto o “efeito Hawthorne” quanto a reação à pesquisa foram controlados, pois as anotações referentes às atitudes dos alunos durante o uso do laboratório foram realizadas de forma discreta/codificada. Os mapas conceituais e os projetos de redes foram solicitados como exercícios, sem pretensão de avaliação/nota. Assim, conseguiu-se que os alunos não se intimidassem no uso do laboratório e participassem ativamente das articulações e discussões necessárias para a construção dos mapas e dos projetos.

## 6 ANÁLISES E RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados e as análises desse estudo, tendo como base, o problema, os objetivos e as questões, fundamentados no referencial teórico. A análise dos dados é qualitativa, incluindo também um tratamento quantitativo.

### 6.1 Resultados da Análise Qualitativa

A análise qualitativa envolveu os processos de elaboração dos projetos de redes e dos mapas conceituais. Ambos os processos foram desenvolvidos visando identificar indícios que apontassem para ocorrência da Aprendizagem Significativa dos conceitos de redes, apresentados durante todo o segundo semestre do ano letivo.

#### 6.1.1 Projeto de Rede

Para a elaboração de um projeto de rede, independente do tipo ou tamanho – se para uso comercial, ou entidade governamental, educacional, industrial ou qualquer outro tipo de organização- é necessário ter em mente algumas considerações básicas (Hewlett Packard, 1995; Hewlett Packard, 1996) :

- Considerações comerciais: 1) Sistema de Planejamento Flexível – como as empresas não são estáticas, as redes de computadores que dão suporte ao seu desenvolvimento também não o são. 2) Investimento – a rede é uma ferramenta que é imensamente importante para a produtividade da empresa. Ela deve ter um custo equilibrado e exigir o mínimo de recursos humanos para sua manutenção. 3) Máximo *uptime* - a rede deve ser confiável. Os usuários esperam que ela esteja sempre disponível.

- Considerações Técnicas: 1) Rapidez e facilidade de instalação – ao instalar uma rede, ou expandir uma já existente, é necessário minimizar o tempo de interrupção da mesma evitando maior prejuízo dos usuários e equipe técnica. 2) Ótimo desempenho e confiabilidade – não basta a rede estar “lá”, tem que ser rápida e confiável. 3) Facilidade para realizar modificações – as alterações necessárias devem ser realizadas com o mínimo de transtorno a operação normal da rede. 4) Crescimento e gerenciamento – o crescimento da rede ocorre em conjunto com o crescimento da empresa. Os componentes da rede (hardware e software de gerenciamento) devem acompanhar todas as escalas do crescimento: workgroup, LAN, WAN.

Para a análise dos projetos elaborados pelos alunos, foram consideradas algumas questões técnicas listadas adiante no texto, quanto a sua presença ou não nos projetos e a respectiva defesa dos mesmos. Os projetos de rede foram desenvolvidos em grupo, visando principalmente o crescimento da cooperação entre os alunos. Foi proposto e incentivado a formação de grupos em que os participantes não apresentavam estreitos laços de amizade e afinidade, com o objetivo de “quebrar” a formação dos grupos *profissionais*<sup>23</sup>. A princípio a turma reagiu desfavoravelmente, mas depois os alunos aceitaram a estratégia como sendo um amadurecimento para a vida profissional onde terão que desenvolver seus trabalhos da melhor forma possível e com uma equipe diversificada.

Na ementa da disciplina de Redes de Computadores, é no módulo “Projeto de Redes” que são discutidos mais diretamente aspectos gerais e metodologia básica de

---

<sup>23</sup> grupos em que os mesmos componentes trabalham juntos há vários semestres e cada um tem uma função bem definida e restrita como pesquisar na Internet, ou “compilar” o material ou apresentar o trabalho, etc.

desenvolvimento e implementação de um projeto. Como este tópico concorre com os vários outros apresentados no decorrer semestre, não é possível explorar na profundidade desejada todos os aspectos envolvidos, em decorrência da carga horária disponível e da complexidade do assunto. Todavia, para efeitos didáticos, o tempo dedicado a este importante assunto é suficiente para o conhecimento básico do tema e permite o desenvolvimento do mesmo de forma satisfatória. No contexto deste trabalho, foi possível a identificação de indícios da ocorrência de uma aprendizagem significativa dos conceitos de redes apresentados no laboratório virtual ASTERIX, considerando, através dos projetos de redes elaborados pelos alunos, as seguintes questões:

- ✓ Escalabilidade
- ✓ Disponibilidade
- ✓ Desempenho
- ✓ Segurança
- ✓ Gerenciabilidade
- ✓ Usabilidade
- ✓ Adaptabilidade
- ✓ Custo

#### **a) Quanto a escalabilidade do projeto**

Um projeto de rede deve prover o crescimento da mesma, essa exigência é um ponto básico a ser atendido. Com o crescimento das necessidades da empresa, o acréscimo de máquinas, sistemas, usuários, conexões, aplicações, etc, ocorre numa velocidade surpreendente e

a rede projetada deve suportar satisfatoriamente este aumento de exigência, evitando assim se transformar em ponto principal de frustração de usuários e técnicos.

Todos os grupos apresentaram propostas de escalabilidade da rede. Na espera de um crescimento/utilização, foram deixadas portas livres tanto nos *switches* quanto nos *hubs* utilizados no projeto. Ao serem questionados sobre o desperdício/sub-utilização de hardware com as portas não utilizadas, encarecendo o projeto, os alunos defenderam de forma firme, inclusive citando exemplos atuais/reais, como o do grupo 2 e do grupo 4:

Grupo 2 - Aluno1: *“Mas é claro que não é desperdício e sim uma necessidade! Nossa rede tem agüentar, e bem, o peso das novas necessidades, senão em pouquíssimo tempo a empresa vai estar com a rede insuficiente para a demanda.”*

Aluno2: *“e se não for assim, pode acontecer que nem no hospital A, chegaram os equipamentos e ficaram sem utilização em rede, pois não havia pontos livres e foi um fiasco, pois no início do ano saiu até no jornal a nova rede do hospital - que não deu nem para a saída...”*

Grupo 4 – Aluno 1: *“Bom, nós optamos por deixar apenas uma porta livre e cascatear com outro hub, já adquirido - olha aí na lista, profa...”*

Aluno 2: *“é... preferimos comprar deste fabricante pois a tecnologia é boa, e o preço também. Assim não teremos problemas com o crescimento pois assim que for necessário, é só adicionar o hub que já está comprado!”*

Os projetos também apresentaram outras soluções para favorecer a escalabilidade da rede, como o estaqueamento de *hubs* (uma porta especial é utilizada permitindo a conexão entre dois ou mais *hubs* e essa conexão especial faz que com os *hubs* sejam considerados pela rede com um *hub* único, e não *hubs* separados), e a adoção de estratégias de crescimento da rede para que a mesma ocorra de forma ordenada/conhecida, acompanhando as crescentes exigências dos usuários, dos aplicativos e das novas tecnologias.

## **b) Quanto a disponibilidade**

A disponibilidade de uma rede se refere ao percentual de tempo que uma rede está disponível. Um dos principais aspectos da disponibilidade é a capacidade de recuperação da rede após uma falha.

Os projetos apresentaram várias soluções para garantir a tolerância a falhas, como fontes e placas redundantes, servidor “reserva”, no-break , sistema de backup inteligente/on-line, sistemas RAID (Redundant Array of Independent (or Inexpensive) Disks) e cluster de alta disponibilidade<sup>24</sup> entre os servidores. A solução de RAID e cluster foram as mais utilizadas provavelmente em função da interação com a Profa. Elektra (sua base de dados contém farto material e diversidade de exemplos) e das animações de cluster e RAID disponíveis no laboratório virtual, despertando assim um maior interesse e discussão. O Grupo 2 mostrou um recorte do projeto, explicando e justificando o RAID nível 5 utilizado no seu projeto (Figura 15).

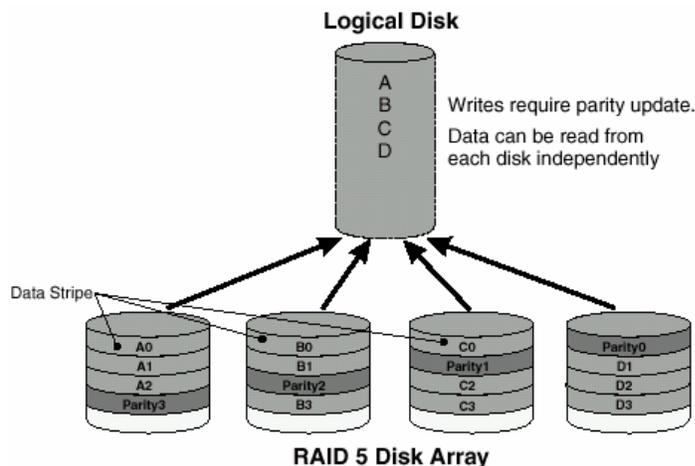


Figura 15 - Recorte de projeto/Grupo 2: RAID 5

<sup>24</sup> **Cluster de Alta Disponibilidade** - estes modelos de clusters são construídos para prover uma disponibilidade de serviços e recursos de forma ininterruptas através do uso de redundância implícita ao sistema. A idéia geral é que se

Abaixo alguns comentários dos grupos.

Grupo 1 – *“nosso orçamento é limitado, mas mesmo assim resolvemos investir num equipamento de no-break porque segundo levantamento feito pelo suporte técnico, 95% da indisponibilidade da rede se dá em função da falta de energia ou quedas rápidas, justificando assim essa aquisição.”*

Grupo 4 – *“... todos os servidores envolvidos no projeto estão configurados com RAID 5, para alcançar um melhor equilíbrio entre redundância de dados e capacidade de disco... o RAID 5 particiona todos os discos disponíveis em um grande volume...”*

Grupo 5 – *“nós clusterizamos nossos servidores, é a garantia de operação da nossa rede, mas tivemos que trocar as pressas a configuração dos nossos servidores e o sistema operacional, para tornar possível ....”*

Grupo 2 – *“... e no nosso projeto utilizamos RAID 5 de uma forma melhor ainda: “com hot spare e hot swap” assim se houver problema no disco, se troca sem precisar parar o sistema... é muito bom – o servidor continua operacional mesmo em pleno processo de manutenção .”*

Aqui cabe destacar um ponto que não foi formalmente solicitado no enunciado do problema nem apresentado nos projetos, mas despertou interesse nos alunos, gerando discussões produtivas, levantamentos de hipóteses, muitos cálculos e comparações: o custo do tempo parado, ou seja, quanto a empresa/instituição tem de prejuízo por hora de *downtime*. O assunto surgiu despretensiosamente em uma das respostas da Profa. Elektra, sobre conceito de cluster. Após apresentar o conceito e algumas vantagens, ela instiga os alunos com a pergunta *“Você tem idéia do custo de uma rede parada? Você vai se surpreender!!! Sabia que um MTTR muito alto indica que providências especiais devem ser tomadas?”* Essa interação disparou uma “avalanche” de questionamentos e comentários, em tempos diferentes, tanto em sala de aula como no ambiente TelEduc: como se calcula isso (custo da rede parada)? O que é MTTR? O que se entende por “MTTR muito alto”? “Providências especiais”?

---

um nó do cluster vier a falhar (failover), aplicações ou serviços possam estar disponíveis em outro nó. Estes tipos de cluster são utilizados para base de dados de missões críticas, correio, servidores de arquivos e aplicações.

Sempre que uma opinião equivocada começava a tomar proporções indesejáveis (como neste exemplo, onde alguns afirmavam que era muito difícil considerar esse custo, que as empresas talvez nunca fizessem isso), tornava-se necessário a intervenção da professora, esclarecendo alguns pontos e neste caso, apresentando um modelo de contrato entre uma prestadora de serviços de rede e uma grande rede de lojas de departamentos, onde era estipulado o valor da multa a ser pago pela prestadora, caso o *downtime* da rede ultrapassasse o tempo que havia sido previamente estabelecido pelas partes. O assunto foi encerrado com uma reclamação procedente dos alunos: em nenhum módulo do laboratório foi oferecido recursos para realizar simulação do cálculo<sup>25</sup> de disponibilidade da rede, sendo necessário efetuarem os mesmos manualmente.

### c) Quanto ao Desempenho

O desempenho de uma rede de computadores influencia diretamente a satisfação ou a insatisfação de seus usuários. Existem várias definições de desempenho considerando, por exemplo, medidas como:

- ❑ capacidade (bandwidth): é a capacidade de uma rede carregar tráfego em bits por segundo;
- ❑ vazão: é quantidade de dados úteis transferidos sem erro por segundo;
- ❑ atraso (latência): é o tempo médio entre o momento em que um quadro está pronto para ser transmitido e sua recepção em algum destino;
- ❑ Tempo de resposta: é o tempo entre um pedido de serviço e a recepção de uma resposta.

---

<sup>25</sup> Disponibilidade da rede =  $MTBF / (MTBF + MTTR)$

As soluções apresentadas e defendidas demonstraram uma boa articulação dos conceitos apresentados no laboratório virtual ASTERIX e convertidos pelos alunos em estratégias na busca de um desempenho satisfatório, como por exemplo, a utilização de VLAN - por todos os grupos - e de cluster de balanceamento de carga<sup>26</sup> (*load balancing*) - por três grupos. A figura 16 apresenta um recorte do projeto do grupo 3, utilizado para exemplificar sua proposta.

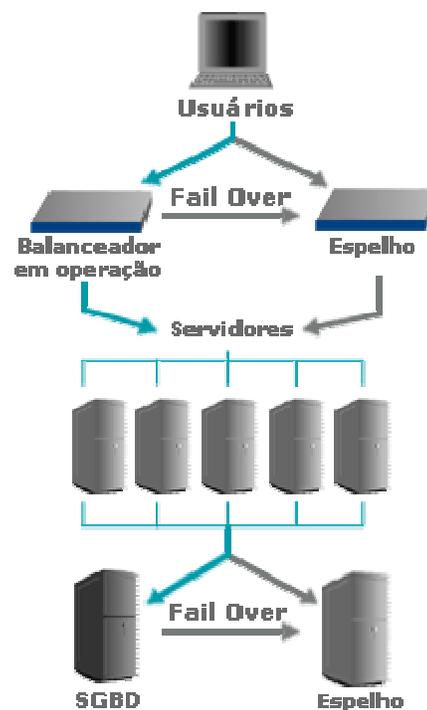


Figura 16 – Recorte de projeto/Grupo 3 – Cluster *loading balancing*

Grupo 3 - Aluno1: “Nós acreditamos que o ponto forte do nosso projeto é o ótimo desempenho que rede vai apresentar, mesmo quando todos os usuários esperados e seus sistemas estiverem no ar, e satisfatória também no custo, porque usamos componentes de fácil disponibilidade...”  
 Aluno2: “... é... e também tem outra coisa, com essa solução a gente não fica preso a um determinado fabricante, isso diminui o custo e facilita a manutenção...”

<sup>26</sup> Cluster *loading balancing*: distribui o tráfego entrante ou requisições de recursos provenientes dos nodos que executam os mesmos programas entre as máquinas que compõem o cluster. Todos os nodos estão responsáveis em controlar os pedidos. Se um nó falhar, as requisições são redistribuídas entre os nós disponíveis no momento. Este tipo de solução é normalmente utilizado em fazendas de servidores de web (web farms).

Grupo 1 – “... e além do mais, no cluster proposto nós “preservamos o investimento da empresa” porque como os componentes são facilmente encontrados, é fácil manter a continuidade tecnológica...”

Como a apresentação/defesa dos projetos foi realizada em estilo “mesa redonda”, onde todos da turma poderiam questionar as soluções adotadas e sugerir alterações, um dos grupos - que não apresentou solução *clusterizada* – questionou se para o projeto proposto, era o caso de ter máquinas em cluster, se não era considerado um desperdício de recurso pois normalmente se utiliza esta solução em grandes exigências computacionais, etc. Os colegas contra-argumentaram alegando que o custo adicional da solução, além de não inviabilizar o orçamento, era plenamente justificado em função de vantagens significativas como:

- ❑ flexibilidade de configuração, pois o uso de cluster permite adequar a capacidade do cluster a aplicação, e principalmente ao orçamento;
- ❑ escalabilidade, pois permite anexar mais computadores escravos ao sistema quando houver a necessidade de aumento da carga de processamento, ou seja, cresce conforme a necessidade computacional do laboratório;
- ❑ os benefícios da alta disponibilidade, uma vez que cada computador escravo é uma unidade independente e, se algum deles falhar não afeta os demais ou a disponibilidade geral do cluster.

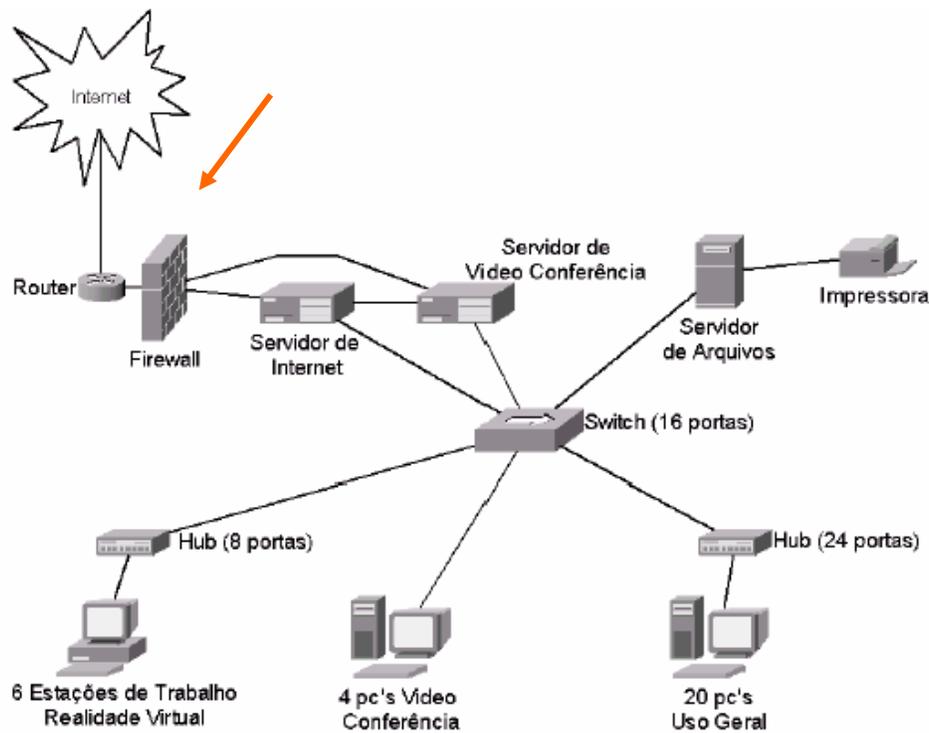
#### **d) Quanto a Segurança**

A segurança de uma rede de computadores é fundamental e deve ser implementada considerando aspectos físicos (servidores, equipamentos de conexão, etc) e lógicos (dados de

sistemas ou aplicações, senhas de acesso, etc). Segundo Torres (2001), a segurança de redes é o principal capítulo da segurança digital. Não existe hoje uma rede profissional que não implemente mecanismos de segurança, qualquer um que seja, visando evitar prejuízos. É necessário tem em mente que a segurança de redes não trata apenas de invasões e ataques externos. Pouco importa a diretoria de uma grande empresa e aos seus funcionários (usuários em potencial da rede, que necessitam e dependem dela para produzir) se a rede da empresa ficou “*fora do ar*” por “causa de um *hacker* ou porque o administrador do sistema derramou café sobre o roteador.”

O assunto sobre segurança despertou muito o interesse dos alunos, provocando muita discussão, acessos ao laboratório virtual - atrás de conceitos envolvidos, simulações e exemplos- e questionamentos a professora. Fatos ocorridos durante o semestre letivo contribuíram significativamente para a busca de uma boa solução de segurança a ser apresentada no projeto: (1) os *ataques fulminantes*<sup>27</sup> sofridos pela rede da universidade (uma ocorrência) e pela rede do Centro de Tecnologia (três ocorrências); (2) Falha no *backup* do servidor denominado AIA, que hospeda entre outros sistemas, o ambiente de ensino-aprendizagem TelEduc e laboratório virtual de redes ASTERIX, utilizados na disciplina; (3) Propagação exponencial de vírus na rede do CT, tornando-a inoperante por várias horas.

Nos projetos apresentados, os grupos apresentaram variadas soluções de segurança como: políticas de *backup* e recuperação de dados, sistema de antivírus, filtragem de conteúdo (filtragem de e-mail e filtragem web) e *firewall*. A maioria dos grupos adotou o sistema tradicional de *firewall*, como o apresentado pelo grupo 5 (Figura 17).



17 – Sistema Tradicional de *Firewall*

No debate sobre as soluções de segurança apresentadas, os alunos demonstraram claramente um crescimento cognitivo relativo aos conceitos de redes envolvidos no processo de implementação de segurança da rede, observado tanto nas discussões em sala de aula, no ambiente TelEduc (através do Fórum, Mural, Diário de Bordo e Correio) e na interação com a Profa. Elektra (logs).

Como exemplo pode-se citar as dúvidas e questionamentos feitos no início do semestre, antes da utilização do laboratório virtual ASTERIX, onde se percebia um conhecimento genérico e superficial sobre *firewall*, como por exemplo: “*sei que é utilizado para segurança da rede, mas como funciona? não tneho idéia...*” (Fórum TelEduc, mantido erro de grafia), ou

<sup>27</sup> *Ataque fulminante*: quando a rede fica inoperante, “fora do ar”, independente de tempo decorrido

*“pessoal, o firewall é um equipamento separado? Tem um equipamento com este nome? Ou é um equip. com funções de?”* (mural TelEduc), ou então *“o que é firewall? Quero dizer, é hardware ou software?”* (Fórum Teleduc).

Após a utilização do laboratório, notou-se que as incertezas conceituais cederam lugar a manipulação dos conceitos assimilados na busca de uma solução para o problema de segurança, fato igualmente observado nos logs da Profa. Elektra, nos registros do ambiente TelEduc e na discussão em sala de aula.

O resultado da interação com o laboratório virtual se refletiu no crescimento da estrutura cognitiva e das relações entre os conceitos envolvidos, favorecendo a construção de interpretações pessoais e conseqüentemente o surgimento das primeiras reflexões para elaborar a solução de segurança, como as retiradas do ambiente TelEduc *“...podemos fazer assim também, já que não existe uma "solução certa" para a construção de um firewall, podemos usar mais de uma técnica, então proponho filtragem de pacotes e outra...”* *“vamos começar olhando o material la no asterix, ... não achei simulação do DMZ...”*, *“profa, nós temos diferentes problemas de segurança, e para atender legal, estamos implantando diferentes técnicas, o problema é o nosso orçamento: estorou...”* .

A solução mais elaborada apresentada por dois grupos, pode ser considerada como um exemplo de articulação dos conceitos básicos apresentados no laboratório e a reflexão em torno de uma possível “solução ideal” de segurança, apresentando uma arquitetura mais complexa, como a apresentada no recorte do grupo 2 (Figura 18).

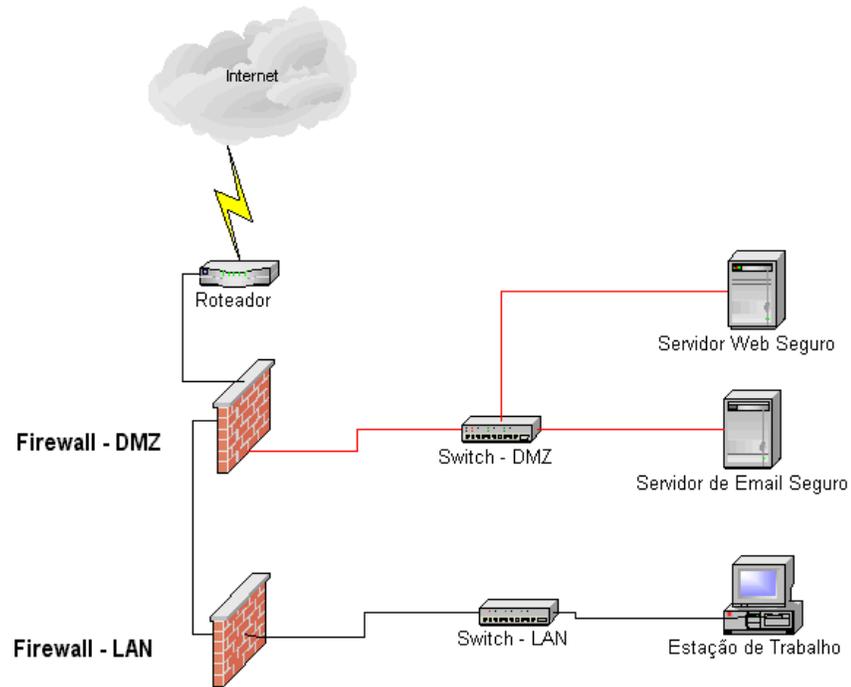


Figura 18 – *Firewall* utilizando a arquitetura DMZ

Os grupos 2 e 4 adotaram *firewall* DMZ (DeMilitarized Zone Network), que cria uma área de informações protegida (“desmilitarizada”) na rede. Essa técnica permite usuários externos acessarem apenas a área protegida, não o restante da rede, ou segundo o grupo 2 “*DMZ deixa que os usuários externos acessem as informações que nós desejamos e não deixa que eles acessem o que nós queremos proteger e isolar*”.

Já o grupo 4 defendeu sua utilização afirmando que a técnica DMZ, em termos de arquiteturas de *firewall*, é o que de mais seguro se pode conceber atualmente.

Como no decorrer da disciplina uma das estratégias adotadas foi estimular a discussão e a comparação com outras soluções propostas pelos grupos, procurando apontar aspectos positivos e negativos dos recursos apresentados e favorecendo assim o surgimento de outras soluções viáveis, foi levantada para o grupo 4 a seguinte questão: “...se *com a colocação de uma terceira placa de rede em um firewall único, não seria possível criar nessa placa a DMZ, porém a um custo bem menor, já que estaria sendo utilizado apenas um firewall?*” . Os alunos prontamente contra-argumentaram satisfatoriamente explicando que sim, também seria uma DMZ porque restringiria o acesso a tudo o que é público a uma área restrita<sup>28</sup>, sendo que o tráfego direto através da DMZ é proibido e os sistemas, tanto os internos quanto os externos, só têm acesso limitado à DMZ. Mas o grupo também destacou o diferencial do seu projeto: somente da forma implementada pelo grupo (DMZ com dois *firewalls* e *bastion host*) era possível aplicar os conceitos de segurança de rede desde a camada de rede até a camada de aplicação, além dos três níveis de segurança separando a Internet da rede interna (roteador externo, *bastion host* e roteador interno).

Outras questões também foram discutidas como a recomendação de instalação do NAT (Network Address Translator) no *firewall*, e demais conjuntos de providências necessárias para evitar roubo de informações, sabotagem de informações e ataques DoS (Denial of Service).

Ao serem instigados pela professora para descobrirem, nos projetos apresentados, estratégias/técnicas adotadas que acabaram criando pontos vulneráveis na rede, a maioria dos grupos “abriu” novamente a janela do laboratório virtual – e aqui é importante ressaltar que a

---

<sup>28</sup> os alunos estavam se referindo a zona desmilitarizada, que funciona como se fosse uma pequena rede isolada entre a Internet e a rede interna

professora não sugeriu absolutamente nada – e passaram a rever e discutir os conceitos e técnicas adotados. Aos poucos começaram a compartilhar suas articulações, como “..., *olha o que a Elektra diz no final do conceito de PPP e SLIP,...*, *é como se fosse um alerta para este tipo de conexão, não parece? Mas não diz mais nada...*”, “... revi a parte de DMZ, acho que não é por aí...”, “mas na Elektra não aparece nada sobre a conexão ...”, “pergunta de novo!”, “*mas se adotamos regras claras de filtro, só passa pelo firewall o que é permitido...tudo está passando pelo firewall, ou não?..*”, “*...é isso!, é ataque por trás*<sup>29</sup>!”

Houve grande satisfação dos alunos com a descoberta do erro em conjunto e, rapidamente, encontraram a outra estratégia equivocada: um determinado grupo, ao priorizar o limite orçamentário, optou por um firewall gratuito – o problema não é a gratuidade, mas sim o fato do *firewall* escolhido não ser totalmente imune a “scanner de portas”, aumentando assim o risco de sucesso nos ataques sofridos. No laboratório virtual ASTERIX, no *link* dos fabricantes (acessado pelo “globo”, na sala virtual) continha tabelas comparativas de *firewalls* e a profa. Elektra, numa das suas respostas, sugere a leitura desse material, indicando o endereço.

#### **d) Quanto a usabilidade, adaptabilidade e custo.**

A usabilidade tem como objetivo melhorar a rotina do usuário final, facilitando a forma como acessam os serviços via rede. Os alunos focaram a usabilidade observando os impactos causados pela política de segurança adotada no projeto e discutindo facilidade de

---

<sup>29</sup>expressão *ataque por trás* : Um *firewall* não pode proteger uma rede interna de ataques que não passem por ele. Se o uso de canais de discagem por parte dos usuários da rede for irrestrito, usuários internos poderão realizar conexões diretas

configuração da rede, de acesso remoto, de acesso de usuários móveis. A adaptabilidade diz respeito a como o projeto elaborado pode se adaptar a mudanças de tecnologias e de protocolos, entre outras. Todos os grupos adotaram um dos aspectos mais importantes da adaptabilidade, que é a facilidade com a qual *Moves-Adds-Changes (MAC)* podem ser feitos na rede, como por exemplo a utilização de VLANs.

O custo dos projetos elaborados teve atenção especial dos alunos, pois além de ser um dos requisitos de avaliação do projeto, considerando a relação custo/benefício, também despertou muita atenção pela proximidade com a realidade profissional pois normalmente o custo é um dos fatores determinantes de escolha dos dispositivos da rede, juntamente com qualidade. O desafio para os alunos foi oferecer os serviços de redes solicitados, com a qualidade desejada ao menor custo, ou, mais especificamente para o exercício proposto, maximizar a qualidade dos serviços para um custo determinado de R\$ 100.000,00 (cem mil reais). Foram considerados custos de aquisição de equipamentos e de operação. A usabilidade, a adaptabilidade e custo foram apresentados diluídos nos outros critérios analisados nos projetos.

#### **d) Quanto a Gerenciabilidade.**

Com o avanço e expansão nas redes de computadores, cada vez mais surge a necessidade de ter um sistema que gerencie os nodos e serviços da rede, garantindo informações atualizadas e com segurança. O gerenciamento compreensivo de processos e tecnologias permite a organização identificar, medir e administrar todos aspectos de serviços oferecidos para

---

dos tipos PPP (*Point-to-Point Protocol*) ou SLIP (*Serial Line Internet Protocol*), que contornam as barreiras de segurança do *firewall* e oferecem significativo risco de ataques por trás.

maximizar a produtividade, a efetividade operacional, e rentabilidade dos negócios. Ao apresentar tais características, pode-se avaliar o benefício resultante e compará-lo com o custo envolvido em sua utilização. Isto se faz necessário, tendo em vista que muitas implantações de projetos de gerenciamento têm fracassado, sendo poucas as empresas com um ambiente de gerenciamento efetivamente implantado (Melo et al, 2000).

Com relação a gerenciabilidade, as soluções propostas deixaram muito a desejar, embora seja necessário ressaltar que o projeto solicitado foi de redes, e não de gerência de redes. De certa forma, esse resultado causou surpresa a professora pois muito se discutiu o assunto em sala de aula. Nenhum grupo abordou uma solução de gerência enfocando suas principais áreas (gerência de configuração, de falhas, de desempenho, de segurança e de contabilidade).

Apesar de nenhum software de gerenciamento (livre ou demo) ter sido proposto, a utilização de switches e hubs gerenciáveis (através do protocolo SNMP) foi considerada pelos alunos para possíveis atividades de gerência. Ao serem questionados sobre os motivos que levaram a tratar a gerência da rede com tanta superficialidade nos projetos apresentados, os argumentos foram: a) o limite orçamentário, já que equipamentos gerenciáveis têm um custo muito mais elevado; b) o laboratório ASTERIX apresentou pouco material referente ao tema, o módulo SR não estava preparado para simulações específicas de custo de gerência, e ainda, “a Profa. Elektra não tem idéia do que é gerência de redes!!!”.

A aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos ficou flagrante não somente nos projetos apresentados como também na clara diferenciação feita pelos alunos entre conceitos afins como por exemplo, *router e screening router*, discernimento este necessário para

a devida compreensão do processo de filtragem de pacotes e a conseqüente capacidade de determinar a utilização de um ou de outro ensejando a solução de um problema.

No trabalho de elaboração dos projetos os alunos tiveram que considerar vários objetivos técnicos, sendo que a formação conceitual adquirida durante o uso do laboratório facilitou articulações mais complexas a respeito de situações conflitantes como por exemplo: a) custo *versus* a maioria dos outros objetivos; b) alta disponibilidade implica em redundância, que por sua vez acarreta em custo; c) alto desempenho requer alta capacidade de enlaces, ou outras tecnologias caras; c) segurança diminui facilidade de uso e d) adaptabilidade a constantes mudanças pode diminuir a disponibilidade. Sendo assim, para a elaboração das propostas os alunos tiveram que refletir muito a respeito dos níveis de monitoração, redundância e controle desejados. Isso envolveu cuidadosa análise das necessidades, inclusive avaliação de riscos, e a escolha entre requisitos muitas vezes conflitantes, a fim de decidir o que seria implementado, considerando tempo, recursos financeiros e conhecimento técnico disponível.

Neste contexto, fica evidente a ocorrência da aprendizagem significativa dos conceitos de redes pois apenas o conhecimento teórico sobre os mesmos não seria suficiente para atingir os objetivos propostos. Foi necessário aplicar os conceitos envolvidos na solução do problema proposto, o que exigiu dos alunos construção do conhecimento, conversação e colaboração com os colegas e muita articulação e reflexão para atingir uma solução satisfatória, e essa observação é válida para todos os projetos apresentados.

### **6.1.2 Mapas conceituais**

A criação de mapas conceituais<sup>30</sup> foi outro instrumento utilizado para obter evidências de uma aprendizagem significativa decorrente da utilização do laboratório virtual ASTERIX.

No início do semestre, antes da utilização do laboratório virtual, foi solicitado aos alunos que elaborassem um mapa conceitual inicial para evidenciar o conhecimento prévio sobre redes de computadores. De acordo com a metodologia proposta no capítulo anterior, ao final do semestre e após algumas semanas sem utilização do laboratório, foi solicitado um segundo mapa (mapa final) com o objetivo de verificar a influência da utilização do laboratório virtual na consolidação dos conceitos de redes na estrutura cognitiva dos alunos. Para a construção dos mapas foi facultado aos alunos a utilização do software Cmap Tools, The Brain, editor de textos e até mesmo lápis/caneta e papel.

Conforme já citado nesse trabalho, os mapas conceituais são utilizados com muitos propósitos. Aqui estamos considerando sua aplicação na área educacional, e mais especificamente, como uma ferramenta para avaliar a aprendizagem significativa dos conceitos básicos de redes decorrente do uso do laboratório virtual ASTERIX.

Vários autores (Novak e Gowin ,1984; Wallace e Mintzes, 1990; Markham,1994; Pearsall et al.;1997 e Martin et al. 2000) apresentaram pesquisas sobre a utilização de mapas conceituais como ferramenta de avaliação da aprendizagem, utilizando em seus trabalhos diferentes métodos para atribuir valor aos mapas.Nesse trabalho, de acordo com a metodologia

proposta, foi adotada uma avaliação essencialmente qualitativa analisando os mapas em termos de sua estrutura geral, baseando-se na adaptação do trabalho de autores como Kinchin (2000), Kinchin, Hay, e Adams (2000) e Amoretti (2003a, 2003b). Com menor ênfase, também foi realizado um levantamento quantitativo, baseado nas propostas de Novak (1984) e McClure et al. (1999), resumidas nos Anexos 1 e 2.

### Avaliação quantitativa

Um resumo da avaliação quantitativa pode ser observado na Tabela 5. Nessa tabela é apresentada a pontuação obtida pelos mapas desenvolvidos pelos alunos, no método estrutural proposto por Novak e relacional, de McClure, bem como a classificação obtida pelos mapas.

	<b>Método Estrutural</b>	<b>Ordem</b>	<b>Método Relacional</b>	<b>Ordem</b>
<b>Mapa 1</b>	p= 56; h=25; c=10; e=10; <b>ET=101</b>	4°	76	5°
<b>Mapa 2</b>	p=51; h=20; c=10; e=0; <b>ET=81</b>	5°	110	4°
<b>Mapa 3</b>	p=10; h=10; c=20; e=0; <b>ET=40</b>	6°	32	6°
<b>Mapa 4</b>	p=88; h=25; c=50; e=13; <b>ET=176</b>	2°	250	2°
<b>Mapa 5</b>	p=44;h=30; c=50; e=0; <b>ET=124</b>	3°	126	3°
<b>Mapa 6</b>	p=91; h=30; c=50; e=23; <b>ET=194</b>	1°	261	1°

p=proposição, h=hierarquia, c=cross-link, e=exemplo, ET= escore total

Tabela 5 – Resumo da Avaliação Quantitativa dos Mapas

Cabe ressaltar que a tabela acima não tem a intenção de estabelecer uma comparação entre dois métodos de avaliação de mapas mas pontuar os mapas apresentados pelos alunos. A tarefa de atribuição de valores é difícil e demorada e os resultados variam de acordo com o método utilizado. A realização de uma análise pura e simples dos pontos obtidos pode levar a uma indistinção do que realmente o escore revela e do que pode ser efetivamente avaliado. Com relação a atribuição de escores, o próprio Novak afirma ser irrelevante pois o mais importante é observar as trocas qualitativas dos mapas conceituais dos alunos, mas ainda segundo o autor, a maioria dos alunos e professores “precisam” pontuar os mapas em função de vivermos numa sociedade “orientada a números”.

Ao observar a tabela 5, verifica-se que os mapas 4,5 e 6 foram melhor avaliados independentemente do método utilizado, e que o mapa 3, de forma análoga, manteve a pior pontuação – o que não significa incorreto, mas sim com um menor número de proposições, links e exemplos. De acordo com Amoretti (2001), não existe um mapa certo ou errado e não há um tamanho padrão para o mapa nem um número exato de relações entre conceitos a serem estabelecidas. Aqui não é passível de realizar observações comparativas e conclusivas sobre os escores dos mapas, pois além de não ser a intenção, a técnica adotada para criação dos mapas priorizou a completa liberdade na escolha dos conceitos considerados importantes para os alunos - ao contrário de vários estudos sobre avaliação de mapas em que, para a criação dos mesmos, são fornecidos aos alunos um conjunto de conceitos (de 10 a 20) de uma determinada área do conhecimento. A autonomia fornecida para a o desenvolvimento dos mapas teve a intenção de revelar a percepção do aluno, refletindo suas crenças, experiências e preconceitos, ao contrário de reprodução de fatos memorizados (Jonassen et al., 1997).

Ao investigar o mapa “exceção” (mapa 3), que não apresentou a formação típica dos outros mapas, houve uma sondagem com seus autores com objetivo de identificar os possíveis motivos da criação sucinta (não incorreta) , pois temia-se que a ausência de uma aprendizagem significativa dos conceitos de redes tivesse influenciado o resultado “exceção”. Essa diferença no número de níveis de categorização pode ser definida como uma ocorrência do “desvio cognitivo”, que pode ter sido motivada pela ausência dos alunos do grupo na semana em que foi abordado o tema “mapas conceituais” em aula expositiva. Além disso, segundo os próprios alunos, também não realizaram as várias leituras sugeridas e disponibilizadas no ambiente Teleduc sobre o tema, acrescentando também acreditarem “ser muito fácil” construir mapas, sendo desnecessário tanto esforço. Essa crença equivocada talvez seja devida a forte influencia que os alunos têm durante o curso de informações baseadas em “entidade-relacionamento” e como tal, o grupo deu tratamento semelhante aos mapas. Também alegaram o fato dos mapas “não valerem nota” ter influenciado a atitude passiva do grupo.

Tanto nos escores apresentados, quanto na análise qualitativa dos mapas, foi possível observar uma relativa homogeneidade no grau de subsunção, representado pelos níveis hierárquicos ( $h=25, 20,10,25,30$  e  $30$ ). Um exemplo é a hierarquia apresentada no mapa 4: “Redes” tem “Segmentação” que utiliza “Equipamentos” do tipo “Switch” que permite “VLANs”. Essa estrutura sugere a ocorrência de um processo de assimilação de conceitos ou proposições sob uma idéia mais inclusiva, no caso “Redes”.

### **Análise qualitativa**

O grau de integração conceitual percebido nos mapas foi considerado muito bom, apesar do atributo *cross-link* apresentar uma discrepância entre os valores ( $c=10,10,20,50,50,50$ ).

Essa interpretação favorável é decorrente de uma análise conjunta que considerou a quantidade de *cross-links* (c) nos mapas mas também a qualidade dos mesmos. Todos os mapas, em maior ou menor número, apresentaram integração de conexões entre os conceitos subordinados em diferentes ramificações dos mapas. A integração conceitual também ficou explícita durante a apresentação/explicação dos mapas realizada pelos alunos em sala de aula, onde naturalmente o próprio grupo acrescentava ou alterava algum *cross-link*.

A diferenciação específica de conceitos subordinados não ficou completamente demonstrada em todos os mapas (por ex. três mapas obtiveram escore  $e=0$ ), mas novamente o complemento ocorreu nas apresentações onde os exemplos foram apresentados em grande número, de forma variada e correta.

Mesmo apresentando diferentes escores, os mapas desenvolvidos foram coerentes, coesos, expressivos e lógicos. O “conflito cognitivo” ou “desvio cognitivo” (diferença entre os níveis de categorização) foi percebido em um mapa, que chamamos de “mapa exceção”.

Não foi percebida, nos mapas impressos e nas apresentações, a ocorrência de dois ou mais rótulos conceituais expressando o mesmo conteúdo ou então o mesmo rótulo utilizado para expressar mais de um conceito. Também não sucedeu – e isso ficou igualmente claro na elaboração e defesa dos projetos de rede – a confusão com conceitos semelhantes, isso leva a crer que com a utilização do laboratório virtual ASTERIX as diferenças conceituais ficaram bem explicitadas, transparecendo nos mapas que os conceitos foram percebidos e memorizados como distintos. A medida que os conceitos foram sendo apresentados no laboratório de várias formas, as diferenças começaram a ser explicitadas, ocorrendo o que Ausubel chama de “princípio da

diferenciação progressiva”, onde os conceitos mais gerais vão sendo progressivamente individualizados em termos de detalhe e especificidade.

### **Comparação dos mapas iniciais e finais**

Os mapas iniciais mostraram o conhecimento prévio dos alunos em relação aos conceitos de redes que seriam trabalhados e apresentaram um pequeno número de conceitos e relações (exemplo em Anexo 3). Os mapas finais (exemplo em Anexo 4) - desenvolvidos propositalmente após 3 semanas sem contato com o LVA – mostram tanto a influência da utilização do laboratório, representada pelo aumento significativo de conceitos gerais e inter-relações entre conceitos, como a consolidação do conhecimento adquirido, sugerindo a ocorrência de aprendizagem significativa e não apenas memorização temporária. Cabe destacar que nos mapas iniciais, desenvolvidos antes da utilização do laboratório, predominaram relações do tipo “é” e após a utilização do laboratório virtual ASTERIX (onde a interação com as tecnologias disponibilizadas ocorreu de forma diversificada, auxiliando na integração de novos conceitos aos já existentes) foi observado um aumento no número e na qualidade das proposições, visto que nos mapas finais encontram-se mais relações como “possui”, “suscetível a”, “suporta”, “reduz”, “atinge”, “possibilita”, “permite”, “amplia”.

O resultado obtido na comparação entre os mapas iniciais e finais deve-se ao fato de que mapas conceituais são dinâmicos, estão constantemente mudando no curso da aprendizagem significativa. Isso foi observado no comportamento dos alunos com relação aos mapas pois as alterações continuaram ocorrendo inclusive no momento da apresentação dos mesmos e após também, sendo compartilhado no ambiente Teleduc a nova versão do mapa. Essas alterações, feitas de forma espontânea pelos alunos, demonstram que a estrutura cognitiva está

continuamente se reorganizando, por diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, o que sugere claramente a ocorrência de uma aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos.

No entanto outros pesquisadores obtiveram resultados parcialmente diferentes, como Azevedo et al. (2004). Os autores também utilizaram mapas para avaliar o aprendizado decorrente da utilização do software educacional para estudo de uma rota metabólica, denominado DMDV (Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual). Os alunos desenvolveram 3 mapas: o primeiro antes de começarem os estudos, o segundo após o estudo e o terceiro (mapa final) após dois meses do estudo. Os autores reportaram que os mapas finais apresentaram uma diminuição da pontuação média com relação ao segundo mapa e que interpretaram esse resultado como evocação de conhecimento estruturado, em função do prazo decorrido. De acordo com os resultados obtidos em nossa pesquisa, podemos inferir que a obliteração dos conceitos apresentados naqueles mapas finais, provocando a diminuição do escore, talvez seja um indício de aprendizagem não significativa.

As análises qualitativas e quantitativas se mostraram consistentes com a literatura (McClure, Sonak e Suen, 1999; Kinchin, 2000; Shavelson, 1994) . A validade e a confiabilidade da utilização de mapas conceituais como ferramenta no processo de avaliação do aprendizado é defendida por vários autores como Ruiz-Primo (1996,2000,2001), Shavelson e Huang (2003) e Shaka (1996). Shavelson e Ruiz-Primo (2000) no seu artigo “Windows into the Mind” utilizam mapas conceituais para avaliar a estrutura do conhecimento e fornecem evidências da sua qualidade técnica. Eles mostram que os mapas proporcionam uma “janela dentro da estrutura de conhecimento” dos alunos, de forma diferenciada dos testes tradicionais. Para Amoretti (2000),

os mapas são uma representação aberta do conhecimento e podem ser ferramentas capazes de mostrar as mudanças ocorridas na capacidade de representação prévia do aluno.

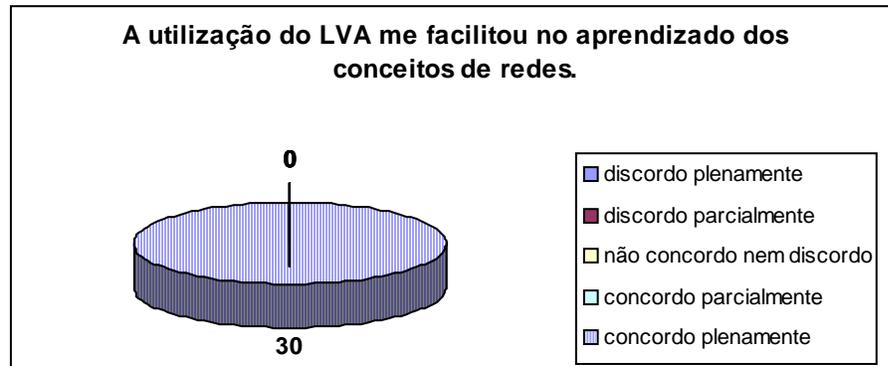
## **6.2 Resultados da Avaliação Pedagógica do ASTERIX**

Conforme descrito na metodologia desse trabalho de pesquisa, no final do semestre foi apresentado aos alunos um questionário adaptado<sup>31</sup>. Esse questionário foi separado em duas partes: a primeira contendo 22 questões (questionário fechado) e a segunda com 5 questões abertas. O questionário procurou identificar a opinião dos alunos sobre o Asterix, considerando aspectos de motivação proporcionada pelo laboratório, usabilidade, se as tecnologias utilizadas foram úteis no aprendizado dos conceitos de redes, entre outros. Os dados obtidos demonstraram que o laboratório virtual atingiu seus objetivos.

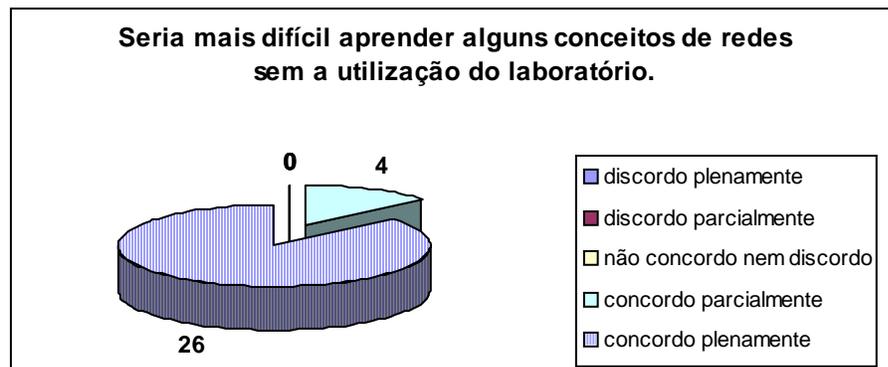
Foram realizadas análises quantitativas das respostas do questionário fechado e qualitativas das respostas do questionário aberto. O questionário foi respondido por 30 alunos (do total de 32 alunos, um trancou a matrícula e outro não compareceu na última aula), e dentre as respostas obtidas, serão apresentadas as que provaram a propriedade de alguns dos elementos inicialmente projetados e as que permitiram inferências quanto as alterações necessárias no laboratório.

Diferentes questões, em ordem não seqüencial, foram apresentadas aos alunos com a finalidade específica de saber se laboratório virtual ASTERIX auxiliou na aprendizagem dos conceitos de redes. A análise dos resultados demonstrou que os alunos consideraram o

laboratório uma ferramenta muito importante no processo de aprendizagem e desenvolvimento conceitual. Isto pode ser observado pelas respostas apresentadas a seguir nas figuras<sup>32</sup> 21,22,23, 24,25 e nas figuras 26,27, 28 e 29 (Anexo 5).



**Figura 21** – Resultado da questão 1.



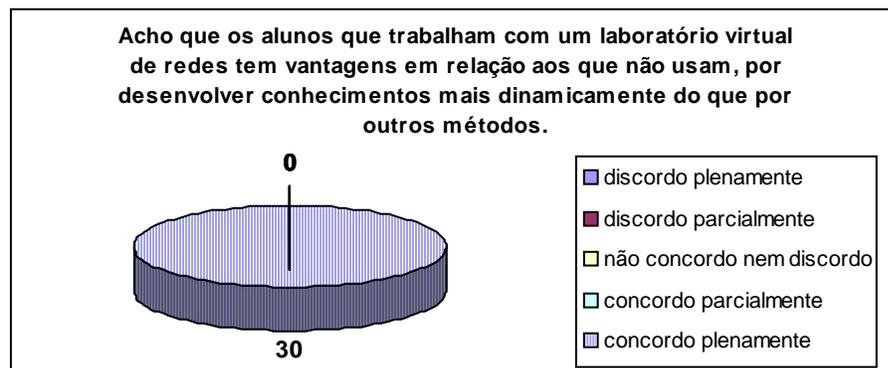
**Figura 22** – Resultado da questão 2.

<sup>31</sup> combinação de questionário aberto e fechado, no mesmo instrumento

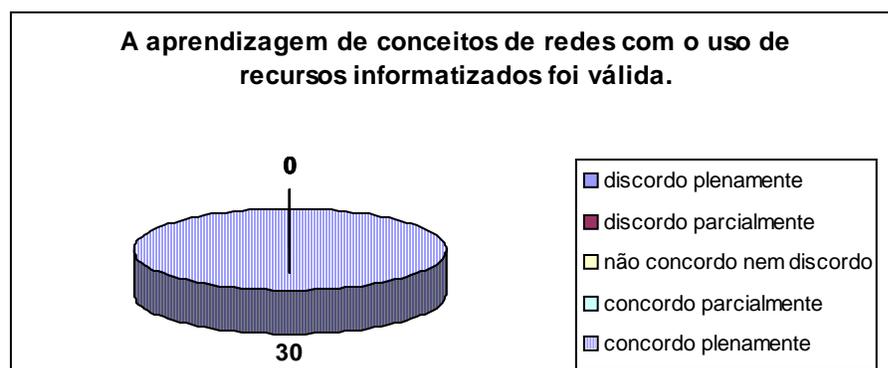
<sup>32</sup> os gráficos apresentam o número de respostas, por estudantes, em cada questão.



**Figura 23** – Resultado da questão 12.



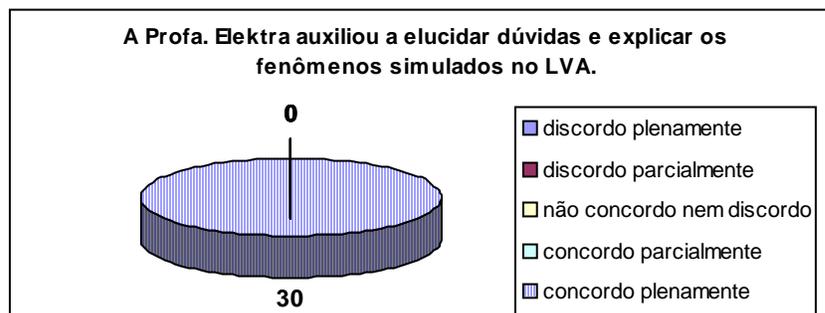
**Figura 24** – Resultado da questão 15.



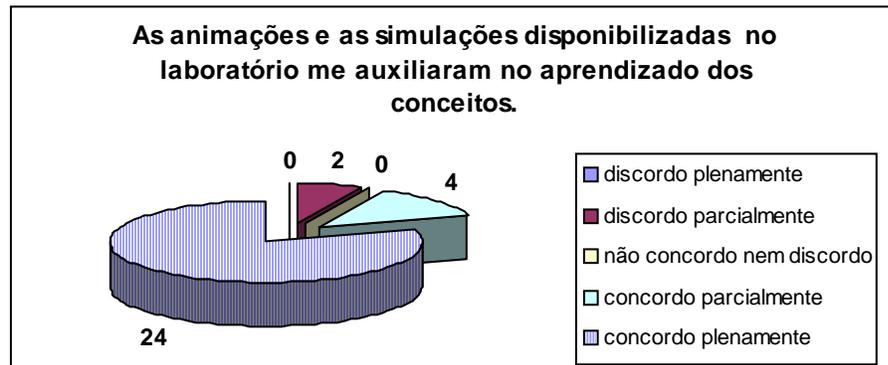
**Figura 25** – Resultado da questão 20.

Ao analisar as respostas das questões 1, 2, 12, 15, 20 juntamente com as questões 5,6, e 17(em anexo), percebe-se quase uma unanimidade dos alunos em consolidar que a utilização do laboratório virtual ASTERIX facilitou e influenciou significativamente a aprendizagem dos conceitos de redes. Observa-se também que a totalidade dos alunos considerou que o conhecimento adquirido através da interação com o laboratório tem aplicação prática, e que o aprendizado ocorre de uma forma mais dinâmica. Outro aspecto a ressaltar é que os alunos sentem-se capazes de ensinar o que aprenderam no laboratório (questão 17, ver Anexo 5), sugerindo uma estabilidade/segurança com relação aos conceitos assimilados, fato esse já observado nas discussões em sala de aula no decorrer do semestre. Os mapas conceituais e os projetos de redes desenvolvidos, em conjunto com as sugestões de novas animações e a identificação de animações propositadamente incorretas, são indicadores desta aplicabilidade e transferência de conhecimento.

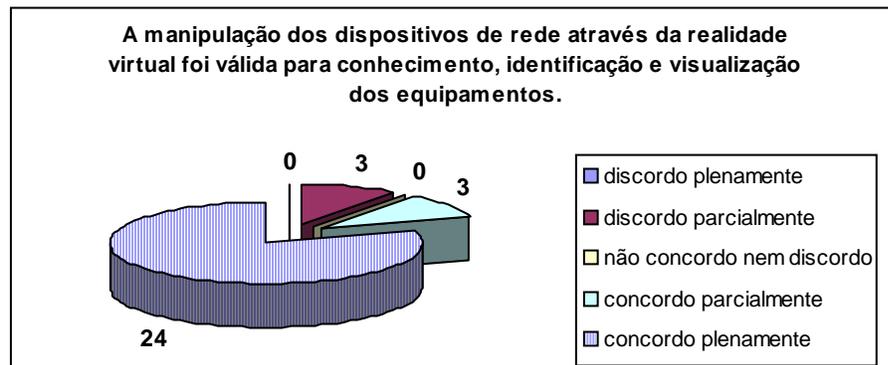
Foi solicitada a opinião dos alunos sobre o impacto do uso das tecnologias no processo de aprendizagem dos conceitos de redes. Para melhor análise, os recursos foram abordados individualmente, sendo a questão 7 relativa a Profa. Elektra, questão 11 sobre as animações e simulações, e a questão 22 sobre realidade virtual. As respostas são apresentadas a seguir nas figuras 29, 30, e 31.



**Figura 29** – Resultado da questão 7.



**Figura 30** – Resultado da questão 11.

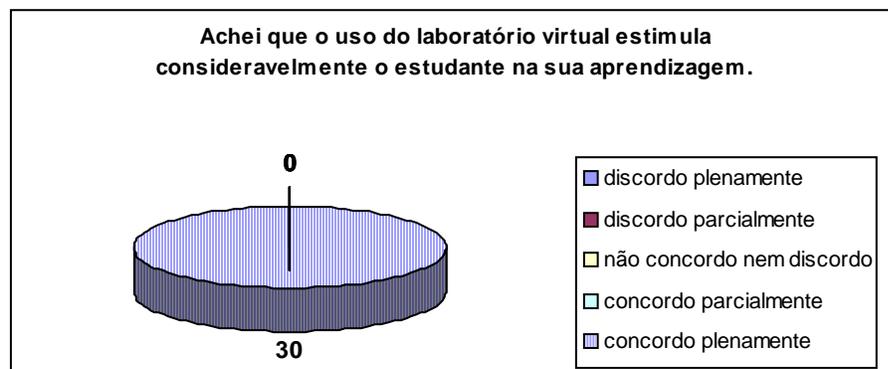


**Figura 31** – Resultado da questão 22.

De acordo com os resultados apresentados nas figuras acima, percebe-se a ocorrência de uma homogeneidade entre as tecnologias com relação ao impacto exercido sobre o processo de aprendizagem. Esse equilíbrio pode ser atribuído, em parte, ao esforço de disponibilizar sempre que possível os mesmos conceitos de redes em todos os recursos do laboratório (chatterbot, RV, animação e simulação) só que apresentados de forma diferenciada. Percebe-se também que a interação com o *chatterbot* (Profa. Elektra), mesmo estando com sua base de dados incompleta, foi o único recurso que obteve a unanimidade entre os alunos (Figura 29). Esse resultado vem confirmar as observações realizadas em sala de aula, onde se notou que

em busca de uma resposta os alunos primeiramente conversavam com a Elektra para depois utilizar os outros módulos. Em função desse comportamento pode-se identificar uma discreta preferência por esse recurso que, ao simular o comportamento humano, assumiu o papel de parceiro dos alunos dentro do laboratório.

Outro aspecto investigado foi a motivação dos alunos para usar o laboratório. As questões 10, 13, 14, 16 e 18 tiveram como objetivo identificar a opinião nesse contexto. Os resultados são apresentados na figura 32, no texto, e nas figuras 33, 34, 35 e 36 no anexo 5.

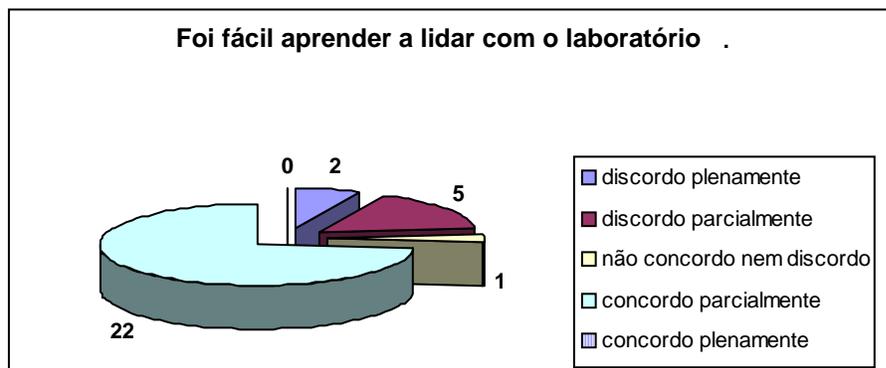


**Figura 32** – Resultado da questão 13.

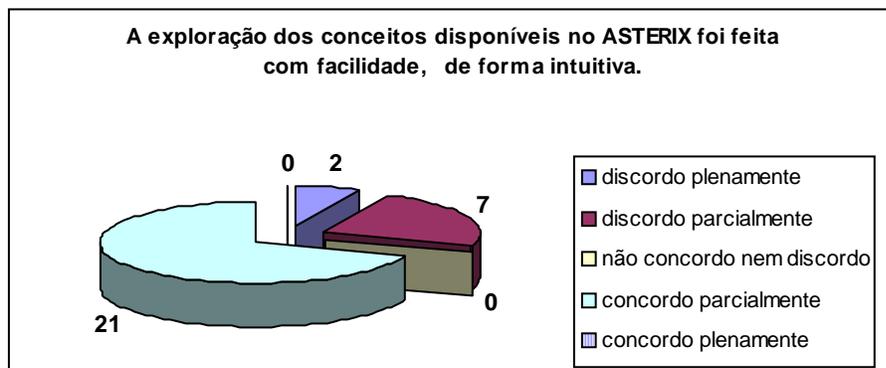
De acordo com os resultados apresentados nas questões 13 (acima) e 10,14,16 e 18 (em anexo), pode-se deduzir que o ambiente apresentou recursos que produziram expectativas e motivaram os alunos a explorar novos conhecimentos conceituais. A estratégia de utilização do laboratório também pode ter influenciado na motivação dos alunos pois após as aulas expositivas (para a apresentação dos organizadores prévios) eram apresentados comentários

ou questionamentos com o objetivo de instigar os alunos na busca de soluções/respostas que poderiam ser encontradas, ou explicadas ou simuladas no ASTERIX.

Já as questões 4, 8 e 10 tentaram identificar o grau de facilidade de interação com a interface do laboratório. Os resultados são apresentados nas figuras 37, 38 e 39.



**Figura 37** – Resultado da questão 4.



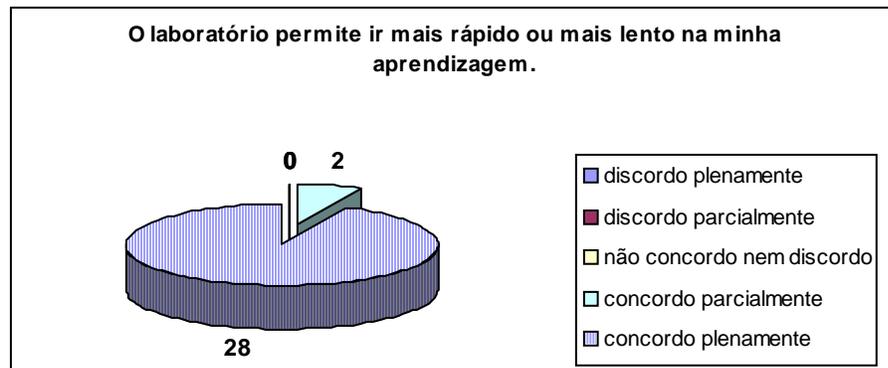
**Figura 38**– Resultado da questão 8.



**Figura 39** – Resultado da questão 10.

Analisando os resultados, não foi surpresa o fato de nenhum aluno ter assinalado *concordo plenamente* com a afirmação da questão 4 (Foi fácil aprender a lidar com o laboratório). Os alunos estranharam inicialmente a manipulação de interfaces em 3D, necessária para interação na sala e com os objetos desenvolvidos em realidade virtual. Alguns alunos reclamaram no Fórum do ambiente TelEduc que fez falta uma espécie de “mapa” do laboratório para facilitar a navegação. Também é possível observar que o fato da interface do laboratório não ser tão intuitiva e nem totalmente amigável não foi suficiente para impedir ou mesmo desencorajar o seu uso, como pode ser verificado na figura 39.

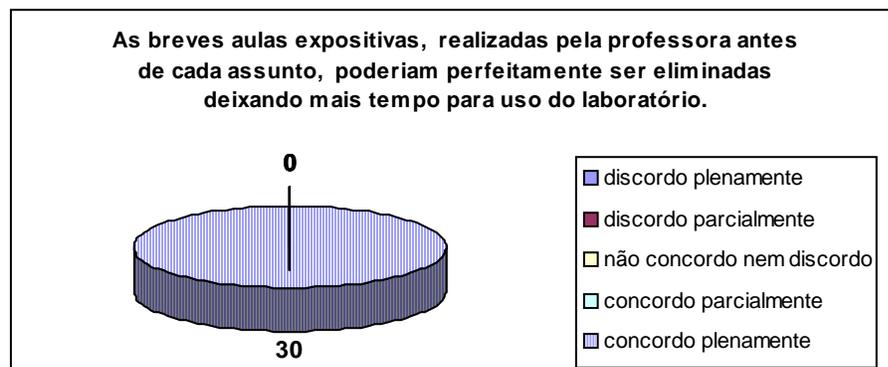
As questões 3, 19 e 9 (figura 40 no texto, 42 e 41 em anexo) tiveram como objetivo verificar se o laboratório virtual favorece o aprendizado dos conceitos de redes de acordo com o estilo e ritmo individual do aluno.



**Figura 40** – Resultado da questão 3.

Os resultados encontrados vieram confirmar opiniões já emitidas pelos alunos no decorrer do semestre. A maioria dos alunos concordou que o laboratório virtual respeita o ritmo individual de aprendizagem, permitindo ser utilizado conforme o andamento estipulado pelo aluno, atendendo em grande parte as necessidades individuais e capacidade de assimilação.

A questão 21 teve o objetivo de saber se foram importantes ou não para os alunos as aulas expositivas realizadas no início de cada tópico da disciplina. O resultado está representado na figura 43.



**Figura 43** – Resultado da questão 21.

Nesta questão, o grupo inteiro discordou totalmente da possibilidade de descartar a aula expositiva no início de cada tópico da disciplina. Alguns alunos chegaram a comentar que as informações passadas antes da utilização do laboratório foram responsáveis por um melhor aproveitamento dos conceitos disponibilizados no ASTERIX. Sendo assim, é possível inferir que os organizadores prévios apresentados serviram como ponte entre o conhecimento que os alunos já possuíam e os novos conceitos que foram apresentados no laboratório, comprovando também a importância e utilidade dos organizadores prévios sugeridos por Ausubel para facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa. Neste caso, conforme já citado anteriormente, esta atividade consistiu em desenvolver e utilizar organizadores comparativos e expositórios. Os comparativos foram apresentados no início de cada tema proposto, normalmente em aula expositiva e em material disponibilizado no ambiente Teleduc, e se prestaram, principalmente, para esclarecer diferenças entre conceitos que já faziam parte da estrutura cognitiva e os novos que seriam apresentados, como por exemplo, distinguir entre *cascateamento* e *empilhamento/stack* de Hubs.

Já os organizadores expositórios também contaram com material disponível na Profa. Elektra e com algumas animações, como a que representa um sinal analógico/degradação do sinal/repetidor de sinal<sup>33</sup>, que favorece a compreensão de conceitos como sinal analógico, transmissão de dados, degradação de sinal e repetidor de sinal analógico. Estes conceitos, por sua vez, serviram de esteio para a aprendizagem, por exemplo, dos conceitos de modulação/demodulação de dados, modem, meios de transmissão, e a compreensão de uma

---

<sup>33</sup>Figura 2 – página 40 desse trabalho.

das funções dos dispositivos de interconexão de redes, que é repetir o sinal analógico de um domínio para o outro.

Através do questionário aberto os alunos tiveram completa liberdade para opinar a respeito do ASTERIX, identificando aspectos positivos e negativos e apresentando sugestões. Foi realizada uma compilação das respostas, apresentadas a seguir.

Com relação as animações apresentadas, destacam-se as seguintes opiniões:

- ❑ facilitam muito a compreensão dos conceitos apresentados;
- ❑ tornam o aprendizado mais dinâmico e interessante;
- ❑ reduzem o grau de abstração necessário para o entendimento de conceitos mais complexos;
- ❑ é possível repetir tantas vezes quanto for necessário para uma boa compreensão;
- ❑ é possível visualizar o que “no mundo real” não seria possível, como uma VLAN por exemplo;

O módulo SR (Simulador de Rede) recebeu os seguintes comentários:

- ❑ foi muito importante pois aproximou da realidade profissional, exigindo soluções sempre “amarradas” a um orçamento;
- ❑ interessante poder testar o projeto de rede “antes de entregar a proposta”, comparar diferentes soluções, avaliar diferentes resultados;
- ❑ deixou o aprendizado “leve”, pois é possível errar muitas vezes nos testes sem ser avaliado pelo professor ou “gozado” pelos colegas;

Quanto a utilização da Profa. Elektra, destacam-se:

- ❑ a vantagem de ter uma profa. “sempre disponível”;
- ❑ apresenta várias respostas para a mesma dúvida, geralmente repetia a mesma pergunta para ver outras respostas;
- ❑ torna o processo mais dinâmico, não há disputa pela atenção da professora como ocorre em sala de aula, ou seja, não precisa “esperar para ser atendido”;
- ❑ muito válido as respostas da Elektra, e geralmente ela “engata” outra questão, deixando o aluno curioso e acaba conversando mais com ela;
- ❑ obtenção de respostas imediatas e sugestões de animações ou links que complementavam a resposta dada;

Da avaliação da sala e dos objetos em realidade virtual, os alunos comentaram o seguinte:

- ❑ dificuldades iniciais para “se movimentar” na sala 3D e “pegar” os equipamentos foi superada rapidamente, e é muito convidativo “caminhar” pela sala observando todo o ambiente;
- ❑ muito útil e importante poder observar com detalhes os dispositivos de rede. A manipulação dos objetos favoreceu o conhecimento do hardware, que pode ser visualizado de todas as formas, com riqueza de detalhes.

A última questão aberta fez referência ao conjunto ASTERIX + TelEduc, sobressaindo as seguintes respostas:

- ❑ o ambiente TelEduc complementa o laboratório, oferecendo recursos como fórum para discussões, muito utilizado no desenvolvimento dos trabalhos, mural e portfólio.

- é muito válido pois a agenda do ambiente (TelEduc) sempre apresentava sugestões de atividades, evitando a sensação de estar “perdido” nas aulas/atividades;
- a facilidade de dispor de um laboratório que pode ser acessado a qualquer hora, de qualquer lugar da rede, juntamente com um ambiente (TelEduc) que favorece o trabalho cooperativo entre os colegas.

Também foram sugeridas várias alterações no laboratório como, por exemplo, incrementar a base de dados da Profa. Elektra; apresentar dispositivos de redes de vários fabricantes em 3D; que o módulo SR passe a ter uma interface WEB e que o avatar da Elektra “pare de caminhar” na sala virtual. Essa solicitação demonstra que, mesmo não sendo intencional, o movimento do avatar dentro da sala acabou atuando como um elemento perturbador da cena virtual, comprovando de certa forma a inadequação de utilizar elementos que desviem a atenção do aprendiz (luzes piscando, movimentos, etc) visto que isso exige uma carga cognitiva extra.

### **Considerações finais das análises.**

De um modo geral, os dados obtidos com os instrumentos (projeto de rede, mapa e questionário) confirmaram que a utilização do ASTERIX facilitou a compreensão dos conceitos de redes, atingindo satisfatoriamente o objetivo proposto inicialmente e que é um recurso didático válido. Os “compartimentos incomunicáveis” que Ausubel se refere não transpareceram nos projetos e mapas, ao contrário, as conexões ficaram bem claras, por exemplo, nas justificativas das soluções adotadas para a solução do problema.

A metodologia adotada permitiu diferentes possibilidades de uso do laboratório, que de certa forma ultrapassaram as expectativas iniciais. O ASTERIX provê diferentes recursos para o desenvolvimento conceitual na área de redes e todos foram utilizados de forma equilibrada e em conjunto com outras atividades, favorecendo debates, confronto de hipóteses e idéias. As atividades foram selecionadas objetivando diferentes formas de interação dos alunos durante o uso do laboratório, como a cooperação entre eles durante os trabalhos realizados em grupo, com a presença de discussões construtivas e argumentações; a colaboração, quando um grupo realiza um trabalho que posteriormente é complementado por outro grupo e de forma individual, onde cada aluno busca seus objetivos, segue seu ritmo de aprendizagem.

## 7 Conclusões e trabalhos futuros

Pesquisas recentes em Informática Educativa atestam a importância de recursos computacionais como mediadores na aprendizagem de conceitos científicos. Apesar de os estudos apontarem para as vantagens do uso de tecnologia no ensino, ainda existe uma grande defasagem entre as expectativas geradas em função do potencial dessas tecnologias e a intensidade e o modo como estão inseridas nas atividades educacionais.

A grande preocupação demonstrada foi não utilizar esses recursos tecnológicos apenas como *transportadores de informação*. Foi discutido que a tecnologia não pode ensinar o aluno e que, ao contrário, os alunos devem utilizar os recursos para ensinar a si mesmos (aprender a aprender) e a outros, e, assim, eles aprendem satisfatoriamente, ensinando com tecnologias. Jonassen afirma que a aprendizagem significativa ocorrerá quando as tecnologias envolverem os alunos em:

- *Construção do conhecimento, não reprodução*
- *Conversação, não recepção*
- *Articulação, não repetição*
- *Colaboração, não competição*
- *Reflexão, não prescrição* (JONASSEN, 1999,p. 16)

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um laboratório virtual para a disciplina de redes de computadores, incorporando aspectos da realidade virtual, inteligência artificial e simulação/animação, a fim de facilitar a aprendizagem significativa dos conceitos básicos de redes.

O ASTERIX foi utilizado para acentuar, motivar e estimular o aluno na compreensão de certos eventos e conceitos, especialmente aqueles em que o ensino tradicional tem se mostrado inapropriado ou difícil. Segundo Gomes, um software educativo (ou laboratório virtual) é tão melhor para aprendizagem quão maior for o número de propriedades de conceito que seu uso faça emergir nos alunos. O laboratório virtual apresenta aos alunos conceitos de redes de forma multicontextual, utilizando diferentes recursos como realidade virtual, chatterbot, animação/simulação pois, segundo Ausubel, os atributos que definem um conceito são mais rapidamente aprendidos quando o conceito é encontrado numa ampla variedade de contextos, uma vez que a presença de suficiente redundância ou repetições assegura um domínio adequado. Por centrar-se na particularidade de casos isolados ou homogêneos, a aprendizagem multicontextual proporcionada pelo ASTERIX facilita a abstração dos atributos comuns, acentua o poder de generalização e aplicabilidade (transferência) do conceito resultante, e é dotada de maior estabilidade, como foi observada nos instrumentos (projetos e mapas).

Com a utilização do LVA pretendeu-se deliberadamente influenciar a estrutura cognitiva do aluno, de modo a maximizar a aprendizagem significativa e a retenção, manipulando/influenciando<sup>34</sup> variáveis cognitivas como: a) *disponibilidade*, na estrutura cognitiva do aluno, de conceitos de esteio especificamente relevantes num nível ótimo de inclusividade, generalidade e abstração. b) a *extensão* na qual tais idéias são discrimináveis de conceitos similares e diferentes (mas potencialmente passíveis de confusão) no material de aprendizagem; c) a *estabilidade e clareza* das idéias de esteio.

---

<sup>34</sup> A estrutura cognitiva do aluno pode ser influenciada (1) *substantivamente*, pela inclusividade, poder explanatório e propriedades integrativas dos conceitos apresentados aos alunos; e (2) *programaticamente*, por métodos adequados de

## Trabalhos futuros

O laboratório virtual ASTERIX comprovou ser uma ferramenta cognitiva válida para facilitar a aprendizagem significativa dos conceitos de redes, justificando assim seu crescimento e aperfeiçoamento. Algumas sugestões como: a) converter o módulo SR para web; b) desenvolver um agente pedagógico e importar os conhecimentos de rede da Profa. Elektra ; c) incluir classes na Profa. Elektra que realize comparações, como por exemplo, “cascateamento de hub x estaqueamento”; d) Tornar o ASTERIX um laboratório virtual “inteligente”, desenvolvendo uma espécie de “módulo do aluno” para reconhecimento dos variados estilos cognitivos dos alunos; e) realizar estudo sobre a percepção global e analítica dentro do laboratório virtual, no módulo de realidade virtual (sala e dispositivos). A percepção global visualiza o todo mas destaca os elementos *pop-out* e elemento perturbador. A percepção analítica é mais detalhada, dirigida pela atenção que é cultural e intencional (assim como a global). De acordo com Amoretti, Tarouco e Viccari (2001) a percepção é semiotizada, isto é, nada do que percebemos é realizado de maneira neutra, tudo é visto através do filtro cultural.

Tanto a conversão do SR para web quanto o desenvolvimento de um agente pedagógico já estão em andamento, o primeiro na forma de trabalho de graduação do CCI/UFSM e o segundo como tema de dissertação de mestrado do PPEE/UFSM, ambos trabalhos já estão registrados como projeto de pesquisa na instituição e são orientados pela autora.

Os resultados atingidos confirmaram a atuação do ASTERIX como:

- uma ferramenta cognitiva (que tem a pretensão de envolver e facilitar o processo cognitivo), que favorece ao aluno o *aprender com tecnologia*, de forma significativa, os conceitos tão necessários para a resolução de problemas na área de redes
- acentuador de cognição, que estimula o estudante a reorientar ou reformular materiais existentes, como alterações nas simulações, sugestões de novas animações, etc.

Na interação com o laboratório, os alunos demonstraram um grande envolvimento pessoal na aprendizagem elaborando suas conclusões sobre os principais conceitos envolvidos na área de redes e construindo suas interpretações pessoais.

Em busca de uma aprendizagem significativa dos conceitos de redes, o laboratório virtual ASTERIX demonstrou ser uma ferramenta adequada porque possibilitou aos alunos desenvolverem um processo cognitivo de aprendizagem em que eles próprios orientam a aquisição de novos conceitos, atendendo a necessidade de autonomia de aprendizes adultos.

Independente do uso de tecnologias, é possível compartilhar conceitos de duas maneiras: como se fossem flechas ou sementes. “Conceitos-Flecha” normalmente são utilizados por professores, ou pessoas que tem pressa ou que acreditam saber tudo. Vão direto ao coração/cérebro, e acabam matando a curiosidade e neutralizando a iniciativa dos alunos. Os “Conceitos-Flecha” são rapidamente colocados em prática, e logo esquecidos. Já os “Conceitos-Sementes” não almejam e não são tão objetivos, consideram diferentes variáveis e experiências.

Os “Conceitos-Semente” se ancoram em outros conceitos e crescem com raízes profundas na estrutura cognitiva. O sentimento é que o Laboratório Virtual ASTERIX continue crescendo e, na busca de uma aprendizagem significativa, atue como um “semeador” de conceitos de redes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACE – Graduate Studies in adult Education. **Malcolm Knowles: Apostle of Andragogy.** Disponível em: <<http://nlu.nl.edu/ace/Resources/Knowles.html>>. Acesso em: 20 set. 2002.

AKHRAS, F. N.; SELF, J. **A Process-oriented Perspective on Analysing Learner-Environment Interactions in Constructivist Learning: Proceedings of the Brazilian Symposium on Computing in Education.** In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 1995, Florianópolis.

ALICE (1995). **The A. L.I.C.E Foundation.** Disponível em: <<http://alicebot.org>>. Acesso em: abr. 2003.

AMORETTI, Maria Suzana Marc; TAROUCO, Liane. **Mapas conceituais: modelagem colaborativa do conhecimento.** In: Revista Informática na Educação: Teoria & Prática. Porto Alegre: PPGIE/UFRGS, v.3, n.1, set./2000.

AMORETTI, Maria Suzana Marc. **Protótipos e estereótipos: aprendizagem de conceitos – Mapas Conceituais: experiência em Educação à Distância.** In: Revista Informática na Educação: Teoria & Prática. Porto Alegre: PPGIE-UFRGS, v.4, n.2, dez./2001a.

AMORETTI, Maria Suzana Marc; TAROUCO, Liane; VICCARI, Rosa; KELLER, Rodrigo dos Santos. **O papel do Observador nos mundos virtuais subjetivos. Projeto CAMPUS VIRTUAL: um passeio virtual à pesquisa da UFRGS/Brasil.** In: CINTEC 2001, Aveiro, Portugal. Vol I, p. 405-419. 2001b.

AMORETTI, Maria Suzana Marc Amoretti. **Conceptual Maps: a metacognitive strategy to learn concepts.** In: 25 th annual meeting of the Cognitive Science Society. July 31 - Aug 2. 2003a.

AMORETTI, Maria Suzana Marc. **Cognitive Effects of Conceptual Maps in Distance Learning.** World Conference on E-Learning in Corp., Govt., Health., & Higher Ed., 1940-1945. 2003b

ARAGÃO, Rosália M. R. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel.** Campinas: UNICAMP, 1976. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual Campinas, 1976.

AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: A cognitive view.** Nova York, Holt: Rinehart and Winston Inc., 1968.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: A cognitive view.** 2.ed., Nova York, Holt: Rinehart and Winston Inc., 1978.

\_\_\_\_\_. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AZEVEDO, Ana; LAZZAROTTO, G.; TIMM, M. I.; ZARO, M. **Relato de uma experiência com o uso do Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual do Ciclo de Krebs.** RENOTE – CINTED/UFRGS. V2. No. 1. Março, 2004.

BARFIELD, W; FURNESS III, T. **Virtual Environments and Advanced Interface Design.** New York, USA: Oxford University Press, 1995.

BARFIELD, W; ZELTZER, D.; SHERIDAN, T. et al. Presence and Performance within Virtual Environments. In: BARFIELD, W.; FURNESS III, T. **Virtual Environments and Advanced Interface Design.** New York, USA: Oxford University Press, p. 473-513, 1995.

BAX, M. P., SOUZA, R. R. Uma Proposta de Uso de Agentes e Mapas Conceituais para Representação de Conhecimentos Altamente Contextualizados In: **4o. Simpósio Internacional de Gestão do Conhecimento/Gestão de Documentos.** Curitiba: ISKM/DM, 2001.

BECK, J.; STERN, M.; HAUGSJAA, E. **Applications of AI in education.** s.l.: Association for Computing Machinery in the ACM's first electronic publication. 1996. Disponível em: <<http://info.acm.org/crossroads/doc/indices/features.html>>. Acesso em: 20 jun. 2002.

BEHAR, P. A. **Avaliação de softwares educacionais no processo de ensino aprendizagem computadorizado: um estudo de caso.** Porto Alegre, CPCC,UFRGS. Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação. 1993.

BRICKEN, W. **Learning in Virtual Reality** (Memorandum HITL-M-90-5). Seattle, WA: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, 1990.

BROOKS JR., F.; LOFTIN, B.; DEDE, C. Virtual Reality in Education: Promise and Reality. In: **Virtual Reality Annual International Symposium.** Atlanta, Georgia, USA: IEEE Computer Society Press, p. 208, 1998. (Panel)

BYRNE, C. Virtual Reality and Education. In: **Proceedings of IFIP WG3.5 International Workshop Conference.** s.l.: s.ed., p. 181-189, 1993.

CAMACHO, Maria de Lourdes A. S. M. **Realidade virtual e Educação.** Lisboa: Universidade Aberta, Divisão de Mediatização, 1999. Disponível em: <<http://penta2.ufrgs.br/projetos/upload/files/rved.htm>>. Acesso em: 28 jan. 1999.

CAMPBELL, Donald Thomas. STANLEY, Julian Cecil. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa.** São Paulo: EPU, 1979. 138 p. : il.

CAÑAS, A. J., COFFEY J. W., CARNOT M. J., HOFFMAN R. R, NOVAK J. D.. **A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support.** Technical Report submitted to the Chief of Naval Education and Training, Pensacola, FL, 2003. Disponível em: <http://www.ihmc.us/users/acanas/Publications/ConceptMapLitReview/IHMC%20Literature%20Review%20on%20Concept%20Mapping.pdf> . Acesso em: 27 jan. 2004.

CANTU, Evandro. **Redes de Computadores: Abordagem de ensino-aprendizagem apoiada em “temas geradores”**. Santa Catarina: PPGEP – UFSC, 2001. Tese, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.sj.cefetsc.edu.br/~cantu/curriculum.htm>>. Acesso em: maio/2003.

\_\_\_\_\_. Redes de Computadores: Em busca de uma abordagem metodológica adaptada a era da Internet. **In: Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC2002) – Workshop de Ensino de informática (WEI2002)**. s.ed. :Florianópolis, julho de 2002.

CHAIBEN, Hamilton. **Inteligência Artificial na Educação**. Paraná: Universidade Federal do Paraná, Centro de Computação Eletrônica, Divisão de Suporte Técnico. Documentos Técnicos, 1999.

COMER, Douglas E. **Internetworking with TCP/IP Volume 1**. 2. ed. s.l.: Prentice-Hall, 1991.

COSTA, Marcello Thiry Comicholi da. **Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Suporte ao Ensino à Distância**. Santa Catarina: UFSC, 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 1999.

CRONIN, P. **Report on the Applications of Virtual Reality Technology to Education**. Edinburgh: Human Communication Research Centre, University of Edinburgh, p. 18, 1997. Disponível em: <<http://www.cogsci.ed.ac.uk/~paulus/Work/Vranded/vr.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2002.

DEDE, C.; SALZMAN, M.; LOFTIN, R. et al. Multisensory Immersion as a Modeling Environment for Learning Complex Scientific Concepts. In: FEURZEIG, W.; NANCY, R. **Modeling and Simulation in Sciences and Mathematics Education**. New York, NY: Springer-Verlag, p. 282 – 319, 1999.

FÄLLMAN, D., BACKMAN, A., HOLMLUND, K. **VR in Education: An Introduction to Multisensory Constructivist Learning Environments**, Conference on University Pedagogy Umea University, Umea, Sweden, February 18-19, 2000.

FARIA, W. de. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo, Ática, 1989.

FIALHO, Francisco Antonio Pereira; ALVES, Adriana Gomes. Agentes cognitivos na Educação. In: **I Congresso Brasileiro de Computação – CBComp2001**. Santa Catarina: Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI 2001, 20 a 24 de agosto de 2001.

FISHER, G. **Supporting learning on demand with design environments**. Evanston: Proceedings of the International Conference on the Learning Sciences, 1991.

FRAGA, Luciane M.; NUNES, Maria Augusta S. N. et al. Guilly – Um Agente Pedagógico Animado para o AVEI. In: **SBIE 2001 – XII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – Educação a Distância Mediada por Computador**. s.l.: s.ed., 21 a 23 de novembro de 2001.

FRANÇA, L. **Condições para Fazer e Compreender na Realidade virtual**. Porto Alegre: PGIE/UFRGS, 2003. Tese (Doutorado em Informática na Educação), Curso de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

GAGE, N.G. Theories of Teaching. In: **Theories of learning and instruction**. 63<sup>rd</sup> Yearbook, National Society for the Study of Education, Part I. Chicago: University of Chicago Press, 1964.

GARCIA, Fabiano Luiz Santos; CAMARGO, Fabio; TISSIANI, Gabriela. Metodologia para Criação de Ambientes Virtuais Tridimensionais. In: **15º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico IV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design**. São Paulo, Brasil: 5 a 9 novembro, 2001.

GOMES, Alex Sandro. **Développement conceptuel consécutif a l'activité instrumentée - L'utilisation d'un système informatique de géométrie dynamique au collège**. Tese de Doutorado. Universidade de Paris. Paris. 1999.

\_\_\_\_\_. Modelo de análise da aprendizagem na educação à distância: aspectos da mediação por artefatos computacionais. In: **V Congresso Ibero-americano de Informática Educativa**. Viña del Mar: s.ed., 2000.

\_\_\_\_\_. Modelo para a análise da aprendizagem consecutiva ao uso de artefatos computacionais. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 2000, Maceió. Anais. Maceió: Editora Universitária da UFAL, 2000, v. 1, p. 399-400.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem de Conceitos Geométricos com Software da Geometria Dinâmica. In: **VIII Congresso Ibero-americano de Informática Educativa**.: s.ed., 2003

GRECA, I.M., MOREIRA, M. A. **Além da detecção de modelos mentais dos estudantes – uma proposta representacional integradora**. Investigações em ensino de ciências II, UFRGS. Vol. 7, n.1, março, 2002.

HARASIN, Linda. On-Line Education: A New Domain. In: MASON, Robin; KAYE, Anthony (ed.) **Mindweave: Communication, Computers and Distance Education**. Oxford: PergamonPress, 1989. Disponível em: <<http://wwwicdl.open.ac.uk/mindweave/mindweave.html>>. Acesso em: jun. 2000.

HASSAN, Elizângela Bastos. **VIRTUALNET Laboratório Virtual de Redes de Computadores**. Dissertação de Mestrado. PPGC/UFRGS – 2003

HEWLETT PACKARD. **Network Design Guide – Designing Workgroup Networks**. Hewlett Packard Company. P/N 5964-1731E. Printed in USA, 1995.

HEWLETT PACKARD. **NetworkConnectivity – Integrated, scalable solutions that meet network needs**. Hewlett Packard Company. P/N 5962-9489E. Printed in USA, 1996.

HINOSTROZA J. E., MELLAR H., Pedagogy embedded in educational software design: report of a case study, *Computers & Education* 37, 27–40, 2001.

INHELDER, Barbel; BOVET, Magali; SINCLAIR, Hermine. **Aprendizagem e estruturas do conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 1977. 282p. : il.

JOHNSON, A.; ROUSSOS, M.; LEIGH, J. et al. **Learning and Building Together in an Immersive Virtual World**. USA: Presence, p. 247-263, June 1999.

JONASSEN, David. H. O Uso das Novas Tecnologias na Educação à Distância e a Aprendizagem Construtivista. In: **Em Aberto**. Brasília, ano 16, n.70, abr/jun. 1996.

JONASSEN, David H. **Computers in the Classroom : mindtools for critical thinking** Englewood Cliffs : Prentice Hall, 1996. 291 p.

JONASSEN, David H.; PECK, Kyle L.; WILSON, Brent G. **Learning with Technology – A Constructivist Perspective**. New Jersey, Columbus, Ohio: Merrill, an imprint of Prentice Hall, 1999.

KATZ, S. **Identifying the support needed in computer-supported collaborative learning systems**. Proceedings of computer support for collaborative learning conference. Indiana, USA: s.ed., 1995.

KINCHIN, I., Hay, D. & Adams. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. **Educational Research**, 42(1), 43-57. (2000a).

KINCHIN, I. **Using Concept Maps to Reveal Understanding: a Two Tier Analysis** . School Science Review, 81, (296) p. 41-46, March, 2000.

KNAPIK, M.; JOHNSON, J. **Developing Intelligent Agents for Distributed Systems**. Nova York: Computing McGraw-Hill, 1998.

KOEDINGER, K.; ANDERSON, J. Intelligent tutoring goes to school in the big city. **IJAIE – International Journal of Artificial Intelligence in Education**, s.l: 1997. Disponível em: <<http://www.cs.ubc.ca/~conati/532b/papers/algebratutor.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2003.

KRUEGER, M. **Artificial Reality II**. USA: Addison-Wesley, 2ed., p. 286, 1991.

LAVEN, S. J. **The Simon Laven Page**. Disponível em: <<http://www.simonlaven.com/>>. Acesso em: abr. 2003.

KRÜGER, S. E.; Fritsch, E. F.; VICARRI, R. M. Avaliação Pedagógica do Software STR. In: **Revista Brasileira de Informática na Educação**. ISSN 1414-5685. v.8, abril/2001.

LEONHARDT, Michelle Denise; DUTRA, Renato Luís de Souza; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach et al. ELEKTRA: Um *Chatterbot* para Uso em Ambiente Educacional. In: **Revista RENOTE – II Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre: set./2003, v. 1, n. 2, 2003.

LINDEMAN, Eduard C. **The Meaning of Adult Education**. New York: New Republic, 1926.

LUZ, R. **Proposta de especificação de uma plataforma de desenvolvimento de ambientes virtuais de baixo custo**. Florianópolis: UFSC, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

\_\_\_\_\_. **Proposta de plataforma para experimentos em realidade virtual**. Florianópolis: UFSC, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MAES, Pattie. **Modeling Adaptative Autonomous Agents**. Langton: MIT Press, v.1, n. 1, 1994. Disponível em: <<http://agents.media.mit.edu/publications/>>. Acesso em: 20 jul. 2003.

MARKHAM, K., MINTZES, J. and JONES, G. The concept map as a research and evaluation tool: Further evidence of validity. **Journal of Research in Science Teaching**, 31(1): 91-101. 1994.

MCARTHUR, D.; LEWIS, M. W.; BISHAY, M. **The roles of artificial intelligence in education: current progress and future prospects**. s.l.: s.ed., nov./1993. Disponível em: <<http://www.rand.org/hot/mcarthur/Papers/role.html>>. Acesso em: 23 nov. 2002.

MEDINA, R. D.; TAROUCO, Liane.Margarida R.; BORTOLOTTI, E. **Tecnologias Aplicadas no Ensino de Redes de Computadores: um Protótipo de Laboratório Virtual para Facilitar a Aprendizagem Significativa**. La Plata, Argentina: CACIC 2003 – Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 06 nov. 2003.

MELO, Edison; VIEIRA, Elvis; SARI, Solange. Implantação de um Sistema de Gerenciamento Distribuído– Utilizando Tivoli. In: **Anais do II Workshop RNP2**; Rio de Janeiro, 23 e 24 de maio de 2000.

MONTEIRO, José Augusto Suruagy; MARTINS, Joberto Sérgio Barbosa; GIOZZA, William Ferreira. Uma Proposta de Plano Pedagógico para a Matéria Redes de Computadores. In: **Anais do II Curso de Qualidade de Cursos de Graduação da Área de Computação e Informática**. s.ed.: Curitiba, 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

\_\_\_\_\_. **A teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área**. Investigações em ensino de ciências II, UFRGS. v.7, n.1, mar./2002.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. S. **Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel**. 2.ed., São Paulo: Editora Centauro, 2002.

NEALE, H.; BROWN, D.; COBB, S. et al. **Structured Evaluation of Virtual Environments for Special-Needs Education**. USA: Presence, p. 264-282, 1999.

NOVAK, J. D. Understanding the learning process and effectiveness of teaching methods in the classroom, laboratory and field. In: **Science Education**, s.l.: s.ed., 1976.

\_\_\_\_\_. An alternative do piagetian psychology for Science and Mathematics education. In: **Science Education**, s.l.: s.ed., 1977.

NOVAK, J. D. and Gowin, D. Bob. **Learning how to learn**. New York: Cambridge Universitu Press, 1984.

NWANA, H. **Software Agents: An Overview**. s.l.: Knowledge Engineering Review, v.11, n. 3, set. 1996.

OECD – ORGANI SATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Beyond Rhetoric: Adult Learning Policies and Practices. In: **Au-delà du discours: Politiques et pratiques de formation des adultes**. s.l.: s.ed., 2003. Disponível em: <[www.oecd.org/bookshop/](http://www.oecd.org/bookshop/)>. Acesso em: 20 out. 2003.

OLIVEIRA, Ari Batista de. Andragogia – facilitando a aprendizagem. In: **Educação do Trabalhador**, s.l.: CNI-SESI, v. 3, 1999.

\_\_\_\_\_. **Andragogia**. Disponível em: <<http://www.terravista.pt/meco/46/8andragogia.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2000.

PANTELIDIS, V. S. Virtual Reality and Engineering Education. In: **Computer Applications in Engineering Education**. USA: Spring, p. 3-12, 1997.

PARK, O.; PEREZ, R. S.; SEIDEL, F. J. Intelligent CAI: Old Wine in New Bottles or a New Vintage? In: KEARSLEY, G. **Artificial Intelligence and Instruction – Applications and Methods**. s.l.: s.ed., p. 11-45, 1987.

PAZ, Carolina Rodrigues **A Aprendizagem de Adultos em Ambientes Virtuais On-line**. s.l.: EJA'2001. Disponível em: <[www.oecd.org/bookshop/](http://www.oecd.org/bookshop/)>. Acesso em: 04 jul. 2002.

PEARSALL, R., SKIPPER, J., and MINTZES, J. Knowledge restructuring in the life sciences: A longitudinal study of conceptual change in biology. **Science Education**, 81, 193-215.

PELIZZARI, Adrian.; KRIEGL, Maria de Lurdes; BARON, Márcia Pirih. et al. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel**. Curitiba: Revista PEC, v.2, n.1, p. 37-42, jul./2001-jul./2002.

PETRECHE, J. R. D.; GRAÇA, V. A. C.; SANTOS, E. T. O Uso de Animação como Ferramenta de Ensino-Aprendizado Vinculado ao Processo de Abstração Geométrica. **In: Anais do III Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho (GRAPHICA 2000)**. s.ed.: Ouro Preto, MG., jun. 2000 (CD-ROM).

PRIMO, Alex Fernando Teixeira; PAIM, Marcos Flávio Rodrigues; COELHO, Luciano Roth et al. Um *chatbot* para educação a distância In: **V CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**, 2000, Viña Del Mar. Anais do V Congresso Ibero-americano de Informática na Educação, 2000.

QUEIROZ, Ana Emília de Melo; GOMES, Alex Sandro; CARVALHO, Francisle Assis Tenório de. **Mineração de Dados de IHC para Interface Educativas**. s.l.: Revista Eletrônica de Iniciação Científica, 2002.

RAUEN, Tânia Regina S. **Uma Abordagem Alternativa Para Ensino De Redes De Computadores**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. UFSC. 2003.

RHEINGOLD, H. **Virtual Reality**. New York, NY, USA: Touchstone, 1992.

RICKEL, J. W. **Intelligent Computer-Aided Instruction: A Survey Organized Around System Components**. s.l.: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, v. 19, n.1, p. 40-57, 1989.

RODRIGUES, A. **A pesquisa Experimental em Psicologia e Educação**. Rio de Janeiro. Editora Vozes. 1975.

RUIZ-PRIMO, M. A. **On the use of concept maps as an assessment tool in science: What we have learned so far**. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 2 (1). 2000.

RUIZ-PRIMO, M. A. & Shavelson, R. J. **Problems and issues in the use of concept maps in science assessment**. Journal of Research in Science Teaching, 33(6), 569-600. 1996.

RUIZ-PRIMO, M.A., SCHULTZ, E. S., LI, M., & SHAVELSON, R.J. **Comparison of the Reliability and Validity of Scores From Two Concept-Mapping Techniques**. Journal of Research in Science Teaching, 38(2), 260-278. 2001.

RUSSEL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. New Jersey Prentice Hall, Upper Saddle River, 1995.

SEIDEL, R.; CHATELIER, P. **Virtual Reality, Training's Future?** New York: Plenum Press, 1997.

SHAKA, F.; BITNER, B. **Construction and validation of a rubric for scoring concept maps**. Proceedings of the 1996 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science -Session S4.2- pp.650-669. 1996.

SHAVELSON, R.J., & HUANG, Leta. **Responding responsibly to the frenzy to assess learning in higher education.** in: *Change*, V.35(1), 10-19. 2003.

SHAVELSON, R. J., RUIZ-PRIMO, M. A., & WILEY, E. **Windows into the Mind.** *International Journal of Higher Education*. 2000.

SOARES, L. F. G.; LEMOS, G.; COLCHER, S. **Redes de Computadores. Das LANS, MANs e WANs às Redes ATM.** 2.ed. s.l.: Editora Campus, 1995.

STALLINGS, W. **Data and Computer Communications.** 6. ed. s.l.: Prentice Hall, 1999.

STANTON, Michael “Metodologia de Ensino de Redes de Computadores”. **In: XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC2002).** s.ed.: Florianópolis, julho de 2002.

STEINEMANN, M.; BRAUN T. **Remote Versus Traditional Learning in a Computer Networks Laboratory.** Disponível em: <[http://www.vitels.ch/doc/Remote\\_vs\\_Traditional.pdf](http://www.vitels.ch/doc/Remote_vs_Traditional.pdf)> Acesso em 06 jul 2003.

STEVENS, W. Richard. **TCP/IP Illustrated Volume 1 – The Protocols.** s.l.: Addison Wesley, 1994.

STUART, R. **The Design of Virtual Environments.** New York, USA: McGraw Hill, 1996.

TANEMBAUM, A. **Redes de Computadores.** 3.ed. s.l.: Editora Campus, 1997.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; FABRE, Marie-Christine Julie Mascarenhas; KELLER, Rodrigo dos Santos. Ambientes de Colaboração Visual na Educação. **In: XX CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO – WORKSHOP INFORMÁTICA NA ESCOLA,** 2000, Curitiba. Anais do XX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2000. (a)

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; FABRE, Marie-christine Julie Mascarenhas; KELLER, Rodrigo dos Santos. Pesquisa em Ambientes de Colaboração Visual na Educação. **In: V CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO,** 2000, Viña Del Mar. Anais do V Congresso Ibero-americano de Informática na Educação. 2000. (b)

TAROUCO, Liane M. R.; HASSAN, Elizângela Bastos; KELLER, Rodrigo dos Santos; **Laboratório Virtual de Redes.** (Artigo Poster) Florianópolis: Anais do IV Symposium on Virtual Reality, 16-19 de outubro de 2001.

TAXÉN, Gustav; NAEVE, Ambjörn. **A System for Exploring Open Issues in VR-based Education.** Report number: CID-137.ISSN 1403 – 0721 (print) 1403 – 073 (Web/PDF). August, 2001.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In NASSER, L. **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro.** s.ed.: Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. **A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos.** Revista do GEMPA: Porto Alegre, 1996b.

VICCARI, Rosa M. Inteligência Artificial e Educação – Indagações Básicas, In: IV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 1993, Recife. **Anais.**

WALLACE, J. and MINTZES, J. The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. **Journal of Research in Science Teaching**, 27(10): 1033-1052. 1990.

WINN, W. A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality. **HITL Technical Report R-93-9.** Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, 1993.

WOOLDRIDGE, Michael; JENNINGS, Nick. **Intelligent Agents. s.l.:** Theory and Practice, 1995. Disponível em: <<http://www.doc.mmu.ac.uk/STAFF/mike/ker95/ker95.html>>. Acesso em: 30 set. 1997.

YOUNGBLUT, C. **Educational Uses of Virtual Reality Technology. IDA Document D-2128.** Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses, 1998.

ZACHMANN, G. VR-Techniques for Industrial Applications. In: DAI, F. **Virtual Reality for Industrial Applications.** Berlin, Germany: Springer.

## GLOSSÁRIO

**Bastion host** – é um computador/sistema especificamente configurado e protegido para resistir aos ataques externos. Todos os serviços, programas, portas UDP/TCP e protocolos desnecessários são removidos ou desabilitados.

**Bridges e Switchs** -Bridges e switches são similares e ambos dispositivos podem ser utilizados para prover maior segurança das redes, filtrar o tráfego, utilizar o *Spanning Tree Protocol*, segmentar domínios de colisão. Switches são essencialmente bridges multiportas. As redes Ethernet/802.3 são baseadas num único segmento (domínio de colisão) onde o acesso para o barramento é fornecido unicamente para um usuário por vez. A LAN pode ser dividida em múltiplos segmentos (domínios de colisão) para reduzir a quantidade de tráfego na rede em qualquer segmento. Um switch pode ser inserido na rede para providenciar esta divisão. A introdução de um switch também melhora consideravelmente o desempenho da rede em função de ser equipado com múltiplos e simultâneos caminhos de comunicação paralela, entre os segmentos.

**Colisão de pacotes** - Em redes Ethernet e similares os computadores se comunicam pelo envio de pacotes de dados através da LAN. Como a máquina envia um pacote, ela “escuta” a rede para ter certeza que o pacote enviado não colidiu com outro pacote que estava sendo enviado por outro computador no mesmo instante. Se uma colisão ocorre, os computadores envolvidos na colisão detectam o fato, param a transmissão, aguardam um tempo randômico e então tentam novamente. A ausência de uma detecção de colisão é a indicação para o computador que seu pacote foi transmitido com sucesso.

**Domínios de Colisão** - As máquinas de uma rede não podem perder todo o seu tempo esperando por todos os lados que colisões não ocorram. Para um sistema assim trabalhar, há um tempo combinado para espera após um pacote ter presumidamente atravessado a rede sem colidir com qualquer outro. Este tempo combinado é definido pelo padrão, e é conhecido como *maximum round trip time*. Uma rede está de acordo com um conjunto de regras somente quando as colisões podem ser reportadas para todos os computadores participantes da rede dentro do *maximum round trip time*. Esta região é conhecida como Domínio de Colisão.

**DoS** (*Denial of Service ou serviço negado*) - torna indisponível a rede ou os servidores da empresa para que usuários legítimos não possam acessar os serviços ou para que as operações normais da empresa, como a produção, sejam obstruídas.

**firewall** - sistema ou grupo de sistemas que reforça uma política de segurança de dados existente entre uma organização e eventuais usuários situados fora desta, em particular na Internet, criando uma barreira inteligente através da qual só passa o tráfego autorizado. Existem muitos fabricantes, que realizam diferentes implementações, mas é possível realizar uma classificação em três categorias: firewalls de filtragem de pacotes, servidores proxy de aplicativos e firewalls SPI (stateful packet inspection).

**Hub** - Um Hub é um repetidor de sinal multiporta. É utilizado para conectar segmentos de LAN e possui as seguintes características: não requer configuração (plug-and-play), é transparente (as máquinas da rede não sabem que ele está lá), tudo o que “escuta” de um lado passa para outro, e

vice-versa. Como desvantagens apresenta: a) passa todo o tráfego, inclusive erros e colisões; b) o tráfego pesado de usuários interfere no tráfego de toda a rede.

**NAT (*Network Address Translator*)** - Tradutores de endereços de redes. Servem para contornar a falta de endereços IP registrados. A empresa tem um IP conhecido e fornecido por um ISP (*Internet Service Provider*) sendo os demais criados internamente e geridos pelo NAT.

**scanner de portas** - é um software que pode mapear uma rede. Muito utilizado pelos hackers para descobrir a estrutura da rede e o software que está sendo executado nela, tendo uma idéia de como é a rede. De posse dessas informações, pode explorar falhas de software conhecidas e utilizar ferramentas para causar danos.

**VLAN (*Virtual LAN*)** - Os switches são os dispositivos de redes que possibilitam a criação de Virtual LANs (VLANs). Uma VLAN é um grupo de computadores e dispositivos, como roteadores e bridges, que formam um único domínio de broadcast. VLANs são formadas para agrupar usuários afins independente da conexão física de suas máquinas na rede. Os usuários podem estar espalhados através de um campus ou dispersos geograficamente. Várias estratégias podem ser utilizadas para agrupar usuários. Por exemplo, os usuários podem ser reunidos de acordo com seu departamento ou com sua função. De uma maneira geral, o objetivo é concentrar usuários dentro de VLANs de tal modo que a maior parte do seu tráfego permaneça dentro da VLAN. Ao se implementar uma VLAN, a rede apresenta benefícios como controle de broadcast, segurança, desempenho e facilidade de gerenciamento das VLANs.

## ANEXO 1

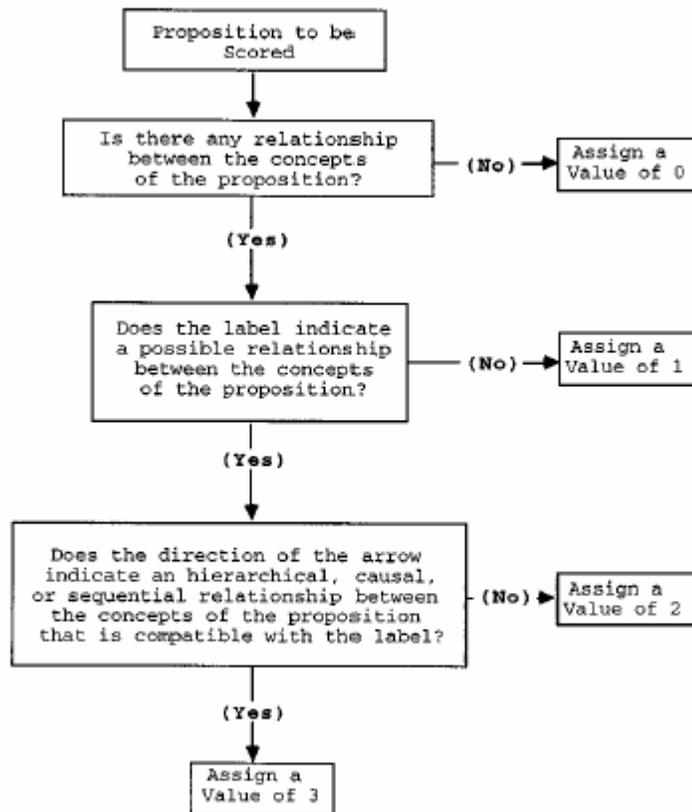


Figura 13 – Protocolo para o Método de Escore Relacional (McClure et al, 1999)

## ANEXO 2

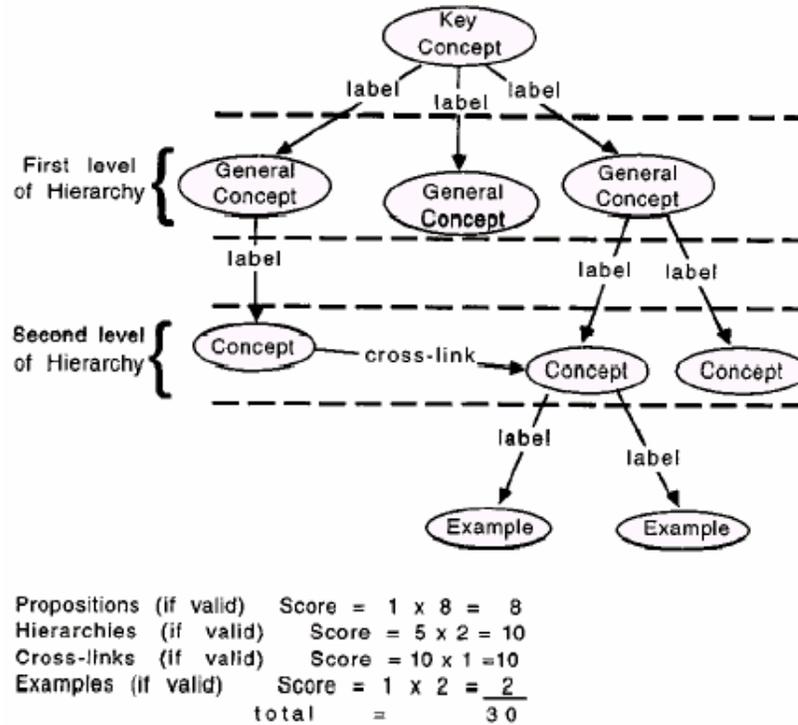


Figura 14 – Instruções para o Método de Escore Estrutural (Novak, 1984)

## ANEXO 3

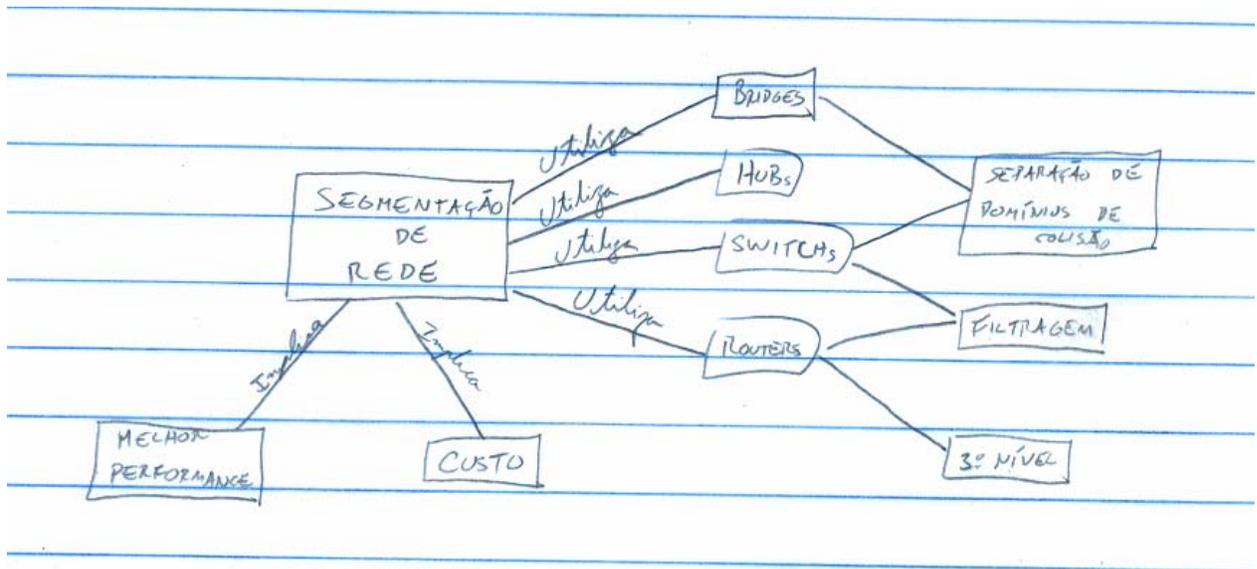


Figura 19– Exemplo de mapa inicial

ANEXO 4

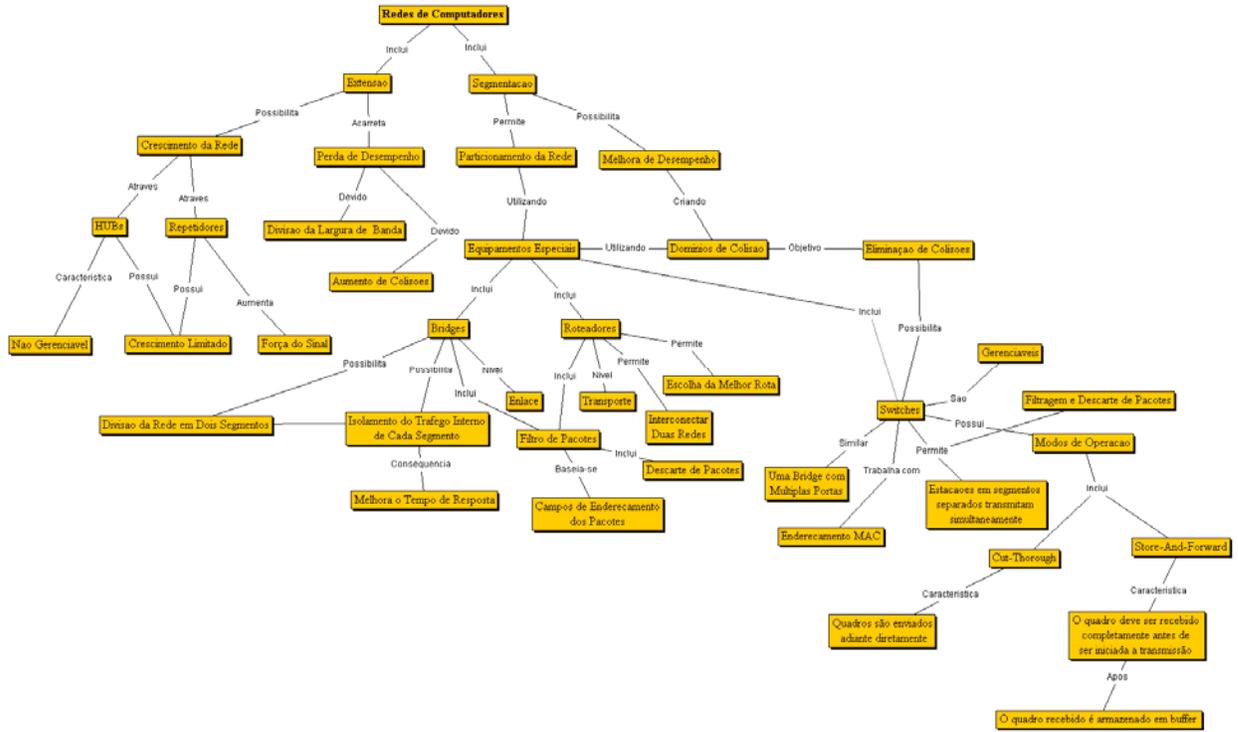


Figura 20– Exemplo de mapa final

## ANEXO 5

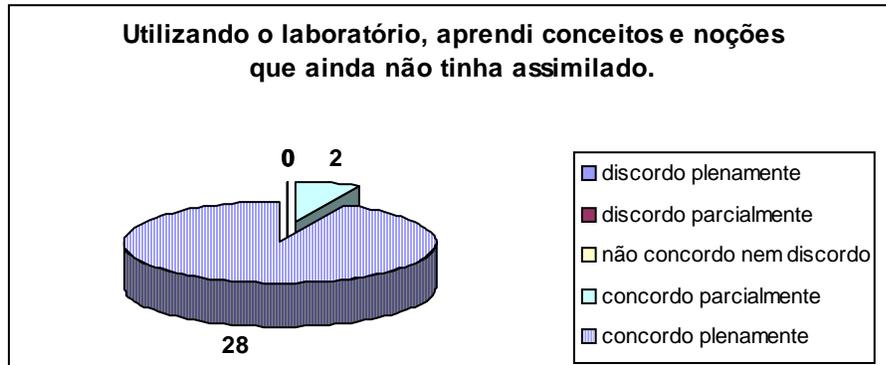


Figura 26 – Resultado da questão 5.



Figura 27 – Resultado da questão 6.



Figura 28 – Resultado da questão 17.



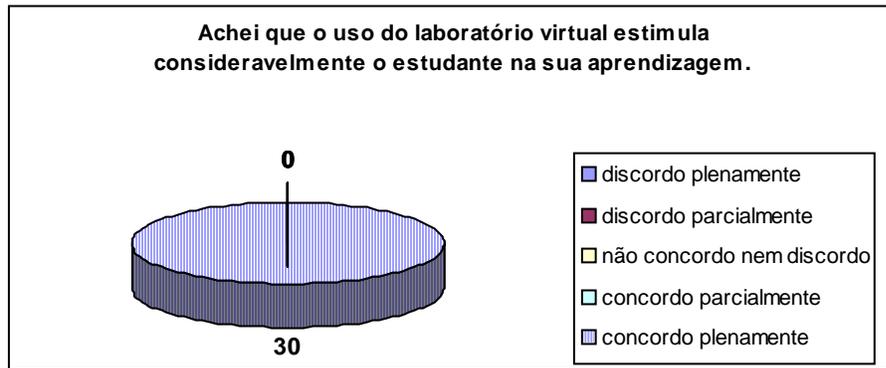
**Figura 33** – Resultado da questão 10.



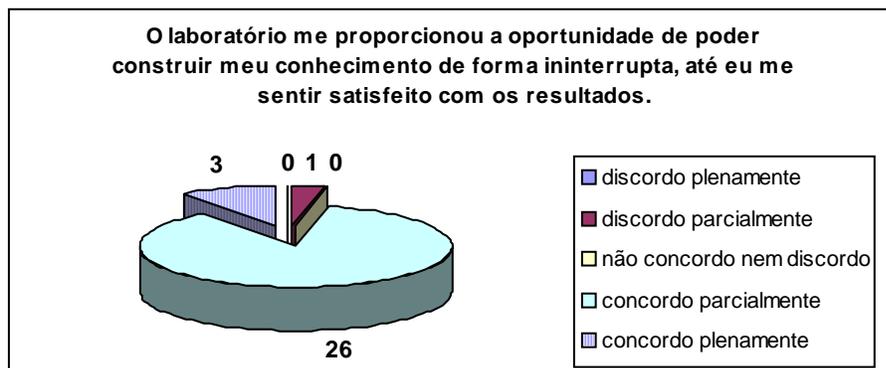
**Figura 34** – Resultado da questão 14.



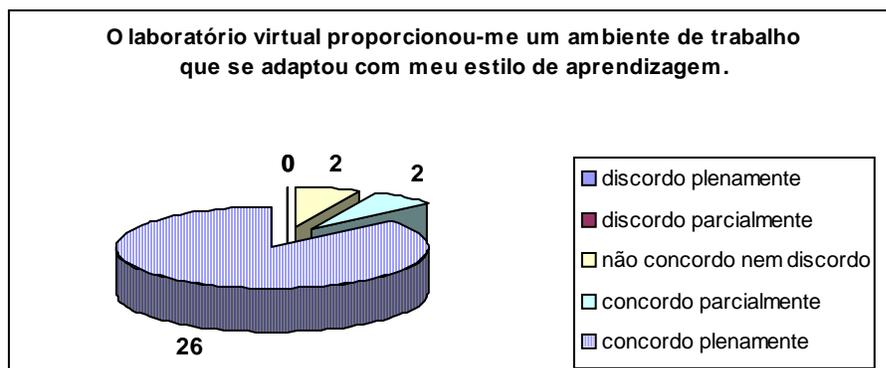
**Figura 35** – Resultado da questão 16.



**Figura 36** – Resultado da questão 18.



**Figura 41** – Resultado da questão 9.



**Figura 42** – Resultado da questão 19.