

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Computação e
Sistemas Digitais

ISSN 1413-215X

BT/PCS/0505

Ensino de Arquitetura de
Computadores Utilizando
Simuladores Completos

André Evandro Lourenço
Edson Toshimi Midorikawa

São Paulo - 2005

1458472

O presente trabalho é parte da dissertação mestrado, apresentada por André Evandro Lourenço, sob orientação do Prof. Dr. Edson Toshimi Midorikawa: "Ensino de Arquitetura de Computadores Utilizando Simuladores Completos", defendida em 17/06/2004, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lourenço, André Evandro

Ensino de arquitetura de computadores utilizando simuladores completos / André Evandro Lourenço, Edson Toshimi Midorikawa. -- São Paulo : EPUSP, 2005.

p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais ; BT/PCS/0505)

1. Arquitetura e organização de computadores 2. Ensino por computador 3. Simulação (Aprendizagem) 4. Análise de desempenhos (Arquitetura de computadores) I. Midorikawa, Edson Toshimi II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais III. Título IV. Série ISSN 1413-215X

ENSINO DE ARQUITETURA DE COMPUTADORES UTILIZANDO SIMULADORES COMPLETOS

André E. Lourenço - andre.lourenco@poli.usp.br

Edson T. Midorikawa - edson.midorikawa@poli.usp.br

Departamento de Engenharia da Computação e Sistemas Digitais

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Luciano Gualberto, Trav. 3, nº 158 - CEP 05580-900 - São Paulo/SP - Brasil

***Palavras Chaves:** Engenharia de Computação, Arquitetura de Computadores, Processo Pedagógico, Simulação, Diretrizes Curriculares.*

1. INTRODUÇÃO

O currículo dos cursos de Engenharia da Computação e afins que são ministrados nas universidades brasileiras e estrangeiras possuem dentre outras, disciplinas básicas, humanísticas e complementares. Estes cursos são geralmente parecidos e em muitos casos diferem-se apenas naquelas disciplinas que visam a formação com objetivos regionais. Dentro das disciplinas do grupo básico, tem-se a disciplina de **Arquitetura de Computadores**, cujo objetivo é apresentar ao aluno o computador como um componente eletrônico, mostrando o seu funcionamento no nível de linguagem de máquina e linguagem assembly. Isto permite ao aluno compreender melhor todos os níveis de abstração que se fazem presentes em um ambiente computacional. Porém devido ao alto grau de complexidade da Arquitetura de Computadores, o nível de compreensão dos alunos é bastante baixo, o que leva em muitas vezes a uma deficiência de aprendizagem, e o mais grave, esta deficiência será propagada durante todo o curso.

Diante de tal situação, o que seria possível alterar ou modificar (na ementa da disciplina), sem que haja perda de abrangência e qualidade de conteúdo? Em outras palavras será possível um mecanismo, ou um método pedagógico, em que o aluno de Arquitetura de Computadores pudesse ver a execução das instruções no nível de registradores, ou ainda, visualizar a transferência de dados da memória principal para a memória cache?

O objetivo deste trabalho é propor uma nova metodologia de ensino para os cursos de Arquitetura de Computadores, principalmente aqueles voltados para as arquiteturas 64 bits. Nesta proposta se levará em consideração a utilização de simuladores completos como uma ferramenta de apoio pedagógico onde se apresentará, a um custo relativamente baixo, propostas para as aulas teóricas e práticas.

2. ENSINO DE ARQUITETURA DE COMPUTADORES

2.1 Diretrizes Curriculares

No Brasil, o MEC – Ministério da Educação e Cultura [01] e a SBC – Sociedade Brasileira de Computação [02] são os órgãos que trabalham na estruturação dos cursos de Engenharia da Computação, Ciência da Computação e outros cursos, com o objetivo de manter um currículo de referência para a formação dos cursos. As Diretrizes Curriculares

contêm uma estrutura curricular abstrata, organizada de tal forma que as Instituições de Ensino Superior possam, a partir desta, conceber currículos plenos diversificados que atendam as necessidades regionais onde se situam. Esta estrutura serve como base, para que através de detalhamentos sucessivos, chegue-se a um grupo de disciplinas distribuídas ao longo do curso, formando assim um currículo pleno que deve ser executado pelo corpo docente. [05]

As Estruturas Curriculares Abstratas definem as áreas de formação que compõem os currículos dos cursos de graduação da área de computação. Dentre as áreas de formação tem-se a Área de Formação Básica, que entre outras disciplinas aparece a **Arquitetura de Computadores** (3.1.1.3) [01]. As Estruturas Curriculares ainda definem o que deve ser apresentado como conteúdo mínimo além dos pré-requisitos de cada disciplina.

As Diretrizes Curriculares contêm também, orientações de como detalhar a estrutura abstrata, dependendo do perfil do curso desejado. Na Tabela 1 está reproduzido como a disciplina de Arquitetura de Computadores deve ser aplicada em cada um dos perfis de cursos da área de computação e informática e como ela deve ser detalhada.

Tabela 1 - Distribuição da Arquitetura de Computadores em vários perfis de curso

Cursos	Engenharia de Computação	Bacharelado em Ciência da Computação	Bacharelado em Sistemas de Informação	Licenciatura em Computação
Disciplina				
Arquitetura de Computadores	As disciplinas devem cobrir esta matéria com abrangência e profundidade	As disciplinas devem cobrir esta matéria com abrangência e profundidade	As disciplinas devem cobrir esta matéria de forma abrangente e geral.	As disciplinas devem cobrir esta matéria de forma abrangente e geral.

Para manter uma referência internacional, dois órgãos internacionais procuram regulamentar os cursos da área de tecnologia. A ACM (*Association for Computing Machine*) [03] e a IEEE (*Electrical and Electronic Engineers Computer Society*) [04] procuram desenvolver currículos de referência para a computação/engenharia de um modo geral.

Assim como o MEC/SBC, a ACM/IEEE também procuram orientar na formação de cursos com a indicação de um currículo mínimo a ser seguido, não no sentido de disciplinas básicas e introdutórias, mas no sentido de disciplinas obrigatórias em todo e qualquer currículo das áreas de informática, fornecendo uma divisão entre disciplinas do núcleo básico e disciplinas fora do núcleo básico, assim como uma sugestão da quantidade de horas. Nesta classificação, a **Arquitetura de Computadores** aparece dentro do núcleo de disciplinas básicas e uma relação do conteúdo proposto pelos órgãos aparece Tabela 2. Observe-se que a quantidade de horas não deve ser vista como uma medida absoluta, mas sim para indicar a ênfase a ser dada em cada assunto. [03],[04],[05]

Tabela 2 - Curso de Arquitetura de Computadores proposto pela ACM/IEEE. [03],[04]

Assunto	Horas Núcleo Básico
Lógica digital e sistemas digitais	6
Representação de dados no nível de máquina	3
Arquitetura no nível de Assembly	9
Organização de memória	5
Interfaces e Comunicação	3
Organização funcional	7
Multiprocessamento e arquiteturas alternativas	3
Desempenho	opcional
Arquitetura de redes e sistemas distribuídos	opcional

2.2 Ensino Acadêmico

Muitos métodos pedagógicos do ensino de Arquitetura de Computadores trabalham de forma semelhante, ou seja, utiliza-se de pelo menos um dos seguintes itens: exposição, explicação, conferências, demonstração, textos escritos, audiovisuais, estudo de casos, trabalhos em grupo e simulação. A escolha do melhor método cabe somente ao docente que leva em consideração vários fatores dentre eles as características dos alunos, a situação em que se encontra o curso, os recursos disponíveis e por fim o estilo próprio.

Interessado em se mapear os métodos adotados nas universidades brasileiras, realizou-se uma pesquisa através dos sites de busca disponíveis na Internet (por exemplo www.google.com.br, www.altavista.com e www.radaruol.com.br). Pesquisou-se por cursos de Arquitetura de Computadores que pudesse fornecer, entre outras informações, detalhes sobre o método pedagógico adotado e as bibliografias recomendadas. Após uma análise, observou-se que atualmente, nas principais universidades brasileiras, utiliza-se o método tradicional de ensino, com aulas expositivas e o uso de livros textos e aplicações de exercícios. Muitas vezes é utilizado um laboratório específico ou a utilização de pequenos simuladores dedicados (memória, circuitos, registradores, etc). Outra observação importante, é com relação aos laboratórios existentes: quase sempre, um laboratório típico de Arquitetura de Computadores possui em média 20 computadores (PC com multimídia), conectados à Internet e softwares com kits de simulação de sistemas digitais, sistemas de memória, etc.

Com relação às referências bibliográficas, nota-se que mesmo existindo uma grande variedade de títulos disponíveis no mercado, há uma tendência de se seguir as referências bibliográficas utilizadas nas mais conceituadas universidades do mundo, ocasionando assim uma concentração por uma mesma bibliografia. A Figura 1 mostra a distribuição das principais referências bibliográficas no Brasil

Utilização de referências de Arquitetura de Computadores no Brasil

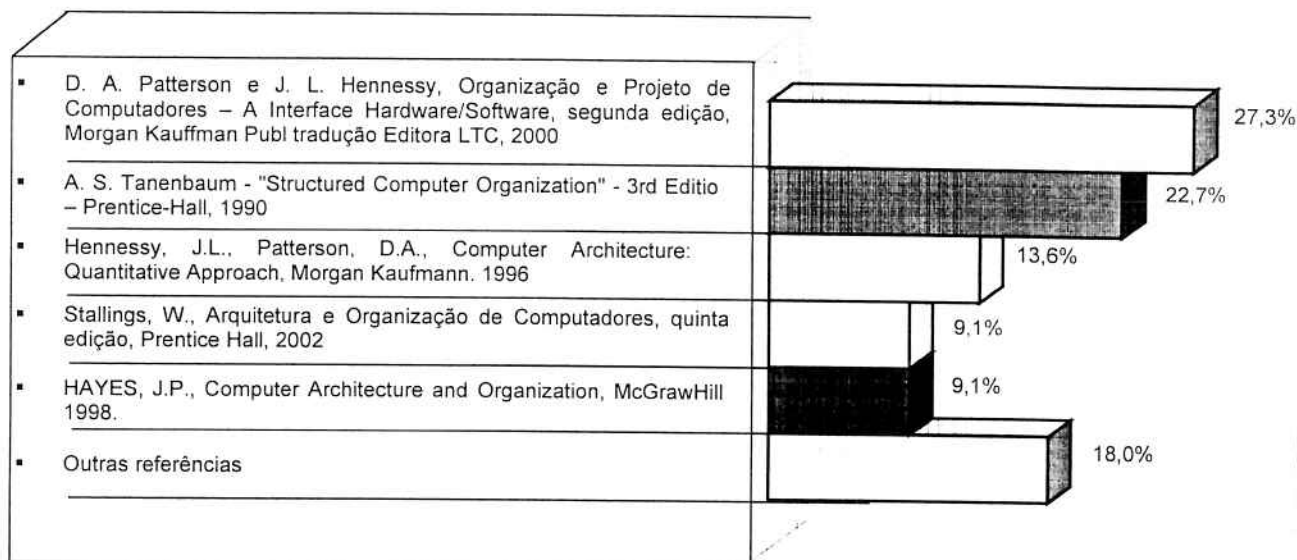


Figura 1 - Gráfico da utilização bibliográfica de Arquitetura de Computadores no Brasil

3. MÉTODO PROPOSTO

3.1 Métodos pedagógicos

No Dicionário Universal da Língua Portuguesa [30], a palavra **método** (Latim *methodu* - Grego *méthodos*) significa um caminho ou um processo racional para se atingir um determinado propósito. Já **pedagogia** (Latim *paedagogia* - Grego *paidagogia*) é a arte da educação e do ensino, ou ainda, é o estudo dos ideais de educação, segundo uma determinada concepção de vida, e dos processos mais eficientes para concretizar esses ideais. Para se trabalhar com um método específico é necessário antes, analisar os objetivos a serem alcançados, as situações a enfrentar, assim como os recursos e o tempo disponível, para por último observar as diversas alternativas possíveis. **Métodos Pedagógicos** pode então ser entendido como os diferentes modos de proporcionar uma determinada aprendizagem ou investigação científica. O método pedagógico não se refere ao conteúdo a ser transmitido e sim ao modo de como será a transmissão da informação. [18]

A maioria dos métodos pedagógicos adotados para o ensino de Arquitetura de Computadores enfoca uma das seguintes formas:

1. **Tradicional:** Utilizando-se somente de livros textos;
2. **Máquinas Reais:** Focalizando em uma Arquitetura especial.

Em ambos os casos têm-se vantagens e desvantagens que devem ser analisadas de forma cuidadosa. No primeiro caso exige-se um nível bastante elevado de abstração por parte dos alunos, além de exigir conhecimento e sensibilidade do professor em aplicar o conteúdo de forma clara e precisa sem que haja perda da linha de raciocínio ou ambigüidade de conceitos. Uma vantagem neste caso é o custo, que é praticamente nulo. Já no segundo caso tem-se a necessidade de se possuir um laboratório específico onde são testados e aplicados os conceitos da arquitetura em estudo. A principal vantagem neste caso é a fácil absorção dos conceitos por parte dos alunos. Em contraste tem-se o custo que pode ser bastante elevado na fase de implantação e manutenção.

O curso de Arquitetura de Computadores possui um conteúdo altamente complexo e seja qual for o método adotado pelo docente, a assimilação por parte dos alunos é sempre difícil, pois o aluno é exposto a um certo nível de detalhes nem sempre visível. Como por exemplo, não se é possível abrir um processador e visualizar os seus circuitos e tão pouco analisar as instruções sendo executadas pela máquina, em tempo de execução. Procurando por soluções pedagógicas mais favoráveis, desenvolveu-se diversas metodologias a fim de sanar o déficit de aprendizagem dos alunos. Uma possível solução para este problema foi o desenvolvimento dos **simuladores completos**, ou seja, aplicações capazes de simular por completo todos os componentes de uma máquina real. O objetivo geral de um sistema simulador de arquitetura é fornecer ao professor uma ferramenta prática para o ensino de tópicos da disciplina de Arquitetura de computadores, facilitando o entendimento e o aprendizado do aluno, além de aproximar a teoria dada em sala de aula com experimentos práticos em laboratório. Uma outra vantagem é possibilidade de se testar arquiteturas novas sem mesmo que as mesmas existam, além de se verificar o comportamento de compiladores, sistemas operacionais, linguagem de máquina, circuitos integrados, etc. Como a maioria das universidades não pode dispor de laboratórios que contêm sistemas de computadores que representam várias arquiteturas diferentes, os simuladores tornam-se uma alternativa natural e barata. Estas são algumas das razões pelas quais existe um interesse crescente na utilização desta metodologia pedagógica nos cursos de Arquitetura de Computadores. A Tabela 3 mostra uma relação entre os alguns métodos utilizados por educadores e o novo método aqui proposto.

Tabela 3 - Comparativo entre os métodos de ensino de Arquitetura de Computadores

Método	Item	Análise
Tradicional	Metodologia	Aulas expositivas, leitura de livros e artigos, resolução de exercícios. Alguns utilizam exercícios de laboratório com máquinas reais ou pequenos simuladores específicos (Ex. simuladores de memória, simuladores de conjunto de instruções, etc).
	Vantagens	Baixo custo
	Desvantagens	Baixo índice de abstração por parte dos alunos, dificuldade para o professor lecionar, grande utilização de materiais de apoio (projektor, slides, etc).
Máquinas reais	Metodologia	Aulas expositivas com exercícios em laboratórios específicos para cada arquitetura estudada.
	Vantagens	Grande índice de abstração por parte dos alunos.
	Desvantagens	Alto custo de implantação e manutenção.
Simulação	Metodologia	Aulas expositivas com exercícios em laboratórios com simuladores completos de arquitetura podendo simular qualquer arquitetura específica.
	Vantagens	Baixo custo e níveis elevados de absorção do conhecimento (igual ao método com máquinas reais)
	Desvantagens	Aprendizagem do simulador, outras limitações (velocidade de execução reduzida, grande demanda de recursos da máquina hospedeira).

3.2 Simuladores completos e outras ferramentas

Várias ferramentas de software estão disponíveis para uso no ensino de arquitetura de computadores. De uma maneira geral, tem-se os simuladores e emuladores. A simulação e a emulação são as técnicas que reproduzem o ambiente de trabalho através de uma software ou ferramenta (emulador ou simulador), onde uma máquina simula um ambiente abstrato, sem mesmo que ele exista fisicamente, com o fim de proporcionar treino ou investigação. Porém

deve-se ficar atento às particularidades de cada um dos termos emulador e simulador. Existem várias definições e os conceitos por muitas vezes se confundem, mas para este trabalho considera-se que **emulador** é um software ou hardware que possibilita a um equipamento (emulador) operar como um outro (emulado) com características distintas, trabalhando de tal forma a traduzir cada instrução do equipamento emulado para o equipamento emulador, lembrando que esta tradução pode acarretar em perda de desempenho. Não existe neste caso a possibilidade de se instalar novos aplicativos ou mesmo um novo sistema operacional. Já **simulador** prepara um ambiente para que se tenha a execução de todas as instruções simuladas sem a necessidade de traduzir instrução por instrução. Nos simuladores ditos completos, existe a possibilidade de se reiniciar o sistema de forma natural, da mesma maneira de quando se liga um equipamento real e observa-se o processo de boot. Outra característica dos simuladores completos é a possibilidade de se instalar aplicativos e até mesmo novos sistemas operacionais.

Dentre os diversos emuladores e simuladores disponíveis no mercado, pode se citar os seguintes:

1. Emuladores de Arquitetura:

- **Simularq:** Emulador simples de arquiteturas CISC; [22],[23]
- **Wine:** Emulador do Windows para Linux; e [24],[25]
- **Bochs:** Emulador de Arquitetura Intel x86. [26]

2. Simuladores completos de Arquitetura:

- **VMWare:** Simulador completo para sistemas operacionais; e
- **SimICS:** Simulador completo de arquiteturas x86 e IA-64 da Intel, x86-64 da AMD, Sparc da SUN, PowerPC da IBM. [27]

Neste trabalho se utilizará o simulador completo SimICS. A Figura 2 mostra a execução do SimICS no Linux, onde estão sendo simulados o Windows NT e Windows XP, várias versões do Linux, além de uma máquina Itanium I.

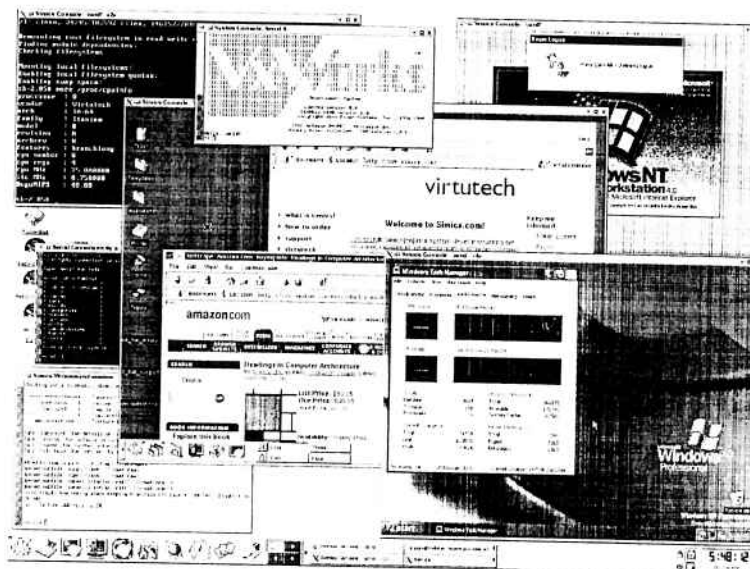


Figura 2 – Simulação de vários sistemas operacionais utilizando o SimICS

3.3 Deficiências dos atuais métodos

Análise de custos

Para que um curso de Arquitetura de Computadores de 64 bits seja melhor lecionado e ainda melhor recebido pelos alunos se faz necessário a utilização de um laboratório dedicado a este fim. Por outro lado implantar e manter um laboratório, por exemplo, com 20 máquinas Itanium é bastante custoso. Uma solução mais barata é a utilização dos simuladores completos de arquitetura. Outra vantagem dos simuladores completos é que se o docente resolver experimentar uma outra arquitetura em especial, isto se fará de forma natural sem a necessidade de se adquirir novos equipamentos e tampouco a aquisição de novos softwares.

A Virtutech possui uma licença acadêmica para a utilização do SimICS [27] para fins educacionais e de pesquisa. Esta licença permite um número limitado de cópias simultâneas em funcionamento dentro do campus e dá acesso livre a todos os módulos do SimICS, porém existe uma taxa de manutenção anual que conforme o número de licenças pode ser gratuito no primeiro ano. Observe na Tabela 4 o custo de licenciamento do SimICS (em U\$) anuais.

Tabela 4 - Taxa de licenças do SimICS fornecidos pela Virtutech

Licenças	Primeiro ano (U\$)	Anos seguintes (U\$)
40	Gratuito	2.500
100	2.500	5.000
250	5.000	7.500
500	7.500	10.000

Na Tabela 5 pode ser observado o custo de implantação de um laboratório com 20 máquinas dedicado ao ensino de Arquitetura de Computadores para 64 bits, tanto para máquinas reais quando para um laboratório com o simulador SimICS. Pode ser observado que na utilização de simuladores há uma economia de mais ou menos 68% na fase de implantação. Caso se queira colocar os equipamentos em uma rede de computadores (acesso à Internet/Intranet), se deve orçar também U\$ 132 por cada ponto de rede (material do cabeamento e serviços de instalação; porta livre no switch).

Tabela 5 - Custo de implantação de um laboratório de Arquitetura de Computadores em U\$

Laboratório com 20 máq.	Descrição (hardware e softwares)	Valor Unit.	Valor Total
Máquinas reais	Dell – Poweredge 3250 c/ processador Itanium II	5.999	119.980
	Academic Microsoft Windows 2003 Server Client		
	Access Licenses	7	140
	Total	6.006	120.120
Com Simulador	Pentium IV 2.4GHz 512MB 60G	2.000	40.000
	Red Hat 9.0	40	40
	Licença SimICS (1º ano)	0	0
	Total	2.020	40.040

Deve se considerar também o custo de manutenção do laboratório. Normalmente as próprias instituições mantêm funcionários responsáveis pela manutenção dos laboratórios. Em média para cada laboratório com 20 equipamentos são necessários pelo menos um técnico e um estagiário a um custo mensal de aproximadamente U\$ 970¹. Observe que em ambos os casos (máquinas reais e ambientes simulado) são necessários pessoal qualificado e treinado em cada tipo de solução, portanto não se citou este fator na Tabela 6 (custo de manutenção dos laboratórios), afim de normalizar o custo total. Outro fator importante é observar que as

¹ Custos obtidos através de pesquisa entre os funcionários das instituições de ensino.

licenças para utilização do SimICS em um laboratório com no máximo 40 máquinas é de US\$ 2.500 anuais ($\approx$ US\$ 209 mensais) a partir do segundo ano. Equipamentos novos geralmente possuem garantias por em média 3 anos, mas normalmente tem-se um custo anual de manutenção em torno de 10% do valor de um equipamento novo.

Tabela 6 - Custo anual de manutenção de um laboratório com 20 máquinas

Laboratório	Descrição (hardware e softwares)	Valor Total
Máquinas reais	Manutenção das máquinas Dell – Poweredge (10% de uma máquina nova)	11.998
	Total	11.998
Com Simulador	Manutenção das máquinas Pentium IV (10% de uma máquina nova)	4.000
	Licença SimICS (2º ano em diante)	2.500
	Total	6.500

Pelos dados acima, observa-se que na manutenção dos equipamentos tem-se uma economia de mais ou menos 46%. Não se levou em consideração a aquisição e atualização dos softwares, porém note que os valores tanto da Tabela 5 quanto da Tabela 6 podem sofrer variações conforme a necessidades específicas como por exemplos: softwares dedicados, impressoras, espaço físico, etc.

Observe ainda na Figura 3 um gráfico comparativo entre as duas soluções de laboratório dedicado a Arquitetura de Computadores.

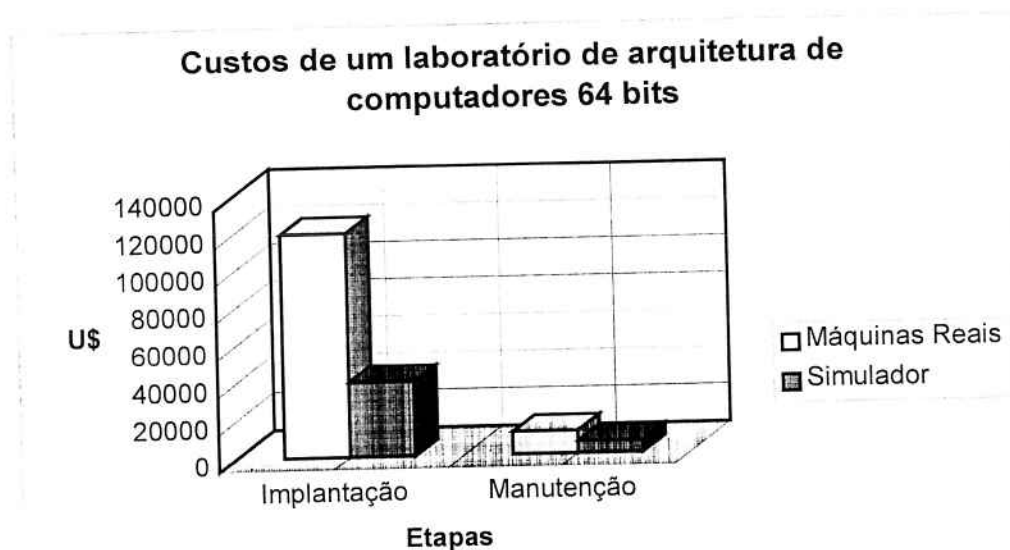


Figura 3 - Gráfico comparativo de implantação e manutenção de laboratório 64 bits

3.4 Nova Metodologia

Os atuais métodos (tradicional e máquinas reais) exploram a transmissão oral do saber com resolução de exercícios, seja eles teóricos ou em pequenos simuladores. Utilizando-se destes métodos, observa-se a baixa compreensão por parte dos alunos, já que os mesmos não visualizam de forma clara o que realmente está acontecendo na partes internas no sistema computacional. Pierre Goguelin classifica os métodos pedagógicos em três categorias: verbais, intuitivos e activos. [18]

Os métodos intuitivos e activos exploram o “mostrar”, ou seja, para que o aluno possa intuir, aprender ou perceber o que se pretende transmitir, deve se mostrar o que está acontecendo. Portanto, o aluno consegue absorver um maior número de conhecimento se ele

for exposto ao conteúdo por observação, reflexão e experimentação. Resumindo: é mais fácil entender vendo do que lendo.

Sendo assim, será possível um mecanismo, ou um método pedagógico, em que o aluno de Arquitetura de Computadores pudesse ver a execução das instruções ao nível de registradores, ou ainda, visualizar a transferência de dados da memória principal para a memória cache? Na verdade, o que se procura é fornecer ao graduando um meio dele "ver" a arquitetura do computador funcionando, e se possível, de alguma forma, interagir com essa arquitetura podendo acompanhar, passo-a-passo, a execução de um programa. Se isto fosse possível, a assimilação do conteúdo seria mais fácil do que apenas acompanhando aulas teóricas expositivas.

Uma alternativa para que se possa definitivamente visualizar o que está acontecendo dentro de uma máquina é a utilização de simuladores completos de arquitetura, ou seja, disponibilizar aos estudantes ferramentas de softwares que sirvam para aproximar o abstrato do concreto. A proposta é a utilização da simulação como uma ferramenta de apoio pedagógico e não de substituir a figura do professor. Dentre vários fatores, os simuladores são interessantes nos seguintes aspectos: [20]

- Os estudantes visualizam detalhes da operação do computador em múltiplos níveis de abstração, conforme a ementa do curso;
- Os estudantes têm acesso a conteúdos, antes inacessíveis;
- Muitos tópicos (memória, registrador, etc) que antes estavam indisponíveis, podem ser explorados de forma natural;
- Muitos simuladores possuem uma correlação com livros textos utilizados em muitos cursos de Arquitetura de Computadores; e
- Pequeno ou nenhum custo de infra-estrutura é exigido.

Além disso, os simuladores permitem aos estudantes experimentar várias arquiteturas já existentes e até mesmo criar novas. Atualmente, criar um sistema por simulação é uma experiência educacional semelhante à de se construir um computador real em hardware, porém com **1** - custo menor, **2** - mais flexível, pois permite aos estudantes cometerem erros e recuperá-los e por fim **3** - mais extensível no sentido de se construir funcionalidades adicionais ao projeto original.

Assim como em qualquer curso de Arquitetura de Computadores tradicional, o curso de **Arquitetura de Computadores Auxiliada por Simulador** exige a necessidade de se ter uma ementa e o conteúdo muito bem elaborado e distribuído. A necessidade de se ter aulas teóricas continua existindo, porém pode-se distribuir o curso em 50% teórico e 50% prático. Neste sentido as aulas práticas podem explorar assuntos antes evitados pelos docentes, por ser de difícil assimilação. Os estudantes podem aprender os fundamentos da disciplina e observar visualmente, além de interagindo com o fluxo de dados dentro de uma máquina particular hipotética como se estivesse realmente manipulando uma máquina real. E o mais importante, o custo de um curso de Arquitetura de Computadores Auxiliada por Simulador é bastante baixo.

4. ESTUDO DE CASO: ARQUITETURAS DE 64 BITS

4.1 Evolução de 32 para 64 bits

Devido ao aumento das complexidades computacionais e ao tamanho dos conjuntos de dados a serem processados, a evolução das arquiteturas de Computadores é processo natural frente as novas pesquisas envolvendo softwares e hardwares que procuram aumentar a velocidade de processamento dos aplicativos. Um grande número de problemas relacionados, por exemplo, à previsão do tempo, pesquisas espaciais e outros, requerem um grande número de cálculos que utilizam vetores, matrizes e polinômios. Aumentando o tamanho do barramento não resolve o problema por completo, existe uma necessidade de se aumentar a capacidade processamento interno das CPUs, bem como a capacidades de armazenamento de informações junto aos registradores.

Dentre as soluções presentes no mercado, duas se fazem interessantes no sentido de manter a compatibilidade com as arquiteturas de 32 bits: Itanium-II (IA-64) da Intel [37], [39],[40] e o Athlon 64 e Opteron (x86-64) da AMD [34][36]. Essas arquiteturas apresentam um novo conceito no que se refere ao mecanismo de programação e compilação. No caso do Itanium, a grande diferença está no rompimento da natureza seqüencial das arquiteturas de processadores convencionais existentes até então, ao permitir que o software se comunique explicitamente com o processador, quando as operações puderem ser feitas em paralelo. O aumento de desempenho é obtido com a diminuição do número de desvios e prognósticos errados, e a redução dos efeitos de latência entre memória e processador. Já o Opteron introduz um novo mecanismo de gerência (modos de operação) de tal forma a garantir a compatibilidade com os aplicativos de 32 e 16 bits.

Sendo assim um curso de Arquitetura de Computadores voltado para 32 bits já está ultrapassado e a necessidade por atualização para 64 bits se faz necessário. Por outro lado é extremamente complicado ensinar uma nova Arquitetura de Computadores sem a experimentação prática dos conceitos teóricos, ainda mais quando estes conceitos, no caso do Itanium, são poucos convencionais. O ideal seria a montagem de um laboratório específico, onde os alunos pudessem verificar todos os componentes que formam a nova tecnologia.

Desta forma pretende-se desenvolver um plano de ensino voltado para arquiteturas 64 bits utilizando o simulador SimICS.

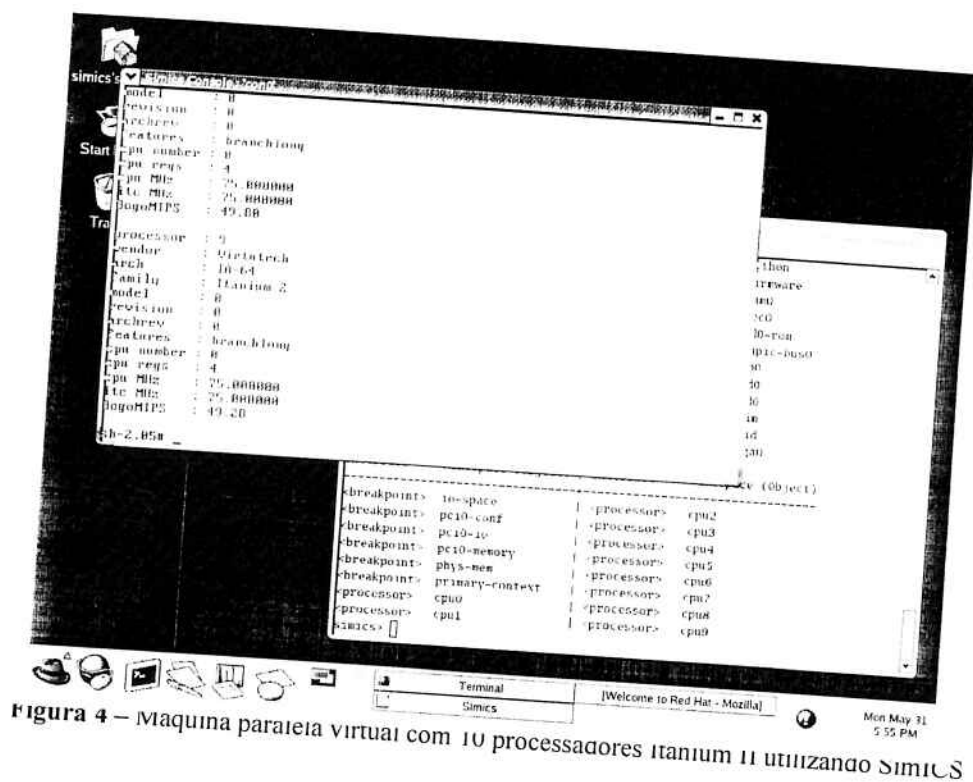
4.2 Exemplos de aulas

Em um curso de Arquitetura de Computadores Auxiliada por Simulador deve possuir aulas específicas, como por exemplo:

- Análise do código assembly gerado;
- Análise de desempenho;
- Mecanismos de acesso à memória;
- Estudo de arquiteturas paralelas;
- Estudo de arquiteturas distribuídas.

Por exemplo, para a aula de análise do código *assembly* gerado, utilizando o SimICS, o aluno deve gerar um código em linguagem C e compilá-lo dentro do ambiente simulado. Utilizando-se de breakpoints, editores de texto, visualizadores de registradores pode se verificar além do código assembly gerado, o status da máquina em um momento que achar coerente. Na Figura 4 pode ser observado uma máquina paralela virtual com 10 processadores Itanium II em uma janela de console do simulador SimICS.

Para maiores informações recomenda-se consultar a referência [41].



5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Arquitetura de Computadores está se expandindo continuamente, conseqüentemente, o material de pesquisa só pode ser coberto parcialmente em um curso universitário típico. Desta forma existe a constante necessidade de se encontrar meios alternativos de aprimorar o ensino.

Pretende-se com o presente trabalho montar um curso de Arquitetura de Computadores que seja mais flexível e didático de forma a atingir o máximo de compreensão por parte dos alunos. Uma alternativa é a aplicação de ferramentas, como é o caso de simuladores completos, a fim de suprir esta necessidade. É claro que o docente tem que estar preparado para administrar esta nova proposta pedagógica, o que leva o professor a se atualizar e pesquisar novos meios didáticos afim de incluir as ferramentas disponíveis.

Por fim, outros cursos podem sofrer modificações e também é o caso de simulações e ferramentas alternativas de aprimorar o

Por fim, outros cursos podem sofrer modificações a fim de se incorporar simulação como é o caso de sistemas operacionais, compiladores, circuitos digitais, etc. Estas disciplinas, assim como Arquitetura de Computadores, possuem muitos tópicos de difícil assimilação por parte dos alunos o que justifica plenamente a utilização de métodos pedagógicos mais coerentes no sentido de se obter o máximo de aproveitamento das aulas. No caso de sistemas operacionais pode-se testar novas instruções sem correr o risco de danificar realmente a máquina. Se em algum instante o teste for desastroso, pode-se simplesmente reiniciar a simulação em um momento antes da falha acontecer. Já no caso de compiladores, pode-se experimentar novas técnicas de compilação e analisar os resultados. Novos circuitos podem ser criados e analisados de forma simples e segura sem custo adicional.

O objetivo deste trabalho é propor uma nova metodologia de ensino para os cursos de Arquitetura de Computadores, principalmente aqueles voltados para as arquiteturas 64 bits. Nesta proposta se levará em consideração a utilização de simuladores completos como uma ferramenta de apoio pedagógico onde se apresentará, a um custo relativamente baixo, propostas para as aulas teóricas e práticas. Esta proposta esta em fase de finalização e é tema

de mestrado desenvolvida no LASB/PCS/EPUSP e possui planos de adoção para o ano de 2005 pela FASP – Faculdades Associadas de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01]. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. *Diretrizes Curriculares de Cursos da Área de Computação e Informática*. Disponível em: <http://www.mec.gov.br/secto/fip-cur/diretriz/computacao/co_diretriz.rtf>. Acesso em: 20 set. 2003.
- [02]. SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. *Curriculo de Referência da SBC para cursos de Graduação em Computação*. Versão 1999. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/educacao/cr99.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2003.
- [03]. ACM - ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY. *Curricula Recommendations*. Disponível em: <<http://www.acm.org/education/curricula.html>>. Acesso em: 29 set. 2003
- [04]. ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS (IEEE-CS) & ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY (ACM). *Computing Curricula 2001 - Computer Science*. Disponível em: <<http://www.acm.org/sigese/cc2001/>>. Acesso em: 29 set. 2003
- [05]. MENEZES, P. B.; WEBER, R. F. *Proposta de plano pedagógico para cursos de ciência da computação*. Instituto de Informática da UFRGS. Porto Alegre: 2001. Disponível em: <www.inf.ufrgs.br/~teia/congr_comp/Qualidade2001.pdf>. Acesso em: 29 set. 2003.
- [06]. *Comissão de Especialistas de Ensino de Computação e Informática*. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/mec/>>. Acesso em: 06 out. 2003.
- [07]. UNIREDE. *Universidade Virtual Pública do Brasil*. Disponível em: www.unirede.com.br>. Acesso em: 21 set. 2003.
- [08]. LARC. *Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores da USP*. Disponível em: <<http://www.larc.usp.br/>>. Acesso em: 26 out. 2003.
- [09]. VIRTUS. *Cursos Virtuais da UFPE*. Disponível em: <<http://www.virtus.ufpe.br/>>. Acesso em: 26 out. 2003.
- [10]. UFPE. *Universidade Federal de Pernambuco*. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/>>. Acesso em: 26 out. 2003.
- [11]. FAMATH. *Faculdades Integradas Maria Thereza*. Disponível em: <<http://www.famath.br/>>. Acesso em: 26 out. 2003.
- [12]. Intel Corporation. Disponível em: <<http://www.intel.com>>. Acesso em: 28 set. 2003.
- [13]. UCL - University College London - Graduate School. Disponível em: <<http://www.cs.ucl.ac.uk/teaching/syllabus/curriculum/>>. Acesso em: 25 set. 2003
- [14]. Stanford University - Graduate school at Stanford. Disponível em: <<http://cse.stanford.edu/mscs/degree/CScourses.html>>. Acesso em: 15 out. 2003.
- [15]. UCLA - University of California - Los Angeles. *B.S. in Computer Science Curriculum*. Disponível em: <http://www.cs.ucla.edu/csd/cs_catalog.html>. Acesso em: 25 set. 2003
- [16]. University of Harvard - Division of Engineering and Applied Sciences. Disponível em: <<http://www.deas.harvard.edu/>>. Acesso em: 25 set. 2003.
- [17]. MIT - Massachusetts Institute of Technology. Disponível em: <<http://www.eecs.mit.edu/>>. Acesso em: 25 set. 2003
- [18]. *Navegando na Formação*. Disponível em: <<http://formar.do.sapo.pt/index.html>>. Acesso em: 06 out. 2003.
- [19]. YURCIK, W., et al. *A survey of simulators used in computer organization/architecture courses*. Summer Conference on Computer Simulation. Orlando: July 2001. Disponível em: <<http://www.sosresearch.org/caale/wcae2002webresources.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2003.

- [20]. _____. *Teaching computer organization/architecture with Limited resources using simulators*. Proc. 33rd SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, Northern Kentucky, February, 2002. Disponível em: <<http://scom.hnd.ac.uk/~scomhro/Papers/SIGCSE02/csa-resources.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2003.
- [21]. *Universidade Federal de Santa Catarina*. Disponível em: <www.ufsc.br>. Acesso em 15 out. 2003.
- [22]. CANSIAN, R.L.; BARON, S. *Simularq II - Software educacional para o ensino de Arquitetura de Computadores*. Anais do 6º Congresso de Iniciação Científica. São Carlos-SP: 2001. Disponível em: <http://inf.univali.br/~csed/publicacao/sidnei_saocarlos.pdf>. Acesso em: 05 set. 2003
- [23]. *Documentação sobre Simularq - simulador de Arquitetura de computador CISC*. Disponível em <<http://www.inf.ufsc.br/~cansian/arquivos/simuldoc.zip>>. Acesso em: 05 out. 2003
- [24]. *Wine HQ - Site oficial do Wine*. Disponível em <<http://www.winehq.com/>>. Acesso em: 07 out. 2003.
- [25]. *Bochs*. Disponível em: <<http://bochs.sourceforge.net>>. Acesso em: 23 out. 2003.
- [26]. *Guia do Hardware - Tutorial sobre Bochs*. Disponível em: <<http://www.guiadohardware.info/tutoriais/079/>>. Acesso em: 23 out. 2003
- [27]. *The official web site for SimICS*. Disponível em <<http://www.simics.com>>. Acesso em 06 out. 2003.
- [28]. *Virtutech Company*. Disponível em: <<http://www.virtutech.com>>. Acesso em: 1 ago. 2003.
- [29]. *Swedish Institute of Computer Science*. Disponível em: <www.sics.se/SimICS/>. Acesso em: 06 out. 2003.
- [30]. *Dicionário Universal da Língua Portuguesa*. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/dlpo/>>. Acesso em: 25 ago. 2003.
- [31]. MAGNUSSON, P., et al. *SimICS: A full system simulation platform*. In *IEEE Computer*, volume 35, n. 2, pages 50-58. 2002.
- [32]. MATTOS, N.P., RASKIN, S.F. *Aspectos da Arquitetura de processadores RISC*. Companhia de Informática do Paraná - CELEPAR. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/batebyte/edicoes/1994/bb35/aspectos.htm>>. Acesso em: 20 out. 2002.
- [33]. *IBM - International Business Machines Corporation*. Disponível em: <<http://www.ibm.com/us/>>. Acesso em: 28 set. 2003.
- [34]. *AMD - American Micro Devices*. Disponível em: <<http://www.amd.com>>. Acesso em: 28 set. 2003.
- [35]. *HP - Hewlett-Packard Company*. Disponível em: <<http://www.hp.com>>. Acesso em: 28 set. 2003.
- [36]. ZELENOSKY, R.; MENDONÇA, A. *Arquitetura de 64 bits da AMD (x86-64)*. Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/x86-64.html>>. Acesso em: 14 jun. 2003.
- [37]. *Intel Itanium Processor & IA-64 Architecture*. Disponível em: <<http://developer.intel.com/design/ia64/>>. Acesso em: 25 fev. 2003
- [38]. OLIVEIRA, R.A. et al. *Arquitetura superescalar*. Universidade Estadual de Londrina. Londrina-PR. 2002. Disponível em <<http://www.superescalar.hpg.ig.com.br/final.htm>>. Acesso em: 14 out. 2003.
- [39]. ZELENOSKY, R.; MENDONÇA, A. *Arquitetura de 64 bits da Intel*. Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/ia64.html>>. Acesso em: 14 jun. 2003.
- [40]. BEREZAGA, M.D. *Arquitetura IA-64 (EPIC)*. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/proccpar/disc/inf1191/trabs/992/IA64/ia64.html>> Acesso em: 14 out. 2003.
- [41]. LOURENÇO, A.E. *Ensino de Arquitetura de Computadores Utilizando Simuladores Completos*. 2004. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - PCS/POLI. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PCS/9301 - Interligação de Processadores através de Chaves Ômicron - GERALDO LINO DE CAMPOS, DEMI GETSCHKO
- BT/PCS/9302 - Implementação de Transparência em Sistema Distribuído - LUÍSA YUMIKO AKAO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9303 - Desenvolvimento de Sistemas Especificados em SDL - SIDNEI H. TANO, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9304 - Um Modelo Formal para Sistemas Digitais à Nível de Transferência de Registradores - JOSÉ EDUARDO MOREIRA, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9305 - Uma Ferramenta para o Desenvolvimento de Protótipos de Programas Concorrentes - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9306 - Uma Ferramenta de Monitoração para um Núcleo de Resolução Distribuída de Problemas Orientado a Objetos - JAIME SIMÃO SICHMAN, ELERI CARDOSO
- BT/PCS/9307 - Uma Análise das Técnicas Reversíveis de Compressão de Dados - MÁRIO CESAR GOMES SEGURA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9308 - Proposta de Rede Digital de Sistemas Integrados para Navio - CESAR DE ALVARENGA JACOBY, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9309 - Sistemas UNIX para Tempo Real - PAULO CESAR CORIGLIANO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9310 - Projeto de uma Unidade de Matching Store baseada em Memória Paginada para uma Máquina Fluxo de Dados Distribuído - EDUARDO MARQUES, CLAUDIO KIRNER
- BT/PCS/9401 - Implementação de Arquiteturas Abertas: Uma Aplicação na Automação da Manufatura - JORGE LUIS RISCO BECERRA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9402 - Modelamento Geométrico usando do Operadores Topológicos de Euler - GERALDO MACIEL DA FONSECA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9403 - Segmentação de Imagens aplicada a Reconhecimento Automático de Alvos - LEONCIO CLARO DE BARROS NETO, ANTONIO MARCOS DE AGUIRRA MASSOLA
- BT/PCS/9404 - Metodologia e Ambiente para Reutilização de Software Baseado em Composição - LEONARDO PUJATTI, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9405 - Desenvolvimento de uma Solução para a Supervisão e Integração de Células de Manufatura Discreta - JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9406 - Método de Teste de Sincronização para Programas em ADA - EDUARDO T. MATSUDA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9407 - Um Compilador Paralelizante com Detecção de Paralelismo na Linguagem Intermediária - HSUEH TSUNG HSIANG, LÍRIA MATSUMOTO SAITO
- BT/PCS/9408 - Modelamento de Sistemas com Redes de Petri Interpretadas - CARLOS ALBERTO SANGIORGIO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9501 - Síntese de Voz com Qualidade - EVANDRO BACCI GOUVÊA, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9502 - Um Simulador de Arquiteturas de Computadores "A Computer Architecture Simulator" - CLAUDIO A. PRADO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9503 - Simulador para Avaliação da Confiabilidade de Sistemas Redundantes com Reparo - ANDRÉA LUCIA BRAGA, FRANCISCO JOSÉ DE OLIVEIRA DIAS
- BT/PCS/9504 - Projeto Conceitual e Projeto Básico do Nível de Coordenação de um Sistema Aberto de Automação, Utilizando Conceitos de Orientação a Objetos - NELSON TANOMARU, MOACYR MARTUCCI JÚNIOR
- BT/PCS/9505 - Uma Experiência no Gerenciamento da Produção de Software - RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9506 - Método de Desenvolvimento de Sistemas Orientado a Objetos: Uma Abordagem Integrada à Análise Estruturada e Redes de Petri - KECHI HIRAMA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9601 - MOOPP: Uma Metodologia Orientada a Objetos para Desenvolvimento de Software para Processamento Paralelo - ELISA HATSUE MORIYA HUZITA, LÍRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9602 - Estudo do Espalhamento Brillouin Estimulado em Fibras Ópticas Monomodo - LUIS MEREGE SANCHES, CHARLES ARTUR SANTOS DE OLIVEIRA
- BT/PCS/9603 - Programação Paralela com Variáveis Compartilhadas para Sistemas Distribuídos - LUCIANA BEZERRA ARANTES, LÍRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9604 - Uma Metodologia de Projeto de Redes Locais - TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO, WILSON VICENTE RUGGIERO

- BT/PCS/9605 - Desenvolvimento de Sistema para Conversão de Textos em Fonemas no Idioma Português - DIMAS
TREVIZAN CHBANE, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9606 - Sincronização de Fluxos Multimídia em um Sistema de Videoconferência - EDUARDO S. C. TAKAHASHI,
STEFANIA STIUBIENER
- BT/PCS/9607 - A importância da Completeza na Especificação de Sistemas de Segurança - JOÃO BATISTA CAMARGO
JÚNIOR, BENÍCIO JOSÉ DE SOUZA
- BT/PCS/9608 - Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de
Frames com Múltipla Herança - BRÁULIO COELHO ÁVILA, MÁRCIO RILLO
- BT/PCS/9609 - Implementação de Engenharia Simultânea - MARCIO MOREIRA DA SILVA, MOACYR MARTUCCI JÚNIOR
- BT/PCS/9610 - Statecharts Adaptativos - Um Exemplo de Aplicação do STAD - JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR, JOÃO
JOSÉ NETO
- BT/PCS/9611 - Um Meta-Editor Dirigido por Sintaxe - MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9612 - Reutilização em Software Orientado a Objetos: Um Estudo Empírico para Analisar a Dificuldade de
Localização e Entendimento de Classes - SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF, PEDRO ALEXANDRE DE
OLIVEIRA GIOVANI
- BT/PCS/9613 - Representação de Estruturas de Conhecimento em Sistemas de Banco de Dados - JUDITH PAVÓN
MENDONZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9701 - Uma Experiência na Construção de um Tradutor Inglês - Português - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ
NETO
- BT/PCS/9702 - Combinando Análise de "Wavelet" e Análise Entrópica para Avaliar os Fenômenos de Difusão e Correlação -
RUI CHUO HUEI CHIOU, MARIA ALICE G. V. FERREIRA
- BT/PCS/9703 - Um Método para Desenvolvimento de Sistemas de Computacionais de Apoio a Projetos de Engenharia -
JOSÉ EDUARDO ZINDEL DEBONI, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9704 - O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e suas Aplicações - SÉRGIO MIRANDA PAZ, CARLOS
EDUARDO CUGNASCA
- BT/PCS/9705 - METAMBI-OO - Um Ambiente de Apoio ao Aprendizado da Técnica Orientada a Objetos - JOÃO UMBERTO
FURQUIM DE SOUZA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9706 - Um Ambiente Interativo para Visualização do Comportamento Dinâmico de Algoritmos - IZAURA CRISTINA
ARAÚJO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9707 - Metodologia Orientada a Objetos e sua Aplicação em Sistemas de CAD Baseado em "Features" - CARLOS
CÉSAR TANAKA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9708 - Um Tutor Inteligente para Análise Orientada a Objetos - MARIA EMÍLIA GOMES SOBRAL, MARIA ALICE
GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9709 - Metodologia para Seleção de Solução de Sistema de Aquisição de Dados para Aplicações de Pequeno Porte -
MARCELO FINGUERMAN, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9801 - Conexões Virtuais em Redes ATM e Escalabilidade de Sistemas de Transmissão de Dados sem Conexão -
WAGNER LUIZ ZUCCHI, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9802 - Estudo Comparativo dos Sistemas da Qualidade - EDISON SPINA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9803 - The VIBRA Multi-Agent Architecture: Integrating Purposive Vision With Deliberative and Reactive Planning -
REINALDO A. C. BIANCHI, ANNA H. REALI C. RILLO, LELIANE N. BARROS
- BT/PCS/9901 - Metodologia ODP para o Desenvolvimento de Sistemas Abertos de Automação - JORGE LUIS RISCO
BECCERRA, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/9902 - Especificação de Um Modelo de Dados Bitemporal Orientado a Objetos - SOLANGE NICE ALVES DE
SOUZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9903 - Implementação Paralela Distribuída da Dissecção Cartesiana Aninhada - HILTON GARCIA FERNANDES,
LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9904 - Metodologia para Especificação e Implementação de Solução de Gerenciamento - SÉRGIO CLEMENTE,
TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/9905 - Modelagem de Ferramenta Hipermídia Aberta para a Produção de Tutoriais Interativos - LEILA HYODO,
ROMERO TORI
- BT/PCS/9906 - Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores-LPA2v com
Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos - JOÃO I. DA SILVA FILHO, JAIR
MINORO ABE
- BT/PCS/9907 - Modelo Nebuloso de Confiabilidade Baseado no Modelo de Markov - PAULO SÉRGIO CUGNASCA,
MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE

- BT/PCS/9908 – Uma Análise Comparativa do Fluxo de Mensagens entre os Modelos da Rede Contractual (RC) e Colisões Baseada em Dependências (CBD) – MÁRCIA ITO, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/9909 – Otimização de Processo de Inserção Automática de Componentes Eletrônicos Empregando a Técnica de Times Assíncronos – CESAR SCARPINI RABAK, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/9910 – MIISA – Uma Metodologia para Integração da Informação em Sistemas Abertos – HILDA CARVALHO DE OLIVEIRA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9911 – Metodologia para Utilização de Componentes de Software: um estudo de Caso – KAZUTOSI TAKATA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/0001 – Método para Engenharia de Requisitos Norteado por Necessidades de Informação – ARISTIDES NOVELLI FILHO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0002 – Um Método de Escolha Automática de Soluções Usando Tecnologia Adaptativa – RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0101 – Gerenciamento Hierárquico de Falhas – JAMIL KALIL NAUFAL JR., JOÃO BATISTA CAMARGO JR.
- BT/PCS/0102 – Um Método para a Construção de Analisadores Morfológicos, Aplicado à Língua Portuguesa, Baseado em Autômatos Adaptativos – CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0103 – Educação pela Web: Metodologia e Ferramenta de Elaboração de Cursos com Navegação Dinâmica – LUISA ALEYDA GARCIA GONZÁLEZ, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0104 – O Desenvolvimento de Sistemas Baseados em Componentes a Partir da Visão de Objetos – RENATA EVANGELISTA ROMARIZ RECCO, JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR
- BT/PCS/0105 – Introdução às Gramáticas Adaptativas – MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0106 – Automação dos Processos de Controle de Qualidade da Água e Esgoto em Laboratório de Controle Sanitário – JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0107 – Um Mecanismo para Distribuição Segura de Vídeo MPEG – CÍNTIA BORGES MARGI, GRAÇA BESSAN, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0108 – A Dependence-Based Model for Social Reasoning in Multi-Agent Systems – JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0109 – Ambiente Multilinguagem de Programação – Aspectos do Projeto e Implementação – APARECIDO VALDEMIR DE FREITAS, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0110 – LETAC: Técnica para Análise de Tarefas e Especificação de Fluxo de Trabalho Cooperativo – MARCOS ROBERTO GREINER, LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS
- BT/PCS/0111 – Modelagem ODP para o Planejamento de Sistemas de Potência – ANIRIO SALLES FILHO, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0112 – Técnica para Ajuste dos Coeficientes de Quantização do Padrão MPEG em Tempo Real – REGINA M. SILVEIRA, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/0113 – Segmentação de Imagens por Classificação de Cores: Uma Abordagem Neural – ALEXANDRE S. SIMÕES, ANNA REALI COSTA
- BT/PCS/0114 – Uma Avaliação do Sistema DSM Nautilus – MARIO DONATO MARINO, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0115 – Utilização de Redes Neurais Artificiais para Construção de Imagem em Câmara de Cintilação – LUIZ SÉRGIO DE SOUZA, EDITH RANZINI
- BT/PCS/0116 – Simulação de Redes ATM – HSU CHIH WANG CHANG, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0117 – Application of Monoprocessed Architecture for Safety Critical Control Systems – JOSÉ ANTONIO FONSECA, JORGE RADY DE ALMEIDA JR.
- BT/PCS/0118 – WebBee – Um Sistema de Informação via WEB para Pesquisa de Abelhas sem Ferrão – RENATO SOUSA DA CUNHA, ANTONIO MOURA SARAIVA
- BT/PCS/0119 – Parallel Processing Applied to Robot Manipulator Trajectory Planning – DENIS HAMILTON NOMIYAMA, LÍRIA MATSUMOTO SATO, ANDRÉ RIYUITI HIRAKAWA
- BT/PCS/0120 – Utilização de Padrão de Arquitetura de Software para a Fase de Projeto Orientado a Objetos – CRISITINA MARIA FERREIRA DA SILVA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/0121 – Agilizando Aprendizagem por Reforço Através do uso de Conhecimento sobre o Domínio – RENÉ PEGORARO, ANNA H. REALI COSTA
- BT/PCS/0122 – Modelo de Segurança da Linguagem Java Problemas e Soluções – CLAUDIO MASSANORI MATAYOSHI, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0123 – Proposta de um Agente CNM para o Gerenciamento Web de um Backbone ATM – FERNANDO FROTA REDIGOLO, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0124 – Um Método de Teste de software Baseado em Casos Teste – SÉRGIO RICARDO ROTTA, KECHI HIRAMA

- BT/PCS/0201 – A Teoria Nebulosa Aplicada a uma Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia – MARCO ANTONIO GARMS,
MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/0202 – Synchronization Constraints in a Concurrent Object Oriented Programming Model – LAÍS DO NASCIMENTO
SALVADOR, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/0203 – Construção de um Ambiente de Dados sobre um Sistema de Arquivos Paralelos – JOSÉ CRAVEIRO DA
COSTA NETO, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/0204 – Maestro: Um Middleware para Suporte a Aplicações Distribuídas Baseadas em Componentes de Software –
CLÁUDIO LUÍS PEREIRA FERREIRA, JORGE LUÍS RISCO BECERRA
- BT/PCS/0205 – Sistemas de Automação dos Transportes (ITS) Descritos Através das Técnicas de Modelagem RM-OPD (ITU-
T) e UML (OMG) – CLÁUDIO LUIZ MARTE, JORGE LUÍS RISCO BECERRA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO
- BT/PCS/0206 – Comparação de Perfis de Usuários Coletados Através do Agente de Interface PersonalSearcher – GUSTAVO
A. GIMÉNEZ LUGO, ANALIA AMANDI, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0207 – Arquitetura Reutilizáveis para a Criação de Sistemas de Tutorização Inteligentes – MARCO ANTONIO
FURLAN DE SOUZA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0208 – Análise e Predição de Desempenho de Programas Paralelos em Redes de Estações de Trabalho – LIN
KUAN CHING, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/0209 – Previsões Financeiras Através de Sistemas Neuronebulosos – DANIEL DE SOUZA GOMES, MARCO TÚLIO
CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/0210 – Proposta de Arquitetura Aberta de Central de Atendimento – ANA PAULA GONÇALVES SERRA, MOACYR
MARTUCCI JÚNIOR
- BT/PCS/0211 – Alternativas de Implementação de Sistemas Nebulosos em Hardware – MARCOS ALVES PREDEBON,
MARCO TÚLIO CA. RVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/0212 – Registro de Imagens de Documentos Antigos – VALGUIMA VICTORIA VIANA ODAKURA MARTINEZ,
GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0213 – Um Modelo de Dados Multidimensional – PEDRO WILLEMSSENS, JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR
- BT/PCS/0214 – Autômatos Adaptativos no Tratamento Sintático de Linguagem Natural – CÉLIA YUMI OKANO TANIWAKI,
JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0215 – Fatores e Subfatores para Avaliação da Segurança em Software de Sistemas Críticos – JOÃO EDUARDO
PROENÇA PÁSCOA, JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR
- BT/PCS/0216 – Derivando um Modelo de Projeto a Partir de um Modelo de Análise, com Base em Design Patterns J2EE –
SERGIO MARTINS FERNANDES, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/0217 – Domínios Virtuais para Redes Móveis Ad Hoc: Um Mecanismo de Segurança – LEONARDO AUGUSTO
MARTUCCI, TEREZA CRISTINA DE MELO BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0218 – Uma Ferramenta para a Formulação de Consultas Baseadas em Entidades e Papéis – ANDRÉ ROBERTO
DORETO SANTOS, EDIT GRASSIANI LINO CAMPOS
- BT/PCS/0219 – Avaliação de Performance de Arquiteturas para Computação de Alto Desempenho – KARIN STRAUSS,
WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0220 – BGLsim: Simulador de Sistema Completo para o Blue Gene/L – LUÍS HENRIQUE DE BARROS CEZE,
WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0221 – μ P: Uma Solução de Micropagamentos – PEDRO ANCONA LOPEZ MINDLIN, TEREZA CRISTINA MELO DE
BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0222 – Modelamento de Roteadores IP para Análise de Atraso – MARCELO BLANES, GRAÇA BRESSAN
- BT/PCS/0223 – Uma Biblioteca de Classes Utilizando Java 3D para o Desenvolvimento de Ambientes Virtuais Multi-Usuários –
RICARDO NAKAMURA, ROMERO TORI
- BT/PCS/0224 – Interactive 3D Physics Experiments Through the Internet – ALEXANDRE CARDOSO, ROMERO TORI
- BT/PCS/0225 – Avaliação do Desempenho de Aplicações Distribuídas sob Duas Velocidades de Rede – AMILCAR ROSA
PEREIRA, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0226 – Acompanhamento do Aprendizado do Aluno em Cursos a Distância através da WEB: Metodologias e
Ferramentas – LUCIANA APARECIDA MARTINEZ ZAINA, GRAÇA BRESSAN
- BT/PCS/0227 – Um Ambiente Colaborativo para Simulação de Redes de Computadores – OSCAR DANTAS VILCACHAGUA,
GRAÇA BRESSAN
- BT/PCS/0301 – Diretrizes para o Projeto de Base de Dados Distribuídas – PEDRO LUIZ PIZZIGATTI CORRÊA, JORGE
RADY DE ALMEIDA JR.
- BT/PCS/0302 – Análise e Predição de Desempenho de Programas MPI em Redes de Estações de Trabalho – JEAN
MARCOS LAINE, EDSON T. MIDORIKAWA

- BT/PCS/0303 – Padrões de Software para Tutores Inteligentes Cooperativos em Engenharia de Requisitos – MARIA EMILIA GOMES SOBRAL, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0304 – Performance Analysis and Prediction of Some MPI Communication Primitives – HÉLIO MARCI DE OLIVEIRA, EDSON TOSHIMI MIDORIKAWA
- BT/PCS/0305 – RM-ODP para Expressar o Licenciamento Nuclear – EDILSON DE ANDRADE BARBOSA, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/0306 – Modelo de Avaliação para Métricas de Software – VINICIUS DA SILVA ALMENDRA, KECHI HIRAMA
- BT/PCS/0307 – Análise de Confiabilidade de Sistemas Redundantes de Armazenamento em Discos Magnéticos – ENDERSON FERREIRA, JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR
- BT/PCS/0308 – Utilizando Realidade Virtual e Objetos Distribuídos na Construção de uma Ferramenta de Aprendizagem Colaborativa – O Projeto Piaget – ISMAR FRANGO SILVEIRA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0309 – Construção de Base de Conhecimento em Prolog a partir de Páginas HTML – WAGNER TOSCANO, EDSON SATOSHI GOMI
- BT/PCS/0310 – Verificação de Segurança em Confluência de Trajetórias de Aeronaves Utilizando Autômatos Híbridos – ÍTALO ROMANI DE OLIVEIRA, PAULO SÉRGIO CUGNASCA
- BT/PCS/0311 – Sistemas de Reconhecimento Biométrico Aplicados à Segurança de Sistemas de Informação – VILMAR DE SOUZA MACHADO, JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR
- BT/PCS/0312 – Análise Comparativa de Arquiteturas Híbridas Intserv-Diffserv Utilizadas para Obtenção de QoS Fim-a-Fim em Redes IP – CARLOS A. A. BENITES, GRAÇA BRESSAN
- BT/PCS/0313 – Proposta para Otimização de Desempenho do Protocolo TCP em Redes Wireless 802.11 – ANDRÉ AGUIAR SANTANA, TEREZA CRISTINA DE MELO BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0314 – Using the Moise + Model for a Cooperative Framework of MAS Reorganization – JOMI FRED HUBENER, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0315 – Ferramenta para Acompanhamento da Participação do Aluno em Sessões de Fórum Aplicada no Ensino a Distância via Web – GUSTAVO BIANCHI CINELLI, GRAÇA BRESSAN
- BT/PCS/0316 – Uma Infra-Estrutura para Agentes Arrematantes em Múltiplos Leilões Simultâneos – PAULO ANDRÉ LIMA DE CASTRO, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0317 – Reutilização de Software Através de Geração de Código e de Desenvolvimento de Componentes – Estudo de Caso – FÁBIO FÚRIA SILVA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0318 – Detecção Automática das Transições de Corte e Fades – IZAURA CRISTINA ARAÚJO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0319 – Educação a Distância e a Web Semântica: Modelagem Ontológica de Materiais e Objetos de Aprendizagem para Plataforma CoL – MOYSÉS DE ARAÚJO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0320 – Análise da Aplicação dos Padrões TMN no Gerenciamento de Sistemas de CRM – SANDRO ANTÔNIO VICENTE, MOACYR MARTUCCI JR
- BT/PCS/0321 – Alinhamento de Corpus Bilingües: Modelos e Aplicações – JOSÉ FONTEBASSO, JORGE KINOSHITA
- BT/PCS/0322 – Arquitetura de Integração dos Sistemas CORBA e Fieldbus: Aplicação do Padrão ODP – DANTE LINCOLN CAROAJULCA TANTALEÁN, JORGE LUIS RISCO BECERRA
- BT/PCS/0401 – Resultados Obtidos com a Implantação de um Ambiente para o Desenvolvimento de uma Maturidade em Engenharia de Software – LUIZ RICARDO BEGOSSO, LUCIA VILELA FILGUEIRAS
- BT/PCS/0402 – Procedimentos para Elaboração do Modelo de Análise UML com Características de Testabilidade – ROGÉRIA CRISTIANE GRATÃO DE SOUZA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/0403 – INTEREXPO3D – Uma Ferramenta para Geração de Exposições Virtuais 3D Interativas – ANDRÉA ZOTOVICI, ROMERO TORI
- BT/PCS/0404 – Metodologia para Especificação e Implementação de Solução de Gerenciamento – SÉRGIO CLEMENTI, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0405 – CPAR - Cluster: Um Ambiente de Execução para Clusters de Nós Mono e Multiprocessadores – GISELE DA SILVA CRAVEIRO, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/0406 – Monitores de Execução de Software para Sistemas Similares de Mesma Funcionalidade – SÉRGIO RICARDO ROTA, JORGE RADY DE ALMEIDA JR.
- BT/PCS/0407 – Avaliação do Perigo de Colisão entre Aeronaves em Operação de Aproximação em Pistas de Aterrissagem Paralelas – PAULO HIDESHI OGATA, JOÃO BATISTA CAMARGO JR.
- BT/PCS/0408 – Integration of Ontologies and Organization Models: A MAS View – GUSTAVO GIMENEZ LUGO, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0409 – The use Heuristics to Speedup Reinforcement Learning – REINALDO AUGUSTO DA COSTA BIANCHI, ANNA HELENA REALI COSTA

- BT/PCS/0410 – Gestão de QOS na Visão ODP: Uma Aplicação na Arquitetura SLM – CRISTINA MORI MIYATA, JORGE LUIS RISCO BECERRA
- BT/PCS/0411 – Proposta de um Modelo Simplificado de Aquisição de Software para Pequenas Empresas – PAULO SÉRGIO BRANDÃO LIMA, LÚCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS
- BT/PCS/0412 – Avaliação da Carga Mental de Trabalho na Operação de Interfaces Homem - Computador de Sistemas de Controle de Processo – JOSÉ LUIZ LOPES ALVES, LÚCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS
- BT/PCS/0413 – Identificação de Aspectos de Desenho de Interface de Documentos Hiperídia Educacionais que Influenciam na aprendizagem e Propostas de Utilização – RENATO JOSUÉ DE CARVALHO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0501 – Representação Gramatical Adaptativa com Verificação de Aparência de Linguagens Dependentes de Contexto – CÉSAR ALBERTO BRAVO PARIENTE, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0502 – PartNet+: Simulando Parcerias entre Múltiplos Agentes – JULIO DE LIMA DO RÉGO MONTEIRO, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0503 – Um Processo de Transformação de Arquiteturas de Sistemas Legados Baseado em Reengenharia – RODRIGO ALVARES DE SOUZA, REGINALDO ARAKAKI
- BT/PCS/0504 – Uma Proposta de Ontologia para Plano de Projeto – LUIS ALVES FERREIRA FILHO, EDSON SATOSHI GOMI