Universidade Federal do Paraná

Departamento de Informática

Alexandre Direne, André Guedes, Carlos Carvalho, Daniel Weingaertner, Fabiano Silva,
Luciano Silva, Luis C. E. Bona, Marcos A. Castilho, Marcos S. Sunye

Projeto Paraná Digital

Relatório Técnico
RT-DINF 004/2004

Curitiba, PR
2004

Sumário

1 Introdução **3**

1.1 Motivações 3

1.2 O projeto Paraná Digital 4

1.3 Resumo das atividades desenvolvidas no ano 2003 5

2 Atividades desenvolvidas no ano 2004 **7**

2.1 Definição do modelo da rede Paraná Digital 7

2.1.1 O modelo de rede e a filosofia de administração 7

2.1.2 O modelo de cada escola 8

2.2 Atividades desenvolvidas 10

2.2.1 Seleção e instalação do pessoal 10

2.2.2 Instalação do laboratório de desenvolvimento 11

2.2.3 Instalação dos laboratórios piloto 12

2.2.4 Validação dos laboratórios piloto 13

2.2.5 Levantamento dos problemas 13

2.2.6 Propostas de solução 17

2.2.7 Definição do modelo de administração 21

2.2.8 Interface com o usuário 24

3 Atividades derivadas **27**

3.1 Laboratório piloto no IEPPEP 27

3.2 Cursos para SEED 28

3.3 Xadrez 29

3.4 Definição dos aplicativos pedagógicos 30

3.5 Multi-terminal 31

4 Conclusão **34**

Capítulo 1

Introdução

Este relatório descreve o conjunto de produtos desenvolvidos e serviços prestados pelo Departamento de Informática (DInf) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) no âmbito do convênio assinado entre a Secretaria Estadual de Educação (SEED), a Secretaria de Ciência e Tecnologia (SETI) e a Fundação da Universidade Federal do Paraná (FUNPAR). O projeto encontra-se em execução em colaboração com a Companhia de Informática do Paraná (CELEPAR). O escopo deste projeto estende-se por 18 meses e é sustentado na grande experiência do DInf na gerência de laboratórios de ensino através do uso de ferramentas de software livre.

1.1 Motivações

As principais motivações para a realização deste projeto são:

- Aproveitamento por parte da SEED dos 14 anos de experiência da UFPR na administração de laboratórios didáticos;
- Aproveitamento, por parte da CELEPAR, dos 12 anos de experiência do DInf no uso de ferramentas de software livre.
- Aproveitamento da base de fibras ópticas públicas instalada no estado e que podem ser usadas tanto na implantação do projeto quanto na sua manutenção.
- Geração, na UFPR, de novas tecnologias associadas à diminuição dos gastos públicos tanto em licenças de software quanto pela diminuição dos gastos com máquinas, sua administração e manutenção.

1.2 O projeto Paraná Digital

O projeto Paraná Digital é uma iniciativa do Governo do Estado do Paraná para expansão do parque computacional que atende as escolas públicas do estado do Paraná, fornecendo ambiente computacional adequado aos estudantes e ferramentas pedagógicas para o corpo docente. O projeto está sob responsabilidade da SEED e é executado como uma parceria entre a SEED, a CELEPAR, a COPEL e UFPR.

Atualmente, das 2.057 escolas estaduais, 953 têm laboratórios de informática equipados com até 20 computadores. Nestas escolas existem cerca de 18,5 mil máquinas que em boa parte já são consideradas obsoletas pelos padrões de mercado baseados em softwares proprietários.

Estão entre as metas do projeto:

- Dar acesso ao Portal Dia-a-dia-Educação[1] e à Internet como um todo para toda a rede de pública escolar;
- Disponibilizar para o público escolar softwares básicos de uso geral como planilhas, navegadores e editores de texto;
- Disponibilizar softwares educativos adequados aos professores e alunos.

A preocupação com a administração e manutenção do sistema é o grande diferencial deste projeto em relação a outros similares. A principal idéia é manter o sistema em funcionamento ao longo do tempo e não apenas instalar os computadores nas escolas. Este projeto é inovador pois:

- prevê a contínua manutenção e melhoria dos serviços oferecidos;
- faz uso de um ambiente baseado em ferramentas de uso livre;
- centraliza a administração da rede em um núcleo comum.

O modelo a ser implantado nas escolas é baseado na arquitetura dos laboratórios de computação do DInf da UFPR. Esta arquitetura, que vem sendo refinada há cerca de 6 anos no DInf, consiste em transformar os pontos de acesso dos usuários em terminais gráficos conectados a um único servidor de processamento. Isto é obtido pela adoção do sistema operacional *GNU/Linux* em conjunto com a aplicação consistente de uma filosofia de administração inovadora, o que permite não apenas reduzir drasticamente o custo de aquisição de hardware e eliminar o custo de aquisição de software, mas principalmente permitir uma redução dos custos de administração da rede, resultando num extraordinário aumento da qualidade de oferta dos serviços. A filosofia deste modelo está descrita em [CCH01a] e [CCH01b].

[1] http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br

A rede Paraná Digital se diferencia da rede do DInf pelo grande número de servidores de processamento espalhadas por todo o estado do Paraná. Haverá um laboratório similar ao do DInf em cada uma das 2.053 escolas do estado do Paraná, ou seja, um universo de aproximadamente 2.000 computadores para serem administrados. Como cada um destes computadores controlará uma rede interna à escola com aproximadamente 20 pontos de trabalho por escola, haverá cerca de 40.000 computadores gerenciados em toda a rede.

Gerenciar uma rede deste porte é uma tarefa não trivial que só pode ser vencida pela participação coordenada de todos os grupos envolvidos: SEED, CELEPAR, COPEL e UFPR. O restante deste documento descreve as atividades desenvolvidas pela equipe do DInf da UFPR para execução do projeto Paraná Digital a partir de 01/01/2004. No entanto, para contextualizar corretamente o presente relato, a próxima seção contém um breve resumo das atividades desenvolvidas no ano 2003 que culminaram com a assinatura do convênio supra citado.

O capítulo 2 contém um relato das atividades previstas no projeto desenvolvidas pela equipe do DInf no ano 2004, enquanto que o capítulo 3 contém a descrição das tarefas não previstas no convênio mas que foram derivadas pela sua importância no projeto como um todo. O capítulo 4 conclui o relatório analisando a participação do DInf até o momento e dá indicações do trabalho futuro.

1.3 Resumo das atividades desenvolvidas no ano 2003

Durante o ano 2003 a equipe do DInf participou ativamente do projeto Paraná Digital. Aqui descreve-se de maneira resumida esta participação. O principal resultado deste trabalho foi a elaboração do modelo a ser adotado para a rede Paraná Digital e o detalhamento do edital de licitação, que são apresentados no próximo capítulo.

janeiro: primeiros contatos entre a SEED, CELEPAR e a UFPR para estudo do modelo de laboratórios utilizado na UFPR; visitas de equipes da COPEL, CELEPAR e SEED ao DInf;

fevereiro: escolha do modelo da UFPR para aplicação nas escolas paranaenses;

março: reuniões de trabalho entre a UFPR e a equipe de tecnologia da SEED;

abril: reuniões entre UFPR, CELEPAR e SEED para transferência tecnológica do modelo de laboratório da UFPR; Adaptação do modelo da UFPR para o laboratório piloto do IEPPEP;

maio: apresentação dos projetos da UFPR em software livre no lançamento do projeto Software Livre Paraná; Desenvolvimento da solução piloto para o Instituto de Educação;

junho: inauguração do laboratório piloto do Instituto de Educação pela SEAE, CELEPAR, COPEL, SETI e SEED; Início da manutenção à distância do laboratório do IEPPEP por parte da UFPR; Desenvolvimento da solução de uso de placas de som no modelo centralizado;

julho: manutenção dos servidores do IEPPEP fica permanentemente na UFPR; Elaboração do projeto estadual de implantação do projeto Paraná Digital inspirado no modelo UFPR; Definição da configuração das máquinas do projeto para elaboração do Edital de Licitação; Reuniões com a CELEPAR e SEED para refinamento do projeto;

agosto: avaliação da tecnologia *thin clients*[2] para a SEED: modelos da ASMS e da Visum;

setembro: exposição do modelo aplicado no Instituto de Educação no congresso INFOTEL 2003;

outubro: audiência pública para o edital de licitação pela UFPR, CELEPAR, SEED e Secretaria de Assuntos Estratégicos (SEAE) com a participação de mais de 40 empresas; Avaliação da tecnologia *Sun Ray* para a SEED; Avaliação das diferenças entre servidores simples e tecnologia biprocessadas;

novembro: apresentação do projeto na Conferência Internacional Software Livre Brasil; Apresentação do modelo de gestão de laboratórios do DInf da UFPR na Conferência Internacional Software Livre Brasil; Seminário na SEED para apresentação da proposta elaborada pela UFPR para o programa Paraná Digital às equipes da SEED, CELEPAR e COPEL;

dezembro: reuniões CELEPAR, SEED e UFPR para divisão dos módulos do projeto, definição de tarefas e cronograma do projeto; Convênio entre SEED, SETI, através do Fundo Paraná Tecnologia, e FUNPAR, através do DInf é aprovado pelo Fundo Paraná Tecnologia.

[2] um *thin clients* é um computador com hardware simplificado, normalmente consistindo de componentes integrados completamente à placa-mãe e com gabinetes de tamanho reduzido.

Capítulo 2

Atividades desenvolvidas no ano 2004

Nesta seção descreve-se as atividades desenvolvidas pela equipe do DInf relativas ao projeto Paraná Digital até o mês de julho de 2004. Optou-se por uma apresentação que segue o cronograma de atividades previstas no projeto. Algumas tarefas derivadas foram também executadas pela equipe, mas como não estavam inicialmente previstas são descritas e justificadas na seção 3.

2.1 Definição do modelo da rede Paraná Digital

Durante praticamente todo o ano de 2003, a equipe do projeto Paraná Digital, envolvendo SEED, CELEPAR, COPEL e DInf, reuniu-se exaustivamente e chegou ao modelo a ser adotado para a rede. Nesta seção serão descritos os dois componentes deste modelo: a estrutura local nas escolas e a filosofia de gestão da rede estadual.

A seção 2.2.5 contém um levantamento dos principais problemas que podem ocorrer pela adoção deste tipo de sistema e a seção 2.2.6 procura mostrar alternativas para estes problemas.

2.1.1 O modelo de rede e a filosofia de administração

O modelo da rede, denominado, *Centralizado de Intervenção Mínima*, propõe que toda a rede das escolas seja gerenciada a partir de um núcleo localizado na CELEPAR. Isto significa que toda intervenção nos computadores deve ser feita remotamente, ou seja, sem o deslocamento físico de membros da equipe até a escola. Isto é fundamental dada a dimensão do estado do Paraná e também devido à falta de mão de obra especializada em *Linux* no interior do estado.

Isto implica que cada uma das 44.000 máquinas pode ser reconfigurada parcial ou totalmente a qualquer momento pela equipe a partir do núcleo, garantindo segurança e padronização do sistema. Também implica que a instalação inicial das máquinas deve ser dotada da capacidade de se comunicar

com o núcleo e se reconfigurar quando necessário.

Para tanto, é necessário disponibilizar uma rede de alto desempenho e alta disponibilidade. Foi decidido por uma rede rede privada de fibras ópticas. Por questões de segurança, o contrato da rede deverá permitir que as escolas estejam conectadas a duas redes lógicas, uma para os alunos e outra para o sistema administrativo. O serviço deverá ser seguro o suficiente para não permitir acesso de usuários não autorizados à rede administrativa. Isto implica que cada escola deverá ter um *firewall*[1] para a rede interna.

A rede resultante terá aproximadamente 40.000 computadores e será administrada por um único núcleo central. O número de administradores deste núcleo também será reduzido. Os objetivos são diminuir o custo de administração da rede, manter a homogeneidade do sistema, garantir segurança e disponibilidade, possibilitar auditorias e monitoração do uso dos laboratórios.

O núcleo também deverá ser protegido por um sistema de segurança moderno que deverá permitir o rastreamento de possíveis falhas, auditorias, controle de pacotes e quaisquer outras medidas de segurança que por ventura se façam necessárias.

Sendo de competência exclusiva do núcleo, a administração dos laboratórios não poderá ser feita localmente na escola, a não ser nos casos determinados pela equipe de coordenadores do núcleo. Os processos deverão ser automatizados sempre que possível e devem garantir integridade, segurança e o total funcionamento do sistema.

Por este motivo optou-se por utilizar a distribuição *Debian* do *GNU/Linux*, que possui um avançado sistema de instalação e configuração de pacotes de software, além de já ser utilizada no DInf há mais de 8 anos.

2.1.2 O modelo de cada escola

Cada escola receberá um laboratório contendo em média 20 computadores, que serão também chamados neste documento de *terminais* ou *pontos de trabalho*. Os terminais são as máquinas através das quais os usuários obtém acesso aos recursos do laboratório via uma interface gráfica de alta qualidade, baseada em janelas e com acesso aos programas através de menus ou ícones, como é comum nos sistemas atuais. Estes terminais serão conectados a um servidor de processamento via uma rede de alto desempenho.

O servidor de processamento (ou servidor da escola) é também servidor de disco (onde os usuários vão armazenar seus dados). Sendo uma única máquina, facilita-se a gerência da rede, garante-se cópia periódica dos dados dos usuários e diminui-se o custo de gerência da rede. Os servidores de processamento terão as seguintes funções básicas:

[1] *Firewalls* são sistemas que permitem o controle, segurança e monitoramento do tráfego de rede.

- Armazenamento das contas de todos os alunos, professores e técnicos da escola.
- Armazenamento do sistema operacional dos terminais de acesso das escola.
- Permitir acesso remoto via núcleo de servidores para manutenção e administração remota do laboratório.
- Disponibilizar as aplicações necessárias nos terminais de acesso para os usuários das escolas.
- Possuir sistema de detecção de falhas e de recuperação automáticos.

Do ponto de vista funcional todo o laboratório se apresenta como uma única entidade. Os terminais são apenas veículos de acesso aos recursos oferecidos pelo servidor de processamento, ou seja, eles não fazem processamento local a não ser para controlar os recursos de rede e da apresentação gráfica na tela. Um terminal tal como aqui apresentado tem comprovadamente uma pequena demanda de processador e de memória. Para se obter um bom desempenho é suficiente que ele tenha um bom acesso à rede e um bom sistema de vídeo. Por isto pode-se facilmente recuperar uma máquina obsoleta para os padrões de mercado gastando-se, eventualmente, cerca de 10% do custo de uma máquina atual. Este gasto é necessário nos casos onde as placas de vídeo e de rede não forem de desempenho satisfatório. Mesmo considerando um caso extremo, pode-se adquirir monitores, mouses e teclados, mantendo-se a unidade de processamento. Tal investimento é da ordem de 30 a 40% do custo de uma máquina atual completa.

O resultado é que o usuário tem a impressão de estar processando no próprio terminal, enquanto que na verdade toda a demanda de processamento é atendida pelo servidor. Este, por sua vez, deve ser uma máquina bem dimensionada para poder suportar uma média de 20 usuários simultâneos.

Uma das principais vantagens é que com baixo custo pode-se melhorar a capacidade de desempenho do servidor de processamento provocando a melhoria do desempenho global de todo o parque computacional instalado na escola. Isto facilita a atuação de patrocinadores locais, como por exemplo as associações de pais e mestres, que podem comprar mais memória para o servidor de processamento, ou mesmo a máquina inteira.

Outra grande vantagem é a baixa necessidade de manutenção dos terminais. Normalmente, eles só param de funcionar se houver um problema de hardware, que pode ser resolvido por técnicos de informática com baixo nível de especialização. Por outro lado, o servidor de processamento é uma máquina com hardware moderno, conectado a um dispositivo de proteção contra falhas elétricas (*nobreak*) e ficará instalado em sala protegida dos usuários e do calor, o que aumentará seu tempo de vida.

2.2 Atividades desenvolvidas

2.2.1 Seleção e instalação do pessoal

O processo de seleção de pessoal foi feito a partir do mês de janeiro após a equipe de coordenadores do projeto ter feito a análise inicial do problema descrita na seção anterior. Foram definidas 8 coordenadorias internas:

- Administração dos laboratórios piloto (Marcos Castilho)
- Administração do laboratório de desenvolvimento (Luis de Bona)
- Criação da imagem inicial (Luciano Silva)
- Segurança (Carlos Carvalho)
- Apresentação visual para o usuário (Fabiano Silva, em conjunto com SEED)
- Aplicativos pedagógicos (André Guedes, em conjunto com SEED)
- Projeto Multi-terminais (Daniel Weingaertner)
- Treinamento e documentação (Marcos Sunyé)

Três destas coordenadorias, pela sua importância, exigiram a vinda de três novos pesquisadores no projeto, que não constavam do projeto original. São elas: segurança, projeto multi-terminais e aplicativos pedagógicos.

A coordenadoria implica em controle sobre o respectivo tema. O trabalho é posteriormente dividido entre os demais pesquisadores do projeto e um grupo de bolsistas de graduação, que é de aproximadamente 2 bolsistas por coordenadoria.

Assim, foram selecionados 17 bolsistas, todos alunos de graduação da UFPR, para as diferentes equipes de trabalho. Os bolsistas e os novos pesquisadores iniciaram suas atividades no mês de janeiro de 2004.

Após seis meses de projeto notou-se que algumas coordenadorias exigem muito trabalho e necessitam de contratação de mais pessoal, sobretudo para a criação da imagem inicial, apresentação visual e treinamento e documentação. Destas, a equipe da criação da imagem inicial (que é melhor descrita na seção 2.2) é crucial para o projeto e demanda o maior trabalho identificado até o presente momento. Um novo processo de seleção de pessoal foi iniciado no mês de junho.

2.2.2 Instalação do laboratório de desenvolvimento

Para que o processo de desenvolvimento tivesse início foi necessário realizar a reforma da sala de desenvolvimento do projeto em local situado no laboratório de Informática do DInf.

Este processo aconteceu entre fevereiro e março de 2004 e consistiu das seguintes atividades:

- reforma das redes elétrica e lógica em salas do DInf;
- aquisição de mesas, cadeiras e armários para o pessoal envolvido;
- compra de componentes de hardware para configuração mínima dos computadores de desenvolvimento;
- configuração dos computadores do laboratório de desenvolvimento.

O laboratório de desenvolvimento foi estruturado para possibilitar o desenvolvimento das diversas atividades das equipes de trabalho e consiste basicamente de dois conjuntos de máquinas: um conjunto de pontos de trabalho para sub-projetos que não dependem de equipamento especial, mas apenas de acesso à Internet e ferramentas de programação, e um conjunto de máquinas para testes de desenvolvimento, que incluem computadores configurados com gravadores de CD-rom e configurações especiais para experimentos.

O primeiro conjunto de computadores foi idealizado para permitir ambiente estável de trabalho ao pessoal do projeto, enquanto que o segundo permite testes específicos de componentes de hardware ou software ou até mesmo reinstalações completas dos computadores em caso de necessidade.

O ambiente estável consiste de dois servidores de computação, um *firewall*, um *laptop* e 6 terminais gráficos, sendo um no sistema multi-terminais (ver seção 3.5). O ambiente de testes consiste de 6 máquinas com disco, gravadores de CD, placas de som e outros dispositivos em fase de testes, como por exemplo, *hubs usb* e equipamentos de rede que permitam avaliar o desempenho de redes de baixo desempenho, tais como *modens*. Isto pode ser necessário para se avaliar o impacto de aplicação do modelo definido em escolas rurais que não terão conexão por fibras ópticas.

A instalação do laboratório de desenvolvimento foi feita desde o início da execução do projeto de forma a garantir total segurança da rede. Foi configurada uma subrede com *firewall* próprio, exigindo reconfiguração de subredes no DInf. Os servidores de computação foram planejados para terem sistema de controle de acesso seguro e restrito. Foi projetado um sistema de redundância para os computadores e para os dados. A rede elétrica foi adaptada e uma sala para abrigar os servidores principais foi também reformada.

2.2.3 Instalação dos laboratórios piloto

É de fundamental importância neste projeto o conhecimento por parte da equipe de desenvolvimento dos possíveis problemas que ocorrem no servidor de computação e nos terminais remotos. Ainda, para se instalar uma rede de cerca de 2.100 escolas é preciso antes validar o modelo em um ambiente similar. Para isto a equipe do DInf instalou dois laboratórios pilotos.

O objetivo de manter dois laboratórios pilotos é realizar experimentos em diferentes níveis: o primeiro em um ambiente estável, com o mesmo público de usuários que serão atendidos após a instalação na rede, isto é, em ambiente de uma escola pública do estado do Paraná. O outro, nas dependências do DInf, não necessariamente estável, próximo fisicamente da equipe, para facilitar testes e experiências no modelo de maneira a não prejudicar o público de uma escola.

A escola escolhida como piloto foi o Instituto de Educação do Paraná Professor Erasmo Pilotto (IEPPEP), tanto pela relativa proximidade física com a equipe de desenvolvimento do projeto (o IEPPEP é localizado no centro de Curitiba), o que permite o deslocamento da equipe em casos de emergências, como também porque já era uma instalação realizada pela equipe do DInf em maio de 2003, ocasião em que o laboratório foi inaugurado pelo Sr. Secretário Maurício Requião.

A instalação de 2003 foi completamente refeita a partir do mês de fevereiro de 2004 para ser adaptada ao modelo previsto para as escolas (seção 2.1.2). Dois bolsistas foram selecionados para fazer plantão neste laboratório, colhendo informações dos usuários e ajudando na identificação de problemas.

Contudo, o laboratório do IEPPEP não é suficiente para validar o modelo. Apesar de poder-se sentir a aceitação do sistema operacional *GNU/Linux* por parte dos estudantes e professores, o laboratório contém apenas um servidor de processamento, que é insuficiente para validar o conjunto de programas que farão a comunicação do núcleo com as 2.100 escolas da rede.

Assim, foi iniciada a instalação do segundo laboratório piloto. Montado nas dependências do DInf, recebeu o nome de "Laboratório Multi-terminais". Este laboratório foi projetado para simular 15 servidores de processamento (15 escolas) servindo de base para testes e experimentos das ferramentas de administração remota.

Aproveitando-se da sua estrutura, ele também serve para validar o projeto multi-terminais (seção 3.5). O laboratório conta com um total de 60 pontos de trabalho e visa atender um público de alunos não oriundos do curso de Ciência da Computação, para que se possa colher experiências de usuários não especializados com o sistema *GNU/Linux*. Assistirão aulas neste laboratório alunos de dezenas de cursos da UFPR, incluindo os cursos dos setores de Exatas, Tecnológicas, Biológicas, Humanas, Ciências da Terra e Agrárias.

Até o momento da redação deste relatório, foram adquiridas as mesas, cadeiras, foi reformada a sala e foi feita a instalação elétrica e de rede para atender os requisitos do projeto multi-terminais. Os

computadores devem ser adquiridos até o mês de agosto de 2004.

2.2.4 Validação dos laboratórios piloto

Este tópico do cronograma deveria ter sido concluído até abril de 2004, mas não o foi por duas razões.

O laboratório do IEPPEP não foi ainda largamente utilizado por falta de treinamento dos professores no sistema operacional *GNU/Linux*. Isto gerou uma atividade não prevista no projeto original: a de treinamento para estes professores. O treinamento foi feito por uma parceria da equipe do DInf com a equipe de multiplicadores do CETEPAR/SEED. Tal atividade é descrita em detalhes na seção 3.2.

O laboratório multi-terminais ainda não teve seus computadores adquiridos.

2.2.5 Levantamento dos problemas

A equipe do DInf fez um levantamento dos principais problemas que podem surgir e que devem ser tratados para viabilizar o modelo proposto. Os problemas foram classificados da seguinte maneira: implantação, administração dos usuários, administração de cada servidor, administração dos terminais e administração do núcleo da rede. Cada classe de problemas é apresentada a seguir. Na seção 2.2.6 discutem-se algumas possíveis soluções para cada um dos problemas levantados.

Implantação

Dado o grande número de máquinas (44.000) o processo de instalação pode ser muito lento se não for bem planejado. Uma única equipe poderia levar 5,5 anos para instalar todo o sistema. É importante prever um mecanismo onde o vencedor da licitação entregue as máquinas já com o sistema instalado. Isto pode ser trivial nos sistemas operacionais lideres de mercado, mas não é o caso nos sistemas *GNU/Linux*, sobretudo para um sistema que deve ser administrado de maneira remota a partir de um núcleo.

A instalação dos laboratório deve ser do tipo "ligue-e-use" e uma vez instalado o laboratório não deve mais precisar de intervenção local a não ser em caso de perda de todo o sistema, possibilidade esta que deve ser evitada.

O processo de instalação deve também prever o reaproveitamento do equipamento instalado, de maneira a garantir, assim como no caso das máquinas novas, a qualidade do equipamento e compatibilidade com o sistema operacional *GNU/Linux*, além da homogeneidade do sistema, o que facilita a sua administração.

Por isto foi um grande desafio elaborar o edital de licitação e prever como será o processo de instalação do parque computacional adquirido. É preciso ao mesmo tempo garantir qualidade do equipamento, compatibilidade com o sistema operacional *GNU/Linux* e maximizar a quantidade de máquinas compradas.

Administração dos usuários em cada servidor

O sistema será acessado por aproximadamente 1.500.000 usuários, exigindo que alguns aspectos sejam bem planejados de forma a facilitar o trabalho do reduzido número de administradores.

É preciso definir processos que permitam criar automaticamente as 300.000 contas dos usuários que passam a integrar a rede de ensino anualmente, assim como a eliminação de outra igual quantidade de alunos que saem do sistema a cada ano.

Outros exemplos de problemas que já foram identificados pela equipe do DInf são: grande número de usuários que perdem suas senhas (estimado em mais de 500 por dia) ou ultrapassam a cota de disco estabelecida, impedindo que o usuário se conecte ao sistema (estimado em mais de 1.500 contas por dia).

Estes problemas são normalmente resolvidos por intervenções locais do administrador do sistema. Isto implica em problemas com senha de acesso privilegiado que pode comprometer a segurança de toda a rede. Por outro lado, dado que o modelo adotado no Paraná Digital é centralizado, é necessário pensar-se em automatização, pois caso contrário a equipe do núcleo poderá passar todo o tempo apenas realizando este tipo de tarefa.

Administração de cada servidor

A equipe do DInf identificou uma série de pequenos problemas comuns em ambientes multi-usuários: eventuais processos travados na máquina que deveriam ser encerrados pois consomem uma grande e inútil quantidade de memória e processamento, muitas vezes sem mesmo o usuário estar conectado ao sistema; eventuais travamentos devido a falhas de hardware ou quedas de energia elétrica, que geralmente levam a panes de hardware ou falhas na carga do sistema, que por sua vez podem exigir intervenção local do administrador da rede. Estes problemas são bem conhecidos e de simples solução quando resolvidos da maneira tradicional por intervenções manuais do operador local.

No projeto Paraná Digital, conforme já descrito, a administração é centralizada, o que torna um verdadeiro desafio solucionar este tipo de problema. É absolutamente imperativo a construção de programas automáticos que possam detectar e resolver este tipo de problema. Isto requer um estudo aprofundado dos programas que rodam no servidor de computação e exige a instalação de laboratórios piloto para possibilitar este estudo. A equipe do DInf manterá dois laboratórios piloto com tal objetivo. Um deles é descrito na seção 2.2.3 e o outro na seção 3.1.

A equipe também identificou outra série de problemas, desta vez não tão corriqueiros, que também devem ser solucionados de maneira automática, pois envolvem aspectos de segurança do sistema e da rede. São eles: o controle de quais são os terminais autorizados a utilizar a rede (a fim de evitar a conexão de máquinas não pertencentes à escola); o controle da cota de disco ou de impressão a que cada usuário tem direito; as páginas permitidas para acesso à Internet por parte dos alunos, evitando páginas de conteúdo inadequado; e o controle dos usuários autorizados a terem contas de correio eletrônico (pois isto pode causar sérios problemas na rede em razão de vírus ou de *SPAMs*)[2].

De fundamental importância, a equipe do DInf identifica o servidor de computação das escolas como a principal vulnerabilidade do sistema de segurança da rede. A explicação é simples: é onde os usuários vão estar operando o sistema. Por isto os servidores de computação devem ter mecanismos de atualizações automáticas de software que devem ser feitas sob total controle do núcleo da rede. Um cuidado especial deve ser tomado para assegurar que usuários não tenham acesso privilegiado ao sistema sob pena de arede Paraná Digital tornar-se um grande ponto para ataques à Internet.

No entanto, sabe-se que eventualmente usuários maliciosos podem ganhar acesso privilegiado ao sistema instalado, a despeito de todas as medidas de segurança adotadas. Por esta razão é importante que os servidores de computação troquem informações periodicamente com o núcleo da rede. Nesta troca de informações o núcleo deve ser capaz de, automaticamente: realizar atualizações de segurança nos servidores de computação das escolas (atualizando indiretamente inclusive nos terminais internos), ou até mesmo atualizações globais de todo o sistema; trocar informações que permitam auditorias confiáveis do sistema, possibilitando investigações do comportamento suspeito de seus usuários.

Observa-se no entanto que em modelos tradicionais baseados em softwares proprietários este problema é muitas vezes maior, pois além deste controle ter ser feito sobre toda a rede de 44.000 computadores (e não apenas 2.100), o modelo de auditoria também deveria ser desenvolvido.

É preciso ter em mente que neste modelo onde todos os terminais estão conectados a um servidor de computação, esta última não pode falhar, pois tiraria toda a escola da rede, inclusive a parte administrativa. Isto leva a questões sobre a necessidade de um esquema de redundância do sistema, onde o ideal seria ter uma alternativa de processamento em caso de eventuais falhas do servidor principal. Por isto é importante prever que o servidor de computação tenha acesso restrito, fique em lugar protegido, preferencialmente em local refrigerado, e tenha dispositivos de segurança elétrica.

Administração dos terminais

Os terminais são os equipamentos mais suscetíveis a falhas. No entanto, conforme descrito na seção 2.1, este problema é minimizado no modelo do Paraná Digital. Como toda a imagem do terminal é única e é mantida no servidor de computação, o comportamento dos terminais deve ser rigorosamente o mesmo para todo o laboratório. Neste modelo, praticamente é eliminada a possibilidade de falhas de

[2] *SPAMs* são mensagens indesejadas com conteúdo normalmente comercial que poluem as caixas postais dos usuários de Internet hoje em dia.

software nos pontos de trabalho. Como os terminais não terão discos rígidos, que são os componentes mais suscetíveis a falhas, esta possibilidade passa a ser também reduzida.

As principais falhas provavelmente serão em função de panes elétricas provocadas por falhas na instalação elétrica local na escola (raios ou instabilidade no fornecimento de energia) ou por mal uso por parte dos usuários (vandalismo, furto, descuido com líquidos no laboratório). Neste caso, deve-se prever listas de compatibilidade para substituição de componentes do terminal ou até mesmo de todo o computador, tomando-se cuidado com a homogeneidade do hardware para simplificar a administração do sistema.

A equipe do DInf está confeccionando um guia para problemas que podem ser resolvidos localmente sem necessidade de intervenção do núcleo. Neste guia também descrevem-se os problemas mais corriqueiros e como devem ser tratados. Nos casos em que for exigida a intervenção do núcleo é importante que o operador local saiba descrever o problema, principalmente nos raros casos em que o problema é de fato de software. Um bom exemplo é a substituição de uma placa de rede queimada por outra idêntica em bom funcionamento mas desconhecida do núcleo: o terminal não deverá fazer a carga do sistema neste caso a não ser que o núcleo seja comunicado.

Neste modelo apresentado pelo DInf, os terminais são na verdade uma boa fonte potencial de solução de problemas de sobrecarga nos servidores de computação. É tecnicamente possível transformar um terminal gráfico remoto em uma máquina de processamento pleno, melhorando assim a possibilidade de sobrevida do equipamento. Por exemplo, se o servidor de computação estiver sobrecarregado, uma possível alternativa que exigiria uma simples intervenção do núcleo é que os terminais façam o processamento local de programas tais como os navegadores.

Também não se pode desperdiçar a oportunidade de utilizar o conjunto de terminais da rede para formar uma grade de computação que pode permitir que os 44.000 terminais sejam empregados para realizar processamento paralelo e distribuído. Este tipo de ambiente é uma ferramenta poderosa para aplicações como previsão do tempo, simulações e demais aplicações científicas de interesse público. É uma das ambições deste projeto poder disponibilizar para o estado um grande super-computador com todos os terminais. No entanto isto por enquanto é apenas uma possibilidade tecnicamente possível.

Administração do núcleo da rede

O núcleo de administração da rede é um dos componentes mais importantes do modelo. Uma das principais preocupações é que este núcleo seja extremamente protegido. Esta tarefa é complexa especialmente se a rede tiver acesso à Internet e com um número muito grande de usuários nas escolas. Se 0.01% dos usuários forem perigosos teremos 150 invasores em potencial. Uma invasão no núcleo permitiria o comprometimento da segurança de mais de 40 mil terminais, que poderiam servir de fonte de poderosos ataques a computadores na Internet.

O objetivo é que o núcleo gerencie todos os laboratórios exigindo uma mínima intervenção dos

administradores locais.

2.2.6 Propostas de solução

Nesta seção descreve-se o trabalho executado até agora pela equipe do DInf com relação ao modelo final de administração da rede. Ele se inicia por reuniões com inter-equipes (SEED, CELEPAR, COPEL, DInf, representantes do BID e do PNUD).

Descreve-se ainda um conjunto de tarefas que tem como base refinar o levantamento de problemas e indicar as propostas de soluções estudadas, as que foram descartadas, as que foram adotadas e as que ainda dependem de validação.

Reuniões de decisão e integração com CELEPAR, COPEL e SEED

O projeto Paraná Digital é um desafio que só pode ser vencido com a colaboração de todos os núcleos envolvidos, não apenas pela complexidade embutida, mas sobretudo pela resolução de conflitos e separação correta do trabalho.

Para tanto é fundamental que estas diversas equipes possam se conhecer, entender os problemas, classificá-los e determinar precisamente o escopo de trabalho de cada equipe, definindo-se claramente o papel de cada grupo e identificando pontos de intersecção.

Sob a coordenação da SEED, foram criadas as seguintes equipes:

- Redes
- Interface
- Implementação do modelo
- Aplicativos
- Treinamento

Em cada uma destas equipes foram definidos dois coordenadores, um deles da SEED/CELEPAR o outro do DInf.

Uma vez identificados os pontos de trabalho comuns, a principal meta foi o estabelecimento de padrões de interface que permitissem a completa automatização de todos os processos. Um exemplo disto é a possibilidade de abertura automática de 1 milhão e meio de contas a partir das bases de dados das escolas disponível na CELEPAR. Outro exemplo é a estruturação final do modelo de rede a ser fornecido pela COPEL, o que permitiu a definição da configuração final da rede em cada escola. Isto

implicou em diversas reuniões da equipe de rede do projeto para definição de detalhes de implementação da rede, baseando-se em informações das bases de dados das escolas, mantido na CELEPAR. Estas reuniões acontecem periodicamente na SEED com todas as equipes e em locais diversos com equipes específicas. As reuniões tem acontecido desde o mês de janeiro de 2004.

Edital de licitação

Nesta e nas três próximas seções discutem-se soluções para os problemas apresentados na seção 2.2.5.

O edital de licitação foi feito em conjunto pelas equipes da SEED, CELEPAR, DInf/UFPR e também por orientação do BID e do PNUD. Neste processo, já concluído, empresários, montadores/integradores de soluções de informática foram ouvidos e suas propostas analisadas. Coube ao DInf a tarefa de estudar e validar alternativas de hardware e de software.

Os coordenadores do projeto na SEED decidiram separar a aquisição dos 44.000 computadores em três licitações, sendo que a primeira delas previa o término do processo de licitação para o mês de maio de 2004, com a instalação da rede a partir do mês de julho de 2004.

Em função das características do modelo a ser implantado, do grande número de computadores a ser adquirido e também do grande montante financeiro envolvido, um dos maiores desafios do projeto é a aquisição e instalação dos computadores nas escolas.

São três as principais dificuldades: garantir que os computadores comprados sejam compatíveis com o sistema operacional *GNU/Linux*, garantir que as máquinas sejam corretamente instaladas nas escolas e maximizar o número de computadores instalados.

O edital foi concebido para atender o modelo de laboratório descrito na seção 2.1. Foram especificadas as seguintes configurações:

- do servidor de processamento capaz de atender a demanda de até 20 terminais remotos;
- do terminal;
- da estrutura de rede, incluindo *switch*, *rack* e *nobreak*.

Neste processo, desde junho de 2003, a equipe do DInf testou diferentes arquiteturas para o servidor de processamento. Variou-se o fabricante do processador, as montadoras/integradoras, a qualidade dos discos, quantidade de memória e qualidade do gabinete, incluindo refrigeração interna dos componentes. Concluiu-se por uma arquitetura com dois processadores, discos IDE e 1GB de memória RAM para cada 10 terminais instalados no laboratório, pois esta foi a arquitetura que apresentou a melhor relação custo-benefício.

Também foram testadas diferentes arquiteturas para as estações clientes. Variou-se o fabricante do processador, as montadoras/integradoras, mas principalmente a compatibilidade dos componentes com o sistema operacional *GNU/Linux*, em particular as placas de vídeo e de rede. Estas últimas foram avaliadas pela capacidade de atendimento aos padrões atuais para carga remota de sistema.

Ainda com relação à configuração dos terminais, a equipe testou diversos modelos de computadores do tipo PC, os chamados *thin clients* e também opções proprietárias fechadas baseadas em arquitetura RISC.

A decisão final pela arquitetura do tipo PC *desktop* foi tomada pela equipe envolvendo CELEPAR, SEED e DInf, basicamente por dois motivos:

- Maximizar-se a quantidade de fornecedores capazes de atender ao edital de licitação;
- Permitir-se que na segunda e terceira fases da licitação seja possível adquirir terminais do tipo *Multi-Terminal*. Esta opção vai reduzir em cerca de 50% o custo do edital de licitação. Este modelo é melhor descrito na seção 3.5.

Geração da imagem dos servidores

A geração da imagem contendo o sistema operacional dos servidores é a primeira que deve ser concluída dentro do cronograma do projeto. Esta imagem, que deve ser enviada ao vencedor da licitação, será fornecida em um CD-ROM auto-instalável que fará automaticamente o particionamento dos HDs e efetuará as configurações básicas necessárias para deixar o servidor pronto para a implantação.

Em função do modelo centralizado adotado, do grande número de escolas, e também pela distribuição geográfica das escolas no estado, o processo de implantação da rede é extremamente complexo e precisa ser bem planejado. Os equipamentos devem ser facilmente instalados nas escolas garantindo desde o início a segurança da rede. Isto requer uma intervenção mínima do técnico na escola.

O modelo prevê que cada servidor será configurado com um endereço de rede previamente determinado para cada escola segundo as distribuição de regiões e núcleos no estado, permitindo assim o gerenciamento de toda a rede via núcleo. Testes preliminares no laboratório de desenvolvimento já foram realizados e a fase atual prevê testes exaustivos no laboratório piloto a ser implantado no DInf.

Foram feitos levantamentos quanto às regiões, núcleos e escolas pertencentes a cada núcleo. Estes dados servirão de base para automatizar o processo de estruturação lógica da rede. Todos os servidores serão entregues com uma configuração básica igual, e uma vez conectado na rede precisam ser configurados.

No procedimento de instalação do servidor, um técnico local, após conectar e ligar o servidor, terá que selecionar através de uma interface gráfica o nome da sua escola. A lista de escolas que aparecerá

na interface de implantação será fornecida pela SEED e a equipe do projeto fará a atribuição previa dos endereços de rede para cada escola. O formato do endereçamento de rede foi também estudado em conjunto com as equipes da CELEPAR e COPEL.

Ao escolher a escola, esta terá o seu endereço de rede validado no núcleo do projeto e passará a entrar em operação na rede. Feito isso, bastará ao técnico local ligar os terminais que serão automaticamente validados no servidor e entrarão também em operação.

Um guia de instalação está sendo preparado pela equipe do DInf para descrever possíveis problemas que o técnico local possa ter, bem como a forma básica de uso e de manutenção do servidor e instruções de como contactar o suporte do núcleo.

A instalação inicial deverá conter os principais pacotes de uso geral assim como os pacotes fundamentais para a administração remota dos servidores. A seleção destes pacotes foi resultado de um estudo aprofundado das demandas das escolas e um protótipo do servidor está em operação no laboratório do IEPPEP desde maio de 2003 (ver seção 3.1).

CDs de recuperação dos servidores

Um outro problema no modelo centralizado proposto para a rede Paraná Digital é o que fazer em casos de panes nos servidores das escolas. Normalmente isto é resolvido por intervenções manuais do administrador de rede. Isto deve ser minimizado neste projetoa fim de reduzir o deslocamento de pessoal no estado.

Existem basicamente dois tipos de problemas que podem ocorrer: séria falha de hardware ou pequenos problemas de configuração provocados por falhas temporárias na rede elétrica, por exemplo.

No primeiro caso, o equipamento deve ser substituído e uma equipe de manutenção deve ser deslocada ao local. Para evitar deslocamentos inúteis, é preciso que o técnico local tenha certeza de que se trata de problema sério. A equipe do DInf está preparando um manual com as maneiras de se detectar este tipo de problema. O técnico local deverá, ao final da substituição de hardware, recolocar o CD de auto-instalação e o processo de sincronismo com o núcleo deve ser reiniciado.

Com relação ao caso de falhas temporárias, normalmente trata-se de pequenas panes provocadas por falhas temporárias do disco rígido. Neste caso, a equipe optou por utilizar um CD de reinstalação, que é descrito a seguir.

A equipe avaliou alguns pacotes populares disponíveis em Software Livre e optou por desenvolver uma solução mista usando diversas experiências relatadas na Internet. A solução consiste de um CD de auto-recuperação que avalia a integridade da máquina e automaticamente carrega um esquema de recuperação do servidor. Neste processo, duas alternativas foram identificadas: a primeira refere-se ao caso em que a partição com os dados dos usuários não foi danificada. Neste caso, o sistema

automaticamente fará a formatação das partições restantes, e efetuará uma reinstalação, preservando as áreas dos usuários.

A segunda alternativa deve ser utilizada em situações extremas em que os dados tenham sido totalmente perdidos (por exemplo, se o HD for danificado). Nestes casos o servidor será reinstalado e novamente validado no núcleo, processo que consiste em disponibilizar alguns recursos de rede para o laboratório e a busca da lista de usuários.

O esquema de auto-recuperação é uma alternativa eficiente para a manutenção do modelo em situações de falhas graves, evitando assim o deslocamento de pessoal especializado até a escola. Ele também permite que o próprio técnico faça a reposição de hardware danificado sem comprometer o uso dos laboratórios. Isso é possível porque o CD de auto-recuperação contém a mesma imagem fornecida com os servidores quando da sua chegada. Está previsto também um sistema de geração de CDs de auto-recuperação com as novas versões da imagem, facilitando assim a distribuição dos CDs, que ao invés de serem enviados pelo correio, poderiam ser facilmente gerados no próprio laboratório. Para isso, na especificação dos servidores está previsto uma unidade de CD-RW ou DVD-RW.

Geração da imagem da eprom dos clientes

Este tópico estava previsto na versão do edital de licitação existente à época da redação do projeto submetido ao Fundo Paraná Tecnologia, mas deixou de ser necessário na revisão final feita no mês de maio e enviada ao PNUD.

Isto foi possível pela substituição, no edital, da necessidade de uma placa de rede externa por uma embarcada que aceite o novo protocolo de carga remota de sistema recém disponibilizado pela indústria de hardware, denominado protocolo PXE (*Pre-boot execution environment*). A equipe do DInf realizou uma bateria de testes com diversas placas-mãe que suportam este protocolo e colaborou com a nova redação do edital para garantir que a versão do protocolo seja a correta e que as máquinas possam fazer efetivamente a carga na rede.

2.2.7 Definição do modelo de administração

Ainda não existem todas ferramentas integradas necessárias para administrar uma rede deste porte. Neste sentido, a equipe do DInf está trabalhando em várias frentes, como por exemplo: autenticação de usuários, sistemas de backup, sistemas de controle de detecção de intrusos, *firewalls*, sistemas de monitoração, sistemas de acompanhamento de uso e sistemas para instalação automática dos servidores de processamento.

Este conjunto de programas e de ferramentas deverão ter como características básicas: a realização de todas as tarefas de maneira automática; facilitar tarefas cotidianas de administração de usuários; criar contas, matar processos, gerenciar impressoras; realizar procedimentos automáticos tais como

backup, auditoria, instalação, recuperação e manutenção; procurar falhas de segurança e verificar a integridade da máquina.

Um dos ítens fundamentais é a definição de uma filosofia de gerenciamento e de um conjunto de medidas que permitam conhecer o real estado da rede, em particular, detectar possíveis tentativas de invasão ou de alteração de pacotes e, finalmente, permitir a rápida e segura recuperação de todo o sistema em caso de eventuais panes.

Administração do núcleo da rede

No modelo proposto para a rede escolar o núcleo da rede está localizado em Curitiba. O núcleo é responsável por garantir a administração dos servidores e oferecer serviços de rede centralizados, como acesso à Internet. A definição deste núcleo está entre as atividades realizadas.

Um dos pontos mais relevantes e ambiciosos do projeto é a necessidade de administrar remotamente os laboratórios das escolas. Para tanto, um sistema fundamental é o que vai garantir a atualização, integridade e homogeneidade de todos o software dos servidores.

Também é previsto um sistema de monitoramento dos servidores. Periodicamente os servidores devem enviar para o núcleo informações sobre seu estado, bem como informações estatísticas sobre o uso dos laboratórios e sobre a carga no servidor. Estas informações são importantes para a administração do sistema que pode detectar anomalias no sistema e para SEED que poderá acompanhar a utilização dos servidores.

Outra preocupação é com a segurança do núcleo, este deve estar fortemente protegido, vulnerabilidades no núcleo podem permitir que alguém tenha acesso a todos servidores da rede e utilizá-lo, por exemplo, para atacar outros servidores nacionais ou internacionais. A política de segurança a ser empregada no núcleo também foi idealizada dentro deste projeto.

O sistema que recebeu maior prioridade foi o de atualização remota e automática das máquinas. A justificativa é que este sistema deve estar pronto para ser distribuídos com os servidores destinadas as escolas, possibilitando assim a atualização e administração remota das escolas.

Atualização dos servidores

Entre as atividades de um administrador de sistemas está garantir a atualização do software das máquinas. Esta tarefa é importante especialmente quando as atualizações envolvem falhas de segurança, devendo assim ser rapidamente corrigidas para evitar que usuários maliciosos possam se aproveitar da vulnerabilidade.

Quando o número de equipamentos é pequeno, o administrador pode realizar tarefas de atualização

individualmente em cada máquina. Mas no modelo proposto, seria impossível atualizar manualmente 2.000 servidores, tornando necessário um sistema de atualização automático.

O modelo de atualização automático apresenta algumas dificuldades, entre as quais:

- garantir que a atualização seja feita com sucesso em todas máquinas;
- evitar que durante a instalação ocorram pedidos de intervenção do administrador;
- permitir a seleção de quais atualizações devem ser ou não realizadas, pois as distribuições oficiais Debian podem sugerir atualizações indesejadas;
- permitir a volta a uma versão mais antiga (*downgrade*) de softwares quando isto for necessário;
- permitir a atualização de máquinas que, por estarem desligadas ou fora da rede, deixaram de passar por algum estágio de atualização;
- prever a existência de 3 versões dos conjunto de software das servidores (desenvolvimento, experimental, estável).

Considerando os requisitos, foram realizados experimentos e construídos programas para realizar a tarefa de atualização dos servidores. No modelo idealizado, as máquinas serão atualizadas a partir de espelhos baseados na distribuição *Debian GNU/Linux*. Foram desenvolvidos os programas necessários para controlar as 3 versões deste espelho (desenvolvimento, experimental e estável).

Também foi trabalhada a questão da automatização da tarefa de atualização das máquinas através dos espelhos instalados no núcleo. Foram criados procedimentos que permitem instalar automaticamente pacotes sem que sejam feitas perguntas durante a instalação.

Um problema adicional consiste de atualizar todos pacotes e manter homogênea a configuração destes pacotes, a única diferença de configuração deve ser os parâmetros locais como endereço de rede do servidor.

Atualmente estas soluções estão sendo integradas, sendo o próximo passo realizar um experimento de atualização automática do servidor do IEPPEP. O segundo passo vai compreender a atualização de 15 máquinas que estarão simulando os servidores do colégios. Estes experimentos permitirão validar e refinar o modelo.

Administração dos usuários em uma escola

Dentre as ferramentas que estão em desenvolvimento vale citar a interface de intervenção local. Esta é uma aplicação gráfica que permitirá ao responsável pelo laboratório da escola executar algumas pequenas tarefas administrativas cotidianas, como a troca de senhas perdidas, remoção de tarefas de

impressão bloqueadas, cópia de segurança dos dados locais em CD-ROM e ajuste de cotas de disco de usuários. A interface gráfica de intervenção local permitirá a execução segura e facilitada de tarefas administrativas por um usuário comum, que em geral demandam a intervenção de um administrador UNIX experiente, diminuindo assim a carga de tarefas do núcleo central do sistema.

2.2.8 Interface com o usuário

A definição de um ambiente de trabalho para os usuários do sistema que atenda todas as funcionalidades esperadas e que seja de fácil utilização, é um componente fundamental para a aceitação do projeto nas escolas.

O ambiente de trabalho definido e implementado no projeto deve contemplar os seguintes pontos:

- Funcionalidades: o ambiente deve fornecer um elenco de aplicativos que atenda os requisitos do projeto, entre eles acesso à Internet e ao Portal Dia-a-Dia-Educação, editor de texto e planilha de cálculos;
- Facilidade: o usuário deve encontrar e usar as funcionalidades do ambiente de forma intuitiva, minimizando a necessidade de treinamentos e o uso de sistemas ajuda;
- Aparência: o ambiente deve ser gráfico e de aparência agradável, e se possível ter um conceito gráfico que se identifique com o ambiente escolar;
- Desempenho: o sistema de janelas escolhido e os aplicativos disponíveis para o usuário devem apresentar um consumo de recursos computacionais compatível com a capacidade do servidor de processamento.

As atividades de definição do ambiente de trabalho iniciaram com a criação dos grupos de trabalhos em interface e em aplicativos, composto por representantes do DInf e da SEED. O grupo de trabalho em aplicativos ficou responsável pela definição das funcionalidades do ambiente (ver seção 3.4) e o grupo de interface pela definição do sistema de janelas e dos componentes gráficos do ambiente.

O restante desta seção trata das atividades do grupo de trabalho em interface, apresenta as tarefas já concluídas, alguns problemas encontrados e o estado atual do desenvolvimento da interface com o usuário.

Avaliação dos sistemas de janelas

A primeira etapa concluída foi a avaliação dos sistemas de janelas disponíveis no sistema operacional. O objetivo era selecionar os sistemas de janelas que atendem os requisitos gráficos e de desempenho definidos pelo grupo de trabalho.

Os dois sistemas de janelas selecionados foram KDE 3 e Gnome 2.4. Ambos apresentaram desempenho similar nos experimentos realizados no laboratório de desenvolvimento do projeto. Quanto aos recursos gráficos os dois sistemas selecionados atendem os requisitos definidos.

Durante os experimentos também verificou-se que o sistema Gnome 2.4 apresenta uma maior facilidade de adaptação, substituição e controle de seus componentes gráficos, sendo portanto escolhido para o desenvolvimento das próximas tarefas do grupo e definido como sistema de janelas do projeto.

Travamento dos componentes gráficos

Um problema recorrente observado no laboratório piloto implantado no IEPPEP (3.1) é a alteração e substituição dos componentes gráficos do sistemas de janelas por parte dos usuários, dificultando o uso do sistema e muitas vezes tornando impossível sua utilização.

A solução definida foi impedir a alteração dos componentes gráficos por parte do usuário.

Esta tarefa já se encontra em conclusão e a solução implementada até a redação deste relatório utiliza apenas recursos de configuração disponíveis pelo próprio sistema de janelas.

Com a conclusão desta tarefa e implantação da solução no laboratório piloto, espera-se uma grande redução nos problemas relacionados aos usuários do sistema.

Definição do usuário padrão

A padronização do ambiente de trabalho depende da definição e implementação de um usuário padrão para o sistema. As configurações deste usuário serão usadas como base para a criação de qualquer outro usuário do sistema.

As configurações do usuário padrão devem contemplar as preferências pessoais dos aplicativos e do sistema de janelas. Estas configurações estão intimamente ligadas ao travamento dos componentes gráficos e aos aplicativos disponíveis no sistema.

Encontra-se em estudo a possibilidade de se ter um usuário padrão por escola, o que poderia dar mais liberdade para se trabalhar características próprias de cada comunidade.

Conceito gráfico da interface

O ambiente de trabalho deve apresentar uma interface agradável e intuitiva para os usuários, sendo necessária a criação de um conceito visual adequado ao ambiente escolar e que facilite o acesso aos aplicativos e funcionalidades do sistema.

A tarefa de definição e desenvolvimento do conceito gráfico para o sistema está sendo realizada por uma equipe multidisciplinar composta pelos técnicos do DInf e profissionais de artes gráficas da SEED. A etapa de definição do conceito visual e dos requisitos para a criação gráfica já foi realizada. A continuidade desta etapa depende da contratação de estagiários para apoiar a criação e finalização dos componentes gráficos.

Capítulo 3

Atividades derivadas

Nesta seção são descritas as atividades realizadas pela equipe do DInf que não estavam inicialmente previstas no projeto mas que se mostraram importantes ao longo do seu desenvolvimento.

3.1 Laboratório piloto no IEPPEP

Em maio de 2003 foi instalado o primeiro laboratório piloto no colégio IEPPEP, contando com 20 terminais já existente no colégio e 2 servidores fornecidos pela CELEPAR. Os terminais foram preparados para realizarem carga remota no servidor, necessitando para isto a gravação de 20 EPROMs para as placas de redes.

O servidor foi instalado com software de uso geral como o pacote *openoffice* e navegadores como *galeon* e *mozilla*. Também estavam disponíveis uma série de programas e jogos educativos. O servidor também foi configurado para prover acesso à Internet para outros laboratórios no IEPPEP.

O laboratório do IEPPEP tem sido administrado pela equipe do DInf desde então. Foram realizados diversos experimentos neste laboratório, especialmente para definir a capacidade mínima do servidor para os laboratórios de ensino. Nestes experimentos foi constatado que uma máquina com um processador não seria adequada para o ambiente de laboratório de ensino.

Em fevereiro de 2004 a universidade emprestou um novo servidor para o colégio IEPPEP, a fim de colocar no colégio um servidor mais parecido com os que serão utilizados no projeto. Este servidor foi completamente reinstalado, com versões mais novas dos aplicativos e alguns novos recursos, especialmente quanto a possibilidade do uso de som. O uso de som nos terminais era uma dificuldade já que as aplicações são executada no servidor central e o áudio precisa ser redirecionado para o terminal que está sendo utilizado pelo aluno.

Um problema detectado pelo coordenador de informática da escola foi a falta de uso do laboratório por falta de treinamento dos professores. Considerando este problema, iniciou-se o processo de nego-

ciação de um treinamento para os professores da rede pública através da SEED/CETEPAR. Isto é descrito na seção seguinte.

3.2 Cursos para SEED

O DInf tem apoiado o treinamento dos multiplicadores da SEED através de uma parceria com o CETEPAR para a oferta de cursos. Tais cursos tem a finalidade de preparar os professores multiplicadores para que estes treinem os professores das escolas. Isto é fundamental para que o projeto tenha uma boa receptividade nas escolas e um bom aproveitamento pedagógico. Três atividades básicas foram feitas: confecção de material pedagógico, treinamento para multiplicadores e empréstimo de laboratórios para treinamentos.

Confecção de material pedagógico

Esta atividade foi conduzida com o apoio de 3 estagiários do projeto que participaram de diversas reuniões com alguns dos professores multiplicadores no CETEPAR. O material produzido é uma apostila de introdução ao *GNU/Linux* e utilização do ambiente gráfico, que está em fase de revisão. A apostila apresenta de forma clara os conceitos básicos de sistemas *GNU/Linux* e seus ambientes gráficos, principalmente o *GNOME*. Esta apostila foi produzida para atender a um público que já domina, a princípio, programas de editoração e navegadores, sendo basicamente um curso de adaptação, projetado para ter duração de 12 horas.

Treinamento para multiplicadores

Foi dado um treinamento para os multiplicadores do CETEPAR no período de 14 a 18 de junho de 2004. O curso foi ministrado para 60 multiplicadores em três laboratórios do DInf e teve duração de 20 horas. O curso foi elaborado de forma a preparar os multiplicadores para ministrar o curso de 12 horas aos professores da rede.

Os instrutores foram pesquisadores e bolsistas do projeto Paraná Digital. Neste curso pôde-se perceber quais as características que o material didático (apostila) deve ter para que as dúvidas sejam minimizadas. Na utilização dos laboratórios também foi possível detectar os pontos em que devemos ter mais atenção em termos de infra-estrutura, que serão tratados nos laboratórios piloto do projeto.

O laboratório foi instalado com a configuração definida para as escolas da rede do Paraná Digital, isto é, com ambiente *GNOME*, navegador *mozilla* e suite de escritório *openoffice* de maneira muito similar à instalação feita pela equipe no IEPPEP (seção 3.1).

Empréstimo de laboratórios para treinamentos

O DInf, além de participar ativamente na preparação e oferta do curso citado, emprestou os laboratórios de uso dos alunos do curso de Ciência da Computação para dois outros cursos de treinamento para os professores da rede pública.

O primeiro, para execução de projeto de convênio entre a INTEL e a SEED/CETEPAR, ocorreu entre 5 e 9 de julho de 2004. Este curso foi a continuação de um curso oferecido pela INTEL a alguns professores multiplicadores (10) que ministraram esta segunda parte para 60 professores multiplicadores. Os professores multiplicadores que receberam este curso foram os mesmos que receberam o curso ofertado pela equipe do DInf. A configuração do laboratório foi a mesma daquela do treinamento, descrita acima.

O segundo curso, para execução de treinamento do projeto GESAC do Ministério das Comunicações para os multiplicadores das secretarias de educação dos estados da região sul do Brasil. Foi realizado de 26 a 30 de julho de 2004 no laboratório configurado como descrito acima.

3.3 Xadrez

O xadrez é utilizado na educação como instrumento interdisciplinar, pois auxilia o desenvolvimento de algumas características do pensamento cognitivo, como abstração, memorização, raciocínio lógico, dedução e indução; e seu vínculo com a informática e as novas tecnologias de informação permitem aumentar o espectro de sua utilização.

O objetivo é aperfeiçoar a tecnologia para servir de suporte ao ensino de xadrez nas escolas. No Paraná o esporte é ensinado nas escolas há 23 anos, através de uma parceria entre a SEED e o Centro de Excelência em Xadrez (CEX). Através do servidor e do portal desenvolvidos os interessados podem jogar xadrez pela Internet com robôs virtuais ou oponentes reais.

Atualmente trabalha-se no desenvolvimento do servidor para a prática de xadrez *online*, nos robôs que organizam torneios e ensinam xadrez automaticamente e um portal para estes serviços. O servidor é um projeto de software livre, cujo líder do desenvolvimento mundial é o DInf. Este projeto está abrigado em http://chessd.sf.net e conta com mais de 10 mil visitas e 2 mil downloads do código.

Entre os principais objetivos do desenvolvimento está facilitar o acesso ao servidor, permitir a internacionalização e tradução total do servidor, eliminar erros e reformular o código para suportar um grande número de usuários, de acordo com a expectativa de uso gerada pelo programa Paraná Digital. Também está entre os objetivos implementar novas soluções para facilitar o ensino de xadrez.

A primeira parte do trabalho foi restaurar o projeto do servidor e fazer correções emergenciais. Atualmente estamos concluindo uma nova versão com muitas modificações. Umas das principais no-

vidades é a utilização de um banco de dados no servidor, pois anteriormente todo os dados eram armazenados em arquivos de texto. Além de melhorar o desempenho e escalabilidade do servidor, isto permite que os dados dos usuários (preferências, jogos, etc.) sejam acessados facilmente e compartilhados com outras aplicações.

Outro desenvolvimento importante foi a criação de um portal para o servidor, que dá acesso aos jogos armazenados e ao perfil dos usuários. Em 3 meses de operação o portal já conta com mais de 1 milhão de *acessos*, reunindo alunos das escolas do Paraná e também de outros estados e até outros países. Através do portal, os jogadores podem criar seu perfil contendo as informações pessoais e os jogos que desejarem, além de ganharem um endereço eletrônico.

Também foi reformulado o robô virtual que permite a organização automática de torneios no servidor, e criado um novo robô para dar aulas automaticamente para os usuários do sistema.

Os próximos passos do desenvolvimento consistem em aumentar as funcionalidades do portal, reformular o protocolo utilizado pelo servidor e criar novas e mais atraente interfaces de acesso.

3.4 Definição dos aplicativos pedagógicos

Preparar o ambiente de software aplicativo e as pessoas que vão usar este ambiente é tão importante quanto preparar o ambiente de hardware e de software básico, principalmente em um ambiente escolar, onde os aplicativos são em sua maioria de cunho didático. Por isso o Projeto Paraná Digital conta com um grupo de software didático que procura tratar desta preparação.

O grupo de software didático do Projeto Paraná Digital tem se reunido desde o início do ano, com a participação de um membro da CELEPAR, Marcia Sens, um membro do CETEPAR, Cineiva Compoli, um membro do Portal Dia-a-Dia Educação, Glauco Gomes de Menezes e um membro da UFPR, André Luiz Pires Guedes.

O grupo tem estudado o problema de como decidir quais aplicativos educacionais devem fazer parte da instalação padrão e quais os critérios e o processo para que um determinado aplicativo passe a fazer parte do sistema instalado nas escolas. Tais critérios devem claramente distinguir entre um aplicativo educativo e outro pretensamente educativo; entre um aplicativo de fácil uso e outro de difícil manuseio; entre um aplicativo de baixo custo computacional e outro custoso. Embora a definição de tais critérios seja uma tarefa árdua, o grupo acredita que terá resultados satisfatórios.

Já existe uma lista inicial de aplicativos que estão sendo analisados pelos professores multiplicadores que trabalham no CETEPAR, e um questionário de avaliação está sendo elaborado.

O grupo também tem se dedicado a preparar os professores para trabalhar com os computadores e com os aplicativos que serão instalados, tentando minimizar o impacto de inserir novas tecnologias e ambientes nas escolas. A partir deste trabalho foram planejados e executados alguns cursos para

professores das escolas, os quais estão descritos na seção 3.2.

3.5 Multi-terminal

Os computadores atuais possuem uma capacidade de processamento muitas vezes superior à demanda de muitos usuários. Isto é especialmente verdade no modelo adotado neste projeto, em que o processamento é feito no servidor, sendo os computadores clientes responsáveis apenas pelo gerenciamento do sistema de janelas (seção 2.1).

Tendo isso em vista, nossa equipe desenvolveu um sistema em que, a uma mesma unidade de processamento (CPU), são ligados de dois a seis conjuntos de monitor, teclado, mouse e interface de som. Estes conjuntos operam de maneira independente, de forma que um mesmo computador pode ser compartilhado simultaneamente por dois a seis usuários.

Este sistema foi chamado de *multi-terminal*, ou também "*four-head*", numa referência aos quatro monitores utilizados nos sistemas experimentais (a limitação a quatro monitores/usuários deve-se especialmente a restrições físicas no tamanho das mesas e cabos).

O sistema multi-terminal baseia-se totalmente em software livre, podendo ser implementado em praticamente qualquer distribuição do sistema *GNU/Linux*. Não obstante, os experimentos foram realizados utilizando a distribuição Debian, que será a distribuição padrão para este projeto.

Os requisitos de hardware para o multi-terminal também não diferem muito do terminais especificados na primeira etapa da licitação (seção 2.2.6), sendo que os terminais licitados poderão ser transformados em multi-terminais simplesmente com a adição de novos monitores, teclados, mouses e placas de vídeo.

É importante ressaltar que o multi-terminal não foi incluído como requisito na primeira licitação, pois este ainda é um produto em desenvolvimento e necessita de testes mais extensivos a fim de identificar e solucionar possíveis problemas do modelo quando utilizado em larga escala (uma vez que não há relatos de experiências similares no mundo).

Desenvolvimento do multi-terminal

O desenvolvimento do multi-terminal pode ser dividido em duas áreas: a área de *software*, e a área *hardware*. Na área software foi construído um núcleo do sistema operacional que satisfaça tanto as condições necessárias ao multi-terminal (suporte a vários teclados e mouses), quanto o suporte à carga remota do sistema operacional e utilização do servidor de processamento. Além disso foram criados os arquivos de configuração necessários à inicialização dos múltiplos terminais.

Na área de hardware foram efetuados testes com diversos dispositivos (especialmente placas-mãe

e placas de vídeo), a fim de estabelecer uma lista de equipamentos compatíveis com o sistema. Estes testes foram realizados no Laboratório de Desenvolvimento do DInf (seção 2.2.2), para o qual foram adquiridos/montados dois tetra-terminais: um que opera com a versão mais estável do sistema, e é utilizado pelos bolsistas do projeto em suas atividades diárias , e outro que é utilizado para efetuar testes de hardware e novas versões de software.

Neste processo foram adquiridos diversos componentes, especialmente placas de vídeo e gabinetes.

Apesar de avançado, o desenvolvimento do multi-terminal ainda tem alguns desafios a superar, entre os quais podemos destacar o problema da incompatibilidade de diversos modelos de placas de vídeo, o super-aquecimento das placas de vídeo devido à proximidade umas das outras e a dificuldade de configuração do software necessário ao funcionamento do multi-terminal.

Vantagens do Multi-terminal

A principal vantagem de um sistema multi-terminal é redução de custo por ele proporcionada. Neste sentido, podemos citar:

- Custos de compra de equipamento: um terminal de usuário conforme especificado para este projeto (seção 2.2.6) tem seu custo estimado em R$ 1.500,00, dos quais R$ 1.000,00 referem-se à central de processamento (CPU), e R$ 500,00 ao monitor, aproximadamente. Desta forma, para atender a 4 usuários, são necessários 4 computadores ao custo total de R$ 6.000,00. Utilizando o sistema multi-terminal, os mesmos 4 usuários podem ser atendidos ao custo de R$ 3.400,00, ou seja, comprando-se apenas uma CPU com 4 monitores e 4 placas de vídeo (ao custo de R$ 100,00), representando uma redução de 45% nos custos de aquisição dos computadores.
- Custos de implantação: a instalação de um laboratório requer, além da compra dos computadores, a instalação de uma infra-estrutura elétrica e de rede. Cada computador necessita de um cabo de rede que o ligue a um switch (roteador). Com o multi-terminal, são necessários 4 vezes menos cabos de rede e pontos de switch, pois há apenas um quarto das CPUs de um laboratório tradicional.
- Custos de administração: as maiores causas de falha em terminais sem disco rígido estão localizadas na CPU (queima de fontes de alimentação de energia ou falha no ventilador de refrigeração do processador). Reduzindo-se o número de CPUs a um quarto, tem-se automaticamente uma redução na taxa de falhas versus número de usuários atendidos. O sistema multi-terminal também reduz significativamente a emissão de calor ocorrida num laboratório, reduzindo necessidades de gastos com refrigeração e aumentando a vida útil dos equipamentos instalados.

Impacto na comunidade *GNU/Linux*

Desde sua divulgação na Internet[1], o sistema de multi-terminal tem despertado o interesse da comunidade internacional. A página do multi-terminal teve, apenas no mês de julho/2004, mais de 12.000 acessos, e diariamente a equipe tem recebido emails de diversas instituições (públicas e privadas) solicitando informações sobre como instalar o sistema.

Grandes fóruns da Internet (*Slashdot*[2], *Dicas-L*[3], *br-linux*[4], além de alguns jornais (Gazeta do Povo e Jornal da UFPR) também divulgaram o projeto, e os comentários e questionamentos provenientes dos leitores destas matérias vieram a corroborar a importância deste projeto, especialmente para países e instituições com poucos recursos financeiros.

[1] `http://www.c3sl.ufpr.br/fourhead/index.php?lang=pt-br`
[2] `http://developers.slashdot.org/developers/04/07/03/1923255.shtml?tid=106&tid=137&tid=185&tid=189`
[3] `http://www.dicas-l.unicamp.br/`
[4] `http://brlinux.linuxsecurity.com.br/noticias/002799.html`

Capítulo 4

Conclusão

O projeto Paraná Digital é um projeto inovador pois não se tem notícia de um projeto que atenda um número tão grande de escolas e nem que garanta o funcionamento dos seus sistemas por manutenção remota.

O projeto Paraná Digital é um projeto estratégico pois garante autonomia tecnológica à Secretaria Estadual de Educação e à CELEPAR para garantir a continuidade dos produtos e serviços gerados.

O Projeto Paraná Digital é um projeto coerente pois garante às escolas liberdade para decidir seu futuro tecnológico.

Finalmente o Projeto Paraná Digital é um projeto essencial pois coloca o estado do Paraná definitivamente como pólo tecnológico de excelência em Software Livre e como referência internacional na gestão tecnológica do ensino básico e fundamental.

Este relatório demonstra que o Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná cumpriu os compromissos assumidos quando da assinatura do convênio Paraná Digital. O cronograma proposto foi respeitado, e todas as tarefas que eram independentes da concessão de recursos foram executadas dentro dos prazos definidos. As atividades realizadas envolveram discussões com os órgãos conveniados, repasse tecnológico, desenvolvimento de software, validação de hardware e software, avaliação de modelos alternativos, especificação de editais, manutenção dos laboratórios piloto, seleção e treinamento de bolsistas e treinamento para multiplicadores e fornecimento de infra-estrutura para cursos de interesse da SEED.

Esperamos que o detalhamento das tarefas aqui descritas ajudem a sanar eventuais dúvidas quanto à complexidade inerente ao projeto e a natureza essencial da participação de cada um dos agentes envolvidos.

Referências Bibliográficas

[CCH01a] R. Carmo, M. Castilho, and R. Hexsel. Aparafusando parafusos: Um modelo de laboratório de computação com qualidade e otimização de recursos. In *Anais do Workshop em Ensino de Informática*, Fortaleza/CE, 2001. Sociedade Brasileira de Computação.

[CCH01b] M. Castilho, R. Carmo, and R. Hexsel. Um modelo de gestão eficiente de recursos computacionais. In *Anais do II Workshop sobre Software Livre*, Porto Alegre/RS, 2001. Projeto Software Livre RS.