



USANDO A REDE PARA FAZER ARTE

Explicando os requisitos de Arte em Rede

Jerônimo Aguiar Bezerra

FIU / EUA

Resumo

Experimentar Arte em Rede significa lidar com diversos desafios relacionados a utilização e a operação de redes de computadores. Critérios como largura de banda, atraso, variação do atraso e perda de pacotes devem sempre ser lidados para que o experimento aconteça com sucesso. Ao longo dos anos, para melhor suportar os mais diversos experimentos, incluindo aqueles relacionados com as artes, as Redes Acadêmicas tem sucessivamente adicionado capacidade de tráfego interna e externamente, além de melhor se instrumentar para detectar e isolar problemas que possam afetar a performance dos experimentos sendo executados. Este artigo provê ao leitor mais detalhes sobre os requisitos de rede necessários para viabilizar a realização de espetáculos de arte e como as redes acadêmicas mundiais têm se organizado para suportar os mais diversos experimentos.

Palavras-chave:

Arte em Rede. Redes de computadores. Redes acadêmicas. Largura de banda.

Nos últimos anos, conseguir acesso à Internet através de circuitos de alta capacidade tem ficado consideravelmente mais fácil. A popularização de novas tecnologias e meios de acesso, como a fibra óptica, permitem que empresas, universidades e até mesmo residências possam usufruir de capacidades de acesso consideradas impossíveis 10 anos atrás. Atualmente usuários residenciais têm a possibilidade de adquirir acesso à Internet com fibra óptica dedicada e capacidades de tráfego superiores à 50Mbps por menos de R\$ 100 mensais. A indústria dos jogos online, serviços de vídeo e áudio sob demanda, aplicações interativas, entre outras, se consolidaram com modelos de negócio extremamente lucrativos, mas não apenas o entretenimento se beneficiou da facilidade de acesso à Internet com altas velocidades. Aplicações médicas e na área das artes também têm se beneficiado, e casos como segunda opinião médica e Arte em Rede se popularizaram. Porém, cada aplicação de rede possui demandas diferenciadas; vídeo sob demanda precisa de mais largura de banda, ou seja, maior capacidade de tráfego que uma aplicação de voz pela Internet, ou Voz sobre IP (VoIP). Por outro lado, aplicações de Voz sobre IP são mais intolerantes a atrasos na rede e tempos de propagação unidirecional - ou tempo para a informação sair da origem até o destino - superiores a 150 milissegundos podem ser percebidos pelos usuários, comprometendo a qualidade final da comunicação. Ou seja, as infraestruturas de redes disponíveis atualmente não são otimizadas para aplicações com requisitos específicos, mas sim para uso genérico, como acesso à Web e envio de e-mails.

Ao longo dos anos, as aplicações de Arte em Rede têm evoluído e exigido cada vez mais das redes de computadores. Isso é especialmente verdadeiro quando as aplicações exigem interatividade entre participantes que estão em localidades distintas, ou mesmo múltiplas localidades distintas. Quando há interatividade, assim como em uma conversa telefônica, quanto menor o atraso melhor, entretanto, Arte em Rede também envolve vídeo, o que exige mais recursos da rede. Estas devem estar preparadas para usarem o menor caminho entre dois pontos, ou seja, fazer uso do menor atraso possível; possuir capacidade de tráfego condizente com a qualidade do vídeo a ser transmitido além da não possuir perda de pacotes.

Entendendo os requisitos de rede

A seguir cada um dos requisitos de rede citados serão descritos em mais detalhes.

Conectividade à Rede ou Acesso à Internet

A Internet como conhecemos é composta por um conjunto grande de Provedores de Acesso à Internet, ou ISP (do Inglês *Internet Service Providers*) que se conectam e, através de políticas de troca de tráfego (do

Inglês *peering*), fazem encaminhando do tráfego de um provedor para o outro. Essas conexões podem ser feitas via fibra óptica, enlaces de rádio, cabo de rede, enlaces satelitais, entre outros. Através dessas múltiplas conexões entre múltiplos provedores de Internet é que a rede mundial de computadores é criada - não existem provedores centrais onde todos se conectam. Como por exemplo, podemos dizer que a Google pode se conectar a diversos provedores, que também conectam o Facebook, o Netflix, a Microsoft e todos os demais. Para conectar os usuários residenciais, os Provedores de Acesso à Internet usam tecnologias diversas, criando enlaces que vão até os condomínios ou residências. Atualmente, até mesmo via celulares e *smartphones* é possível ter acesso à Internet com alta capacidade de tráfego.

Sendo assim, os termos Conectividade à Rede ou Acesso à Internet se referem a essas conexões “finais” feitas para chegar até os usuários, residenciais ou corporativos. Usando esses acessos, os usuários podem acessar todos os conteúdos públicos existentes na rede mundial de computadores.

Capacidade de Tráfego, Largura de Banda ou Bandwidth

Atualmente, quando o usuário ou empresa adquire um acesso à Internet, o parâmetro de escolha principal (depois do custo) é a “velocidade”, a capacidade de tráfego ou largura de banda (do Inglês, *Bandwidth*). Essa capacidade é que determina quanto o usuário vai conseguir obter (ou baixar) da Internet por unidade de tempo. Para acessos residenciais ou corporativos a unidade mais utilizada é o Mbps, ou Megabits por segundo, e acessos residências tendem a ir de 3 à 50Mbps. A título de comparação, o famoso “acesso discado” de alguns anos atrás tinha 56 Kbps, ou Kilobits por segundo. Obter uma música MP3 com acesso discado levava até 30 minutos, enquanto que hoje pode-se obter em questões de segundos. Resumindo, quanto maior a capacidade de tráfego, menor o tempo para se obter o conteúdo via Internet, seja áudio, vídeo ou programas de computador.

Atraso ou Delay

Atraso, ou *delay*, se refere ao tempo que se leva para que a informação solicitada chegue até o solicitador. Como exemplo, considere uma vídeo-conferência ou chamada de voz pela Internet entre uma pessoa em Salvador e outra pessoa em Brasília. Utilizando o acesso à Internet, esse tempo de atraso varia entre 20 e 30 milissegundos, ou seja, a voz, dita em Salvador e enviada para Brasília pode levar até 30 milissegundos para chegar no receptor. Esse tempo é imperceptível para aqueles na ligação, porém quanto maior a distância, maior o atraso e também a chance da ligação ser afetada. O atraso entre o envio da voz partindo de Salvador e a recepção desta em Portugal, por exemplo, pode chegar a 180 milissegundos; para a China pode superar 200 milissegundos. Esse tempo é associado ao tempo de propagação da informação nos meios de

acesso, ou seja, no caso da fibra óptica, o tempo de propagação é de dois-terços da velocidade da luz ou 200.000km/s. Em linhas gerais, quanto melhor conectado for o Provedor de Internet, mais direto fica o acesso, porém chega-se a um ponto em que se esbarra na velocidade da luz na fibra óptica como fator limitador e, nesse momento, não há muito o que fazer, a não ser aprender a lidar com o atraso.¹

Variação do Atraso ou Jitter

Devido às condições de utilização da rede em um determinado momento, os pacotes nem sempre serão encaminhados da origem até o destino da melhor maneira possível, o que faz com que o tempo de entrega varie. Uma chamada entre Salvador e Brasília pode ter o primeiro pacote de voz entregue em 20 milissegundos, o próximo entregue em 25 milissegundos, o seguinte em 22 milissegundos, depois 19 milissegundos e cada um dos próximos com um atraso diferente. Do ponto de vista das aplicações de rede interativas, a variação do atraso na entrega dos pacotes é um dos principais desafios, e esta variação é contornada através de memórias específicas nas aplicações, chamadas *buffers* de compensação da variação do atraso. Essa variação precisa ser compensada, pois é extremamente prejudicial para os *softwares* que convertem os pacotes de rede em áudio ou voz utilizados pelo usuário.

Perda de Pacotes, ou Packet Loss

Nenhuma tecnologia é a prova de falhas. Adicione isto ao fato de que existem diversas interconexões de equipamentos e meios de acesso, equipamentos de rede e enlaces de Internet que podem estar super utilizados, fibras ópticas com conectores sujos, cabos de rede mal encaixados, interferências eletromagnéticas, etc. É possível que alguma (ou algumas) variável(eis) desse conjunto se manifeste(m), e alguns pacotes de dados enviados pelo usuário sejam corrompidos e/ou perdidos ao longo do caminho. Aplicações interativas tendem a ter uma tolerância muito baixa à perda de pacotes. Um pacote perdido nem sempre deve ser enviado novamente, por exemplo, em casos de transmissões ao vivo. A retransmissão dos pacotes perdidos significaria a introdução de atraso e, em alguns casos, é preferível ter uma transmissão em tempo real com pequenas falhas a uma transmissão atrasada, porém sem falhas. Já para aplicações gerais, como e-mail, *downloads* e acesso Web, a perda de pacotes é gerenciada pelas aplicações que, ao perceber um pacote perdido, solicitam o reenvio do mesmo.

Arte em Rede e as Redes de Computadores

Ao longo dos últimos 10 anos, os trabalhos de Arte em Rede têm sido cada vez mais comuns e, via Internet, as barreiras geográficas deixam de ser um problema, possibilitando que existam muitos trabalhos de Arte em Rede envolvendo grupos que estão em localidades distintas, inclusive países e fusos horários completamente distintos.

Quanto mais distantes estiverem os participantes, maior será o atraso na entrega dos pacotes. Mesmo provedores de Internet bem conectados vão acabar esbarrando nas limitações físicas impostas pela fibra óptica. E dado que a malha de fibras ópticas submarinas interconectando países no mundo não é tão descentralizada, muitas vezes os pacotes tem que percorrer um grande caminho para chegar ao destino. Observe a Figura 1, que representa os cabos ópticos submarinos atualmente instalados.² Um experimento de dança entre Salvador e Angola, por exemplo, a depender dos provedores envolvidos, pode exigir um caminho extremamente longo, por exemplo passando por São Paulo, Nova York, Londres e Espanha, antes de chegar na Angola. Nesse caso, o atraso pode facilmente chegar próximo dos 300 milissegundos. É importante ressaltar que atrasos superiores à 150 milissegundos já podem ser notados pelos participantes, o que forçaria uma compensação do atraso pelos bailarinos. Além disso, é importante ter em mente que não é só a rede que impõe atrasos no processo: um vídeo a ser transmitido entre Salvador e Angola precisaria ser digitalizado, codificado e empacotado na origem e ter o processo contrário realizado no outro lado, o que adiciona ainda mais atraso no processo.

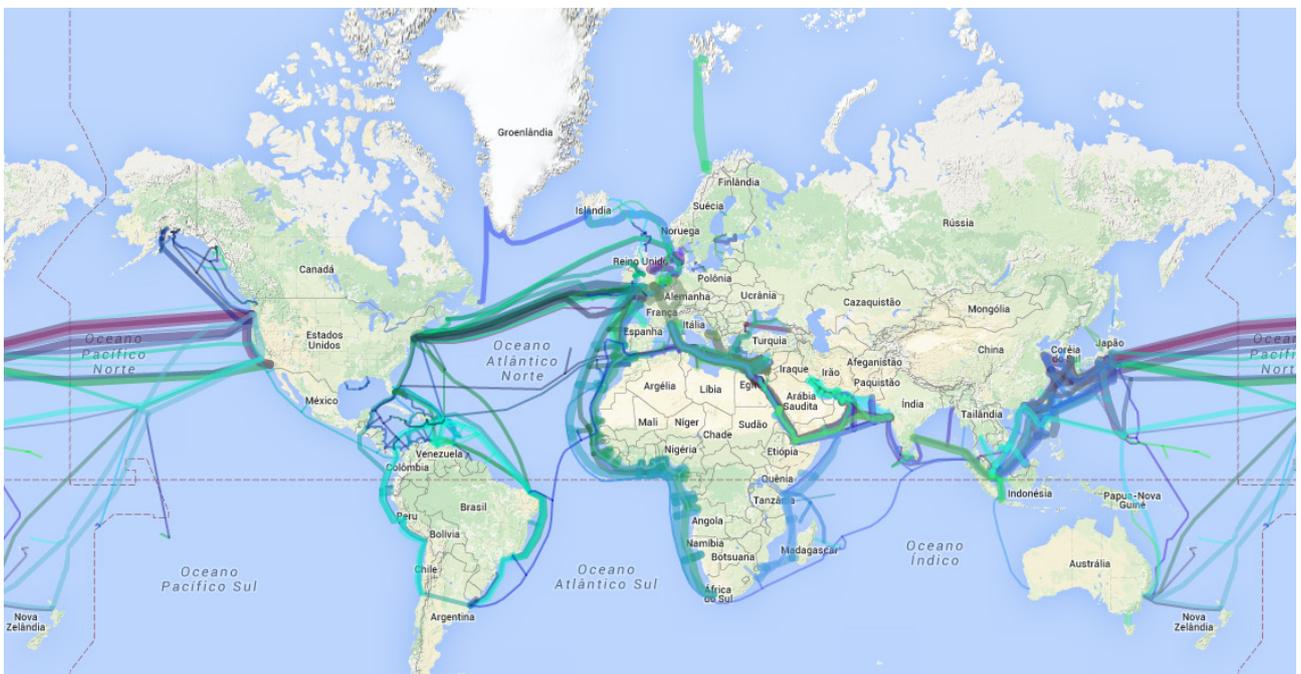


Figura 1. Mapa dos Cabos Ópticos Submarinos.
 Fonte: CableMap.

Além disso, com a popularização das câmeras de vídeo de alta resolução, inclusive 3D e 4K, mais largura de banda tem sido demandada. Por exemplo, vídeos com resolução 4K precisam de largura de banda que, sem compressão, pode chegar à alguns Gigabits por segundo (Gbps). Enviar um vídeo sem compressão diminui o atraso total, já que a compressão tende a ser um processo custoso e lento. Porém, a largura de banda necessária é maior. Um vídeo HD comprimido pode ser transmitido com uma largura de banda próxima de 30Mbps. Sem compressão pode chegar a 2.5Gbps ou 2500Mbps. Um vídeo em 4K pode chegar a 24Gbps se não houver compressão. Apesar das facilidades de acesso a enlaces de Internet de alta capacidade e baixo custo, enlaces com largura de banda de múltiplos Gigabits por segundo ainda são extremamente caros, principalmente para acessos internacionais.

Além do atraso e da largura de banda necessária, é preciso monitorar também a variação do atraso e, principalmente, a perda de pacotes. Quanto maior for a distância entre os participantes, maior a chance de perda de pacotes, e maior o custo operacional para descobrir onde está a perda. Apesar de ser possível, experimentos de Arte em Rede não acontecem utilizando redes comerciais; a grande parte dos experimentos utilizam as infraestruturas das redes acadêmicas mundiais, que possuem grandes larguras de banda disponíveis, suporte para aplicações específicas e melhor instrumentação para resolução de problemas.

Utilizando as Redes Acadêmicas Mundiais

A grande diferença entre as redes comerciais e as redes acadêmicas é a filosofia que governa seu funcionamento: enquanto que nas redes comerciais busca-se otimizar os recursos de acordo com as necessidades e conseguir o máximo possível de clientes para obter o maior lucro possível, as redes acadêmicas prezam pela disponibilidade de recursos antes da demanda, para criar um ambiente que possa ser utilizado sem restrições, inclusive de largura de banda. Nas redes acadêmicas, espera-se que os recursos estejam disponíveis antes que o pesquisador inicie sua pesquisa, para que o mesmo não tenha as possibilidades de pesquisa e experimentação restringidas. Para garantir que os pesquisadores possam usufruir ao máximo os recursos disponibilizados, normalmente as redes acadêmicas são instrumentalizadas para permitir uma rápida detecção de problemas, provisionamento de recursos em múltiplas camadas de redes, e serviços adicionais, como hospedagem de conteúdos diversos, como vídeos, entre outros.

No Brasil, a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)³ tem, desde o início dos anos 90, mantido e operado uma infraestrutura robusta, escalável, com grande largura de banda e instrumentos diversos para suportar todas as instituições federais e estaduais de ensino e pesquisa, dentre outras. Todas as instituições clientes são conectadas a pontos de presença (PoPs) situados nas capitais (além de Campina Grande) para, a partir destes, se conectarem à rede da RNP, chamada de Rede IP⁴. A Figura 2 mostra a conectividade acadêmica brasileira, destacando a grande capilaridade e largura de banda.

Conexão em 2015

capacidade agregada 324,42 Gb/s

capacidade internacional 46 Gb/s*

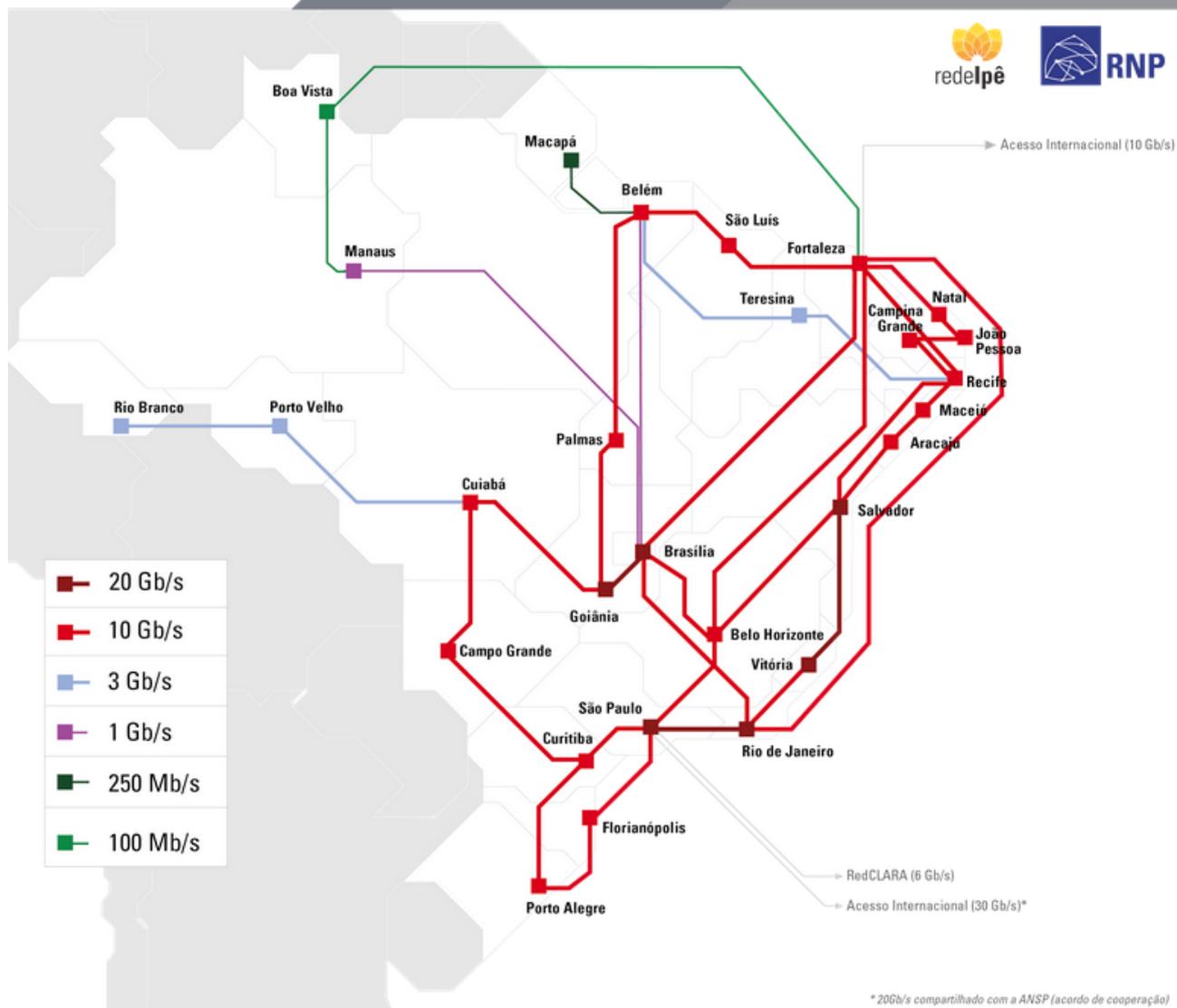


Figura 2. Rede IPê da RNP.
Fonte: Site da RNP.

A grande maioria dos países possui algum tipo de infraestrutura que conecta as instituições de ensino e pesquisa e, através de pontos de troca de tráfego acadêmicos internacionais, estas redes se interconectam, possibilitando uma colaboração global. No Brasil, a RNP está conectada internacionalmente à RedClara - a rede de colaboração latino-americana - e à AmLight - colaboração internacional entre a RNP, ANSP (Rede Acadêmica de São Paulo) e a RedClara com instituições internacionais americanas - para, assim, alcançar as principais redes acadêmicas mundiais. Conforme a Figura 2, a Rede IPÊ da RNP possui capacidade agregada (soma de todos os enlaces) de quase 325Gbps, e capacidade internacional de 46Gbps.

No escopo mundial, um consórcio foi criado para reunir as principais infraestruturas para colaborações acadêmicas, chamada GLIF (*Global Lambda Integrated Facility*)⁵. Esse consórcio inclui redes acadêmicas e pontos de troca de tráfego acadêmicos interessados em colaboração internacional e compartilhamento de recursos. A Figura 3 representa a visão dessa infraestrutura em 2011, focando apenas na América do Sul e sua conectividade internacional. Na figura 3⁶ é possível ver mapas por continente e o mapa-mundi.

Para dar suporte às mais diferentes demandas dos pesquisadores e garantir que os mesmos conseguirão utilizar os recursos de rede disponíveis, além de suportarem enlaces com grande largura de banda, via múltiplos enlaces de 10Gbps ou mesmo 100Gbps, muitos protocolos e aplicações foram criadas pelas redes acadêmicas especialmente para funcionar neste ambiente de colaboração internacional. Além de protocolos de provisionamento de redes específicos, uma parceria entre as principais redes acadêmicas americanas criou uma ferramenta de monitoramento robusta, escalável e sem custo, chamado perfSonar⁷. O perfSonar é muito utilizado atualmente por praticamente todas as redes acadêmicas mundiais para monitorar a capacidade de tráfego disponível, atrasos e perda de pacotes. Através de gráficos disponibilizados ao público, pesquisadores podem avaliar o caminho entre dois pontos para descobrir se a rede tem capacidade de suportar as demandas necessárias da sua aplicação.

Conclusão

É através da infraestrutura provida pelas redes acadêmicas mundiais que a grande maioria das demonstrações, experimentações e colaborações acontecem, principalmente aquelas com grandes requisitos de rede. Entre essas colaborações podemos citar experimentos nas áreas de Redes de Computadores, Clima, Física, Ciências Médicas e Arte em Rede. E é nos eventos organizados por essas redes acadêmicas e por alguns consórcios, incluindo o GLIF, que acontecem as principais demonstrações, onde equipes técnicas de diversas entidades focam suas atenções para suportar experimentos específicos. Assim tem sido nos últimos anos e assim esperamos que continue a acontecer nos anos que estão por vir.

Notas

- 1 Nota: A velocidade da luz é conhecida como aproximadamente 300.000km por segundo, mas lembre-se que essa velocidade é no vácuo. Na fibra óptica o material da própria fibra faz com que o tempo de propagação seja reduzido.
- 2 Mapa dos Cabos Ópticos Submarinos. Disponível em <http://www.cablemap.info/>. Último acesso: Agosto, 2015
- 3 Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. Disponível em <http://www.rnp.br/>. Último acesso: Agosto, 2015
- 4 Diagrama de conexões da Rede IPê da RNP. Disponível em <http://www.rnp.br/servicos/conectividade/rede-ipe>. Último acesso: Agosto, 2015
- 5 Global Lightpaths Integrated Facility. Disponível em: <http://glif.is>. Último acesso: Agosto, 2015
- 6 Mapas do GLIF. Disponível em <https://www.glif.is/publications/maps/>. Último acesso: Agosto, 2015
- 7 perfSonar. Disponível em <http://www.perfsonar.net/>. Último acesso: Agosto, 2015

Sobre o autor

Jerônimo Aguiar Bezerra é Bacharel em Ciência da Computação e Mestre em Mecatrônica pela Universidade Federal da Bahia. Atuou entre 2003 e 2012 como Analista de Redes do Centro de Processamento de Dados da UFBA, dando suporte as mais diversas atividades de rede, inclusive Arte em Rede. Atualmente trabalha como Chief Network Engineer na Florida International University, em Miami, Florida. É o Engenheiro de Redes responsável pelo projeto de colaboração internacional AmLight desde 2012.