



## Visão de Futuro

Comitê Técnico em Monitoramento de Redes (CT-Mon)

### Organizadores

Artur Ziviani (LNCC)

Leobino Sampaio (UFBA)

Alex S. Moura (RNP)

**2018**

## Introdução

### Sobre o Comitê Técnico de Monitoramento de Redes CT-Mon

O Comitê Técnico de Monitoramento de Redes - CT-Mon, é um comitê técnico de caráter consultivo criado pela RNP em 2011 para acompanhar os principais avanços técnico-científicos na área de monitoramento de tráfego em redes através de prospecção tecnológica. Participam do CT-Mon pesquisadores da área de monitoramento de redes; membros das áreas de Engenharia e Operação de redes, Internet Avançada e Serviços da RNP; além de representantes das instituições que operam e desenvolvem o serviço MonIPÊ. Um dos objetivos do CT-Mon é a geração de recomendações estratégicas de evolução para o serviço de monitoramento de redes da RNP.

Dada a necessidade de prospectar atualizações tecnológicas nesse tema, alinhar os esforços brasileiros ao cenário mundial e garantir que o serviço Monipê estivesse alinhado com as iniciativas internacionais, a Diretoria de Pesquisa & Desenvolvimento, através da Diretoria Adjunta de Internet Avançada, propôs a criação de um Comitê Técnico em Monitoramento de Redes (CT-Mon). Na sua primeira formação (de 2011 a 2014), o objetivo geral era acompanhar e colaborar com a evolução dos padrões do perfSONAR de modo a apoiar a RNP na evolução tecnológica do serviço MonIPÊ, colaborando com o esforço internacional de padronização e desenvolvimento deste ambiente. Na segunda formação, iniciada a partir de 2014, sob a coordenação do prof. Artur Ziviani, o comitê ampliou seus objetivos gerais que incluem a geração de recomendações estratégicas de evolução para o serviço de monitoramento de redes da RNP.

## Visão de Futuro

Ao longo de 2018, o CT-Mon acompanhou iniciativas e publicações na área de monitoramento de redes, para atualizar a visão de futuro para o serviço de monitoramento de redes da RNP.

O CT-Mon prospectou o estado da arte em monitoramento de redes através das publicações científicas realizadas em 2018 em eventos que abordaram esse tema. Dentre as os trabalhos revisados, o CT-Mon destaca as publicações elencadas em anexo com resumos do conteúdo de cada trabalho e resenhas críticas acerca da pertinência de cada trabalho ao contexto de monitoramento de redes da RNP.

Em resumo, recomendamos que haja atividades de investigação nas seguintes tendências identificadas na área de monitoramento de desempenho de redes:

- **Intensificação da adoção de técnicas de aprendizado de máquina sobre dados de monitoramento de redes visando melhor desempenho e gerenciamento de redes;**
  - Nos últimos anos, técnicas de aprendizado de máquina tem sido vastamente empregadas em diversos campos, tais como análise de imagens, reconhecimento de padrões, reconhecimento de linguagem, entre outros. Dado esse sucesso em diversos campos, há uma tendência crescente visando a investigação das possibilidades de aplicação de técnicas de aprendizado de máquina em problemas ligados à análise de dados oriundos de monitoramento do desempenho de redes e gerência de redes computacionais e sistemas

distribuídos. Com base em dados históricos, técnicas de aprendizado de máquina ajudam na realização de previsões ou na tomada de decisões. Uma vez que os mecanismos baseados em aprendizado de máquina podem se adaptar dinamicamente a situações variadas e também melhorar seu desempenho com novos dados, esses mecanismos são bastante flexíveis no trato de tarefas complexas. O objetivo principal dessas investigações é a busca de melhores alternativas para a realização de previsões e tomadas de decisão em redes computacionais e sistemas distribuídos, contribuindo para uma visão de redes autônomicas, nas quais técnicas de aprendizado de máquina podem ser decisivas para adaptação a diversos ambientes de redes e reação a situações dinâmicas.

- **Intensificação de telemetria intra-banda para monitorar o desempenho da rede;**
  - Ao longo das últimas décadas, múltiplos esforços de instrumentação de ferramentas de monitoração em domínios da internet têm sido dedicados em função das limitações do modelo fim-a-fim. A alternativa mais recorrida consiste na proliferação de pontos de medição ao longo do percurso no intuito de auxiliar a operação na identificação de pontos de falhas na rede e, assim, facilitar o diagnóstico. Em tais iniciativas, o monitoramento foi marcado por ferramentas e abordagens de medição que se basearam, em grande parte, no uso de soluções utilizadas nas camadas superiores da arquitetura TCP/IP. Por tais motivos, ainda é um desafio a identificação e o diagnóstico minucioso de problemas de desempenho associados a métricas como atraso, perda, variação do atraso, e vazão. A telemetria *in-band* oferece novas possibilidades na obtenção de dados de desempenho da rede, ao coletar informações do plano de dados, dificilmente obtidas pelas ferramentas de medição tradicionais. Através da linguagem P4, novas abordagens para monitoramento em planos de dados programáveis poderão complementar as medições de desempenho fim-a-fim, com métricas associadas aos dispositivos de encaminhamento.
- **Crescente coexistência de cenários IPv4, IPv6 e IPv4-IPv6, com implicações e desafios à realização de medições de desempenho de rede, sendo pertinente a atualização do RFC 2330 pelo grupo de trabalho IPPM do IETF com a publicação do RFC 8468.**
  - Uma propriedade fundamental nas métricas de desempenho é que o valor medido pela métrica depende das características do pacote IP utilizado nas medições. Entre os potenciais fatores influenciadores estão os campos do cabeçalho IP e seus respectivos valores. O crescimento da base do IPv6 decorrente do esgotamento do IPv4 faz com que métricas, metodologias e ferramentas de medição passem também a considerar as características do IPv6 como protocolo de rede. Dentre as discussões já em andamento, está uma nova definição sobre o formato do pacote IP nas medições para contemplar pacotes IPv6. Por tais motivos, nos próximos anos, futuras iniciativas de desenvolvimento de plataformas de medições e monitoramento da rede deverão prever a coexistência do IPv4 e IPv6.

A seguir são apresentadas as resenhas das publicações selecionadas e avaliadas pelo CT-Mon em 2018 como as mais pertinentes para a RNP.

## Resenhas do material prospectado em 2018

	Referência	Breve resumo	Resenha sobre pertinência para a RNP
1	<p><b>IPv4, IPv6, and IPv4-IPv6 Coexistence: Updates for the IP Performance Metrics (IPPM) Framework</b>, A. Morton, J. Fabini, N. Elkins, M. Ackermann, V. Hedge, RFC 8468, November 2018</p>	<p>Trata-se de uma RFC que apresenta atualizações da RFC 2330 (IPPM), tendo em vista a coexistência do IPv4 e IPv6. Dentre as atualizações propostas, está uma nova definição sobre o formato do pacote IP para contemplar pacotes IPv6.</p>	<p>Atualização de possíveis ferramentas utilizadas no MonIPÊ através do conjunto de ferramentas do perfSONAR (pS) Toolkit para incluir o suporte ao IPv6</p>
2	<p><b>A Long Way to the Top: Significance, Structure, and Stability of Internet Top Lists</b>, Q. Scheitle, O. Hohlfeld, J. Gamba, J. Jelten, T. Zimmermann, S. D. Strowes, N. Vallinna-Rodriguez, Proc. of the ACM Internet Measurement Conference (IMC 2018), pp. 478-493, Boston, MA, USA, November 2018</p>	<p>O trabalho faz uma avaliação das amostras (listas) de serviços (<i>top list</i>) da internet utilizadas em estudos de medição. Tais listas são amplamente utilizadas em diversos estudos, porém neste trabalho a qualidade de tais bases é verificada, sobretudo em termos da sua significância, estrutura, estabilidade e impacto na pesquisa. As listas avaliadas foram Alexa, Cisco Umbrella, Majestic. Ao final do estudo, os autores apresentam uma lista de recomendações.</p>	<p>A disponibilização de datasets pela RNP pode levar em consideração as mesmas recomendações apresentadas no artigo para listas que são de ampla utilização pela comunidade científica.</p>
3	<p><b>Understanding Tor Usage with Privacy-Preserving Measurement</b>, A. Mani, T. Wilson-Brown, R. Jansen, A. Johnson, M. Sherr, Proc. of the ACM Internet Measurement Conference (IMC 2018), Boston, MA, USA, November 2018</p>	<p>Discute a prática de medição da rede Tor que não comprometa aspectos de privacidade dos usuários. A iniciativa apresenta melhorias de ferramentas existentes, que se baseiam no uso de privacidade diferencial e técnicas de agregação na medição de redes Tor, para apresentar: quantidade de usuários conectados na rede, origem e destino das suas conexões, a qtd de serviços ocultos (onion services) existentes e como os mesmos são utilizados. Entre os resultados, os autores constataram que 8 milhões de usuários utilizam a rede diariamente. Dado 4 vezes maior do que o esperado.</p>	<p>A relação com o CT-Mon aqui estaria na proposição de novos serviços de monitoração da RNP através do MonIPÊ que poderia prover estatísticas de utilização da rede Tor.</p>

4	<p><b>Analysis and Improvement of perfSONAR Information</b>  Marović, B., Méndez, A. P., Despić, D., Stroiński, A., Delvaux, A. Geant2 SA2 T4, Technical Report., October 2018</p>	<p>Trata-se de um relatório sobre o conjunto de dados coletados pelo serviço de <i>lookup</i> (<i>Lookup Service - LS</i>), armazenado numa base de dados centralizada mantida pela GEANT. Para cada nova instalação de um nó do pS Toolkit, informações são enviadas ao serviço de LS. O que esse relatório apresenta é um conjunto de informações sobre inconsistência de dados etc. O documento é interessante para desenvolvedores do serviço do perfSONAR, interessados em promover melhorias ao serviço do LS.</p>	<p>Para organizações usuárias e serviços baseados no perfSONAR, como o MonIPÊ, o documento pode ser útil se tais informações puderem ser utilizadas partir de consultas ao LS.</p>
5	<p><b>TimeWeaver: Opportunistic One Way Delay Measurement via NTP</b>, R. Durairajan, S. K. Mani, P. Barford, R. Nowak, J. Sommers, Proc. of the International Teletraffic Congress (ITC 30), Vienna, Austria, September 2018.</p>	<p>Os autores propõem uma nova abordagem para medição passiva de atraso em um sentido através de dados do tráfego do NTP de forma contínua e acurada. Para isso, é proposta a ferramenta de análise denominada TimeWeaver. Os autores utilizaram a ferramenta para obter precisão e acurácia de medições de atraso de um sentido a partir do tráfego de NTP, coletado de 19 servidores localizado nos EUA. Os benefícios das medições são demonstrados através de um caso de uso em que dados de <i>One-Way Delay</i> (OWD) são estimados entre os servidores envolvidos.</p>	<p>A ferramenta TimeWeaver e a abordagem proposta podem ser utilizadas para futuros serviços de monitoração do MonIPÊ, sobretudo entre os pontos de medição que fazem uso do NTP para sincronização dos relógios.</p>
6	<p><b>AMIS: Software Defined Privacy-Preserving Measurement Instrument and Services</b>, Y. Luo, Univ. of Massachusetts Lowell, Presentation at 18th Annual Global LambdaGrid Workshop (GLIF 2018), Helsingør, Denmark, September 2018, <a href="https://www.glif.is/meetings/2018/tech/luo-amis.pdf">https://www.glif.is/meetings/2018/tech/luo-amis.pdf</a></p>	<p>É uma iniciativa de medições passivas através de equipamentos Whitebox para obtenção de dados (at line rate) de fluxos, traces de pacotes e estatísticas do TCP. O sistema AMIS utiliza a biblioteca DPDK. Atualmente existem 4 pontos nos EUA e 1 planejado para o Brasil (ANSP, SP). A arquitetura do AMIS permite que funções de medições sejam definidas via software no plano de controle através de interface Web (APIs Restful). A mesma interface também é utilizada para visualização. A camada de medição é implementada no hardware programável, que é flexível o suficiente para implantar novas funções. Também há privacidade diferencial na análise dos fluxos.</p>	<p>O AMIS pode ser utilizado em futuras medições da RNP através de projetos como o FIBRE. É necessário que a infraestrutura utilizada possua equipamentos Whitebox com suporte a DPDK.</p>

		<p>Em resumo, 4 características principais podem ser citadas: capacidade de medição de até 100 Gbps, Programabilidade, Preservação da privacidade e Visualização e análise (analytics).</p>	
7	<p><b>Accelerating network measurement in software</b>, Y. Zhou, O. Alipourfard, M. Yu, T. Yang, ACM SIGCOMM Computer Communication Review (CCR), vol. 48, no. 3, July 2018.</p>	<p>Propõe-se uma infraestrutura de dados para melhorar a eficiência no monitoramento de redes (número de pacotes e fluxo) por software através de caches virtuais. Foi construído um framework genérico, chamado Agg-Evict, que promove a agregação dos pacotes de chegada em fluxos comuns e os enviam em lote para um ponto de coleta. Como resultado, economiza-se em consumo de recursos computacionais de acesso e processamento em memória. Os experimentos usaram a biblioteca DPDK em placas de 10Gbps.</p>	<p>O Framework utiliza tecnologias atualmente adotadas em projetos da RNP, tais como o FIBRE. Além disso, as medições realizadas são as mesmas do MonIPÊ, porém com uma abordagem que visa um melhor desempenho.</p>
8	<p><b>Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP) Data Model</b>, R. Civil, A. Morton, R. Rahman, M. Jethanandani, K. Pentikousis, Internet draft, July 2018, (draft-ietf-ippm-twamp-yang-13)</p>	<p>Introduz o modelo de dados para o protocolo TWAMP (<i>Two-Way Active Measurement Protocol</i>). Para suportar aplicações cliente/servidor do TWAMP. Além do modelo em si, são apresentados exemplos e a representação através do padrão YANG.</p>	<p>Apresenta um novo conjunto de medições que poderiam ser aplicados no escopo do serviço MonIPÊ. Os desenvolvedores do perfSONAR estão considerando a implementação da ferramenta twamp no pS Toolkit.</p>
9	<p><b>FlowMon-DPDK: Parsimonious per-flow Software Monitoring at Line Rate</b>, T. Zhang, L. Linguaglossa, M. Gallo, P. Giaccone, D. Rossi, Network Traffic Measurement and Analysis Conference (TMA 2018), Vienna, Austria, June 2018.</p>	<p>O trabalho descreve o uso da ferramenta FlowMon-DPDK, disponível para download em <a href="https://github.com/ztz1989/FlowMon-DPDK">https://github.com/ztz1989/FlowMon-DPDK</a>, e resultados experimentais que demonstram a capacidade de monitoração de fluxos com alta precisão na velocidade de linha (14.88 Mpps - <i>Million Packets Per Second</i>). No geral, os autores trazem mais uma alternativa para medição de dados fluxos com alta precisão através de uma ferramenta livre e de código aberto.</p>	<p>A ferramenta FlowMon-DPDK poderá ser utilizada para futuros serviços de monitoração do MonIPÊ, sobretudo em ambientes de testbed como o FIBRE.</p>

10	<p><b>Shared Bottleneck Detection for Coupled Congestion Control for RTP Media</b>, D. Hayes, S. Harlin, M. Welzl, K. Hiorth, RFC8382, June 2018.</p>	<p>Mecanismo para detecção de gargalos que envolvem múltiplos fluxos fim-a-fim. A detecção é feita por estatísticas calculadas a partir de dados de medições contínuas. A ideia é detectar fluxos (sobretudo de aplicações interativas - protocolo RTP) que possuem características similares e que compartilham o mesmo gargalo de rede. É proposto um algoritmo de agrupamento (mais adequado para pequeno número de fluxos) que utiliza múltiplas métricas com diferentes visões das características gargalo do enlace. Juntas, tais métricas apresentam maior precisão no agrupamento dos fluxos.</p>	<p>O método pode ser utilizado para futuras medições de gargalos de redes para dar suporte a aplicações de tempo real da RNP, sobretudo no escopo do serviço MonIPÊ.</p>
11	<p><b>Narrowing the gap between QoS metrics and web QoE using above-the-fold metrics</b>, D. N. da Hora, A. S. Asrese, V. Christophides, R. Teixeira, D. Rossi, Proc. of the Passive and Active Measurements (PAM) Conference, Berlin, Germany, March 2018.</p>	<p>Investiga a relação entre métricas objetivas e QoE do usuário. O trabalho relata experimentos realizados com usuários reais que atribuíram notas de 1 a 5 para aplicações de navegação Web (WebQoE). Através de um <i>plugin</i> do navegador Google Chrome, os autores descrevem um método para estimar a métrica <i>Above-the-Fold</i> (ATF), que define o tempo no qual um conteúdo que é mostrado na parte visível do navegador é completamente renderizado. Além disso, o trabalho apresenta uma avaliação de métodos baseados em aprendizado de máquina para WebQoE em comparação com modelos já conhecidos na literatura (ITU-T, IQX, etc)</p>	<p>O método utilizado pode ser adotado em futuras iniciativas de medições de QoE no escopo do MonIPÊ.</p>
12	<p><b>Model-Based Metrics for Bulk Transport Capacity</b>. M. Mathis and A. Morton, RFC 8337, March 2018</p>	<p>O documento apresenta uma classe de métricas baseada em modelos matemáticos, que visa auxiliar ferramentas de diagnóstico de redes, na verificação da capacidade de um canal em atender os requisitos de QoS para o transferência de grande massas de dados (<i>Bulk Transport Capacity</i>). A partir do diagnóstico feito em trechos intermediários (<i>subpaths</i>) é possível atestar se o caminho fim-a-fim é capaz de atender os requisitos de QoS para grandes volumes de dados.</p>	<p>Trata-se de modelos que podem ser incorporados em futuras abordagens de medições da Rede Ipê através das ferramentas de medições utilizadas no serviço MonIPÊ para o diagnóstico da rede. Outros serviços da RNP que podem ter interesse</p>

			neste documento são o CIPÓ e o PADEX.
13	<p><b>A YANG Data Model for Layer 3 Topologies.</b> A. Clemm, J. Medved, R. Varga, X. Liu, H. Ananthakrishnan, N. Bahadur. RFC 8346, March 2018</p>	<p>O documento descreve um modelo de dados, baseado no padrão YANG, para descrição de elementos de redes (L3) a fim de haver padronização na apresentação de informações de topologia de redes Unicast. Como exemplo, o documento instância uma topologia em OSPF.</p>	<p>O modelo proposto pode ser usado para representação da topologia da Rede Ipê através do serviço MonIPÊ por meio de interfaces do perfSONAR. O padrão YANG já é amplamente adotado e o modelo proposto o estende.</p>
14	<p><b>Towards ONOS-based SDN Monitoring using In-band Network Telemetry,</b> N. V. Tu, J. Hyun, J. H.-K. Hong, 19th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2017), Seoul, South Korea, September 2017.</p>	<p>O trabalho descreve um novo método utilizado para realização de telemetria <i>in-band</i> (INT) que realiza permite o monitoramento de fluxos da rede em tempo real, diretamente a partir do plano de dados em equipamentos P4. Através do INT é possível obter informações dos equipamentos de rede durante a passagem de um fluxo. Os dados de telemetria são coletados e transmitidos no próprio pacote a partir do processamento feito através da linguagem P4.</p>	<p>O INT pode ser utilizado em futuras medições da RNP através de projetos como o FIBRE. É necessário que a infraestrutura utilizada possua equipamentos com suporte a P4.</p>
15	<p><b>Language-Directed Hardware Design for Network Performance Monitoring,</b> S. Narayan, A. Sivaraman, V. Nathan , P. Goyal, Prateesh and V. Arun, M. Alizadeh, V. Jeyakumar, C. Kim, ACM SIGCOMM 2017, Los Angeles, CA, USA, August 2017.</p>	<p>Projetar primitivas que ofereçam suporte linguagem expressiva para requisições de desempenho de redes. O trabalho apresenta a linguagem de consulta de desempenho (estilo SQL chave-valor) Marple que pode ser utilizada num software-switch programável P4. Site da linguagem: <a href="http://web.mit.edu/marple/">http://web.mit.edu/marple/</a>.</p>	<p>A linguagem pode ser aproveitada em futuros projetos relacionados com medições. Por exemplo, o FIBRE dado que pode ser utilizada em comutadores P4, previsto para próximas ações do projeto.</p>

## Conclusão

Em relação à visão de futuro prospectada pelo CT-Mon, há indicações de investimentos em pesquisa e desenvolvimento na área de medições para aumentar a variedade de coletas e disponibilidade de dados de medições para uso operacional e em pesquisas. Outra indicação é a combinação de técnicas para emprego de aprendizado de máquina (*machine learning*) e inteligência artificial para buscar, classificar e qualificar dados de medições e apresentar deduções ou recomendações sobre o comportamento da rede ao operador e a pesquisadores. Também há indicação para investimentos em equipamentos com suporte a plano de dados programável – em linguagem P4 – em hardware, para uso de telemetria *in-band* e realização de diagnósticos minuciosos e ágeis de problemas de desempenho, essenciais em tempos de transformação digital, uso ampliado de serviços em nuvem, e aplicações IoT com requisitos críticos de desempenho. Por fim, o aumento do portfólio de ferramentas para medições do desempenho nas redes onde os protocolos IPv6 e IPv4 coexistem também se tornou essencial quando se considera que as métricas de atraso, perdas de pacotes, variação do atraso e vazão dependem de informações nos campos do cabeçalho dos pacotes IP.

Sem dúvida, na realidade brasileira, há a questão de altos custos associados à aquisição de novos produtos de tecnologia de ponta, mas esse é um problema que deverá ser minimizado com o tempo, através da própria evolução da tecnologia e dos investimentos em produção de larga escala por mais fabricantes. Há uma tendência na redução de custos e aumento na abrangência de utilização de telemetria *in-band* não somente para medições, mas também para grande diversidade de aplicações derivadas de um controle refinado do comportamento do plano de dados através das facilidades introduzidas pela linguagem P4.



MINISTÉRIO DA  
DEFESA

MINISTÉRIO DA  
CULTURA

MINISTÉRIO  
DA SAÚDE

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

GOVERNO  
FEDERAL