Recomendações de Características Ergonômicas para Interfaces de Sistemas de Monitoramento de Redes Baseadas em Critérios de Usabilidade

Wilma E. Rosado[1], **Leobino N. Sampaio**[2], **José A. S. Monteiro**[3]

[1]Instituto Federal da Bahia (IFBA)
Camaçari – BA – Brasil

[2]Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PGCOMP)
Instituto de Matemática – Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Salvador – BA – Brasil

[3]Centro de Informática (CIn)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Recife – PE – Brasil

wilmaedysley@gmail.com, leobino@ufba.br, suruagy@cin.ufpe.br

Abstract. *Since they have been designed by experts, the interfaces of some of the current network monitoring systems have neglected important usability aspects for non-expert users. To assist designers in developing network interfaces more appropriated to non-expert users, this paper presents a set of recommendations of ergonomic features built according to usability criteria. Furthermore, an interface evaluation methodology is proposed in order to provide a quantitative measure of the interfaces adequacy. The effectiveness of the recommendations and the evaluation methodology were verified by analyzing the PerfsonarUI tool and a set of monitoring tools available in CAIDA.*

Resumo. *Por serem projetadas por especialistas, as interfaces de alguns dos atuais sistemas utilizados no monitoramento de redes possuem aspectos importantes de usabilidade negligenciados para usuários leigos. No intuito de auxiliar os projetistas no desenvolvimento de interfaces de sistemas de monitoramento de redes mais adequadas a usuários não especialistas, este artigo apresenta um conjunto de recomendações de características ergonômicas criadas a partir de critérios de usabilidade. É ainda proposta uma metodologia de avaliação das interfaces com o objetivo de apresentar uma medida quantitativa de adequação das interfaces. A aplicabilidade das recomendações e da metodologia de avaliação propostas foram verificadas por meio da análise da ferramenta PerfsonarUI e um conjunto de ferramentas de monitoramento disponíveis no CAIDA.*

1. Introdução

Ao longo dos anos, as iniciativas voltadas para o monitoramento de redes estiveram essencialmente focadas na instrumentação das infraestruturas de comunicação; na coleta e no armazenamento de dados [Bajpai and Schönwälder 2015]. Apesar de alguns avanços recentes na área, tanto usuários avançados quanto equipes de suporte ainda

contam com aplicações de monitoramento que apresentam informações sobre o desempenho de redes a partir de uma perspectiva puramente técnica. Esse é um entendimento crescente na comunidade de pesquisa. Em recentes Workshops do PerfSONAR [Swany and Calyam 2014], foi identificada a necessidade de que sejam desenvolvidos recursos e facilidades cobrindo casos de uso das ferramentas de monitoração por usuários não especialistas. Dada a diversificação de perfis de usuários interessados em informações de desempenho das redes, foi constatada a importância do desenvolvimento de interfaces de sistemas de monitoração que não somente apresentem as informações de desempenho, mas também facilitem o acesso e a compreensão das informações provenientes das medições. Por tais motivos, as técnicas de visualização da informação, avaliadas a partir de uma perspectiva centrada no humano, passa a ser um dos próximos desafios na área [Guimarães et al. 2016].

Na tentativa de facilitar a manipulação das informações de desempenho de redes, algumas infraestruturas de monitoramento têm apresentado recursos mais avançados e amigáveis de visualização [Guimarães et al. 2016, Legrand et al. 2009, Oberheide et al. 2006, Hanemann et al. 2006], contudo, são desenvolvimentos pontuais. Na prática, as características das interfaces de acesso às informações de monitoração são decorrentes de percepções informais de usuários especialistas em redes ou desenvolvedores que não seguem metodologias formais de desenvolvimento. A construção de interfaces a partir de critérios de usabilidade, frequentemente discutidos pela comunidade de IHC (Interação Humano–Computador), tem sido pouco explorada pela comunidade de gerência de redes e operação de serviços, ainda que os recentes avanços da tecnologia tenham permitido a evolução dos métodos e técnicas de avaliação de interfaces para o desenvolvimento de sistemas. O uso de técnicas de avaliação e desenvolvimento de interfaces de sistemas discutidas sobre IHC é muito amplo e certamente o extenso número de critérios, de caráter subjetivo, dificulta a adesão por parte da comunidade de redes. Como resultado, as interfaces dos sistemas apresentam características de usabilidade que pouco beneficiam usuários leigos[1].

Por tais motivos, este artigo apresenta um conjunto de recomendações de características ergonômicas para interfaces de sistemas utilizados no monitoramento de redes. As recomendações são baseadas em critérios de usabilidade e buscam oferecer subsídios para a realização de uma avaliação mais objetiva. Além das recomendações, este trabalho apresenta as seguintes contribuições: (i) a proposta de uma metodologia que busca apresentar uma métrica quantitativa na avaliação de interfaces de monitoramento. Esta métrica refere-se ao grau de adequação de uma interface a um perfil de usuários; (ii) a análise de um grupo de oito ferramentas utilizadas pela comunidade de gerência e operação de redes nas atividades de monitoramento. Esta análise permitiu identificar problemas de usabilidade de algumas ferramentas de monitoramento, assim como os níveis de adequação aos usuários não especialistas. A ferramenta PerfsonarUI [Jeliazkova et al. 2006], em particular, foi escolhida para a apresentação de um caso de uso completo.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 discute brevemente os principais problemas das atuais interfaces de sistemas de monitoração para usuários não especialistas. A Seção 3 apresenta as recomendações de características ergonômicas para interfaces de sistemas utilizados no monitoramento de redes, assim como a proposta de

[1]No contexto deste trabalho, este perfil corresponde aos usuários não especialistas em redes.

uma metodologia que, através das recomendações, busca apresentar uma métrica quantitativa de análise. A Seção 4 descreve o uso das recomendações propostas por meio de uma metodologia de avaliação de interfaces que foi utilizada na análise de interfaces de ferramentas de monitoramento existentes. Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões do trabalho.

2. Problemas das atuais interfaces de sistemas de monitoração

As recomendações propostas neste artigo foram elaboradas a partir de um levantamento de viés indicativo que teve como objetivo coletar dados referentes às dificuldades de usabilidade encontradas nas atuais aplicações de monitoramento de redes. O levantamento consistiu numa pesquisa de campo envolvendo a Avaliação Prospectiva [Rubin 1994] e procurou identificar os problemas de interface mais comuns de aplicações utilizadas no monitoramento de redes. No questionário aplicado, levou-se em consideração os critérios ergonômicos definidos por [Bastien and Scapin 1993], comumente utilizados durante a avaliação em testes de usabilidade para verificar a eficiência, efetividade e facilidade de uso das interfaces.

O questionário foi aplicado a um grupo de treze usuários, majoritariamente pertencentes a ambientes acadêmicos e de pesquisa oriundos de instituições de ensino no estado da Bahia[2]. A análise das respostas apresentadas pelos usuários permitiram identificar a ausência de alguns critérios ergonômicos nas interfaces dos sistemas utilizados pelos mesmos. Entre os pontos mais relevantes, foi identificado que *Agrupamentos de Itens por Localização e Formato*, que se referem ao destaque no posicionamento dos itens na interface, são perceptíveis ao usuário especialista, contudo não interferem na usabilidade dos sistemas. A ferramenta CACTI, por exemplo, foi citada como uma interface que "*não possui uma percepção visual consistente*". Foi percebido o mesmo fato com o critério *Ações Mínimas* que faz referência à quantidade mínima de ações necessárias para realizar uma tarefa. Já os critérios *Legibilidade* e *Concisão* destacaram problemas complexos que afetam a execução e interpretação dos dados. Esses critérios buscam garantir as características léxicas que as informações apresentam sobre a tela e, a permissão de entradas ou a eliminação de informações redundantes na aplicação, respectivamente. A legibilidade da interface não foi diferenciada entre ferramentas gráficas e textuais, ambas adotam os critérios com deficiência. Com relação à entrada de informações, algumas ferramentas foram destacadas por possuírem interfaces "*com risco de entrada de informações redundantes caso o usuário seja iniciante*", como o caso da MRTG. Por fim, usuários enfrentam problemas graves com os erros gerados pelas aplicações de monitoramento. Assim, resultados indicam para a necessidade de se priorizar ainda mais o tratamento de informações inseridas no sistema de modo a tratar redundâncias, como se refere o critério *Proteção Contra Erros*.

Maiores detalhes sobre os resultados obtidos e a metodologia utilizada no levantamento realizado para identificar os problemas das atuais interfaces de monitoração podem ser encontrados em [Rosado 2011].

[2]Universidade Salvador (UNIFACS) e Instituto Federal da Bahia (IFBA).

3. Recomendações de características ergonômicas

Esta seção apresenta as recomendações de características ergonômicas para interfaces de sistemas de monitoramento propostas neste artigo. As mesmas foram elaboradas a partir dos problemas identificados na pesquisa de campo descrita na Seção 2 e tiveram como base alguns dos critérios ergonômicos discutidos nas pesquisas sobre IHC.

De forma resumida, a metodologia adotada para a elaboração das recomendações foi: i) identificar os problemas de usabilidade apontados por usuários de interfaces de monitoramento de redes; ii) Fazer um levantamento de critérios ergonômicos de usabilidade; iii) mapear critérios ergonômicos aos problemas de usabilidade identificados; iv) elaborar as recomendações a partir dos critérios e considerando as especificidades das atividades de monitoramento de redes e características de usuários não especialistas. Ao final, as recomendações foram avaliadas a partir da análise de interfaces de monitoramento existentes. Os dados resultantes dessa análise são discutidos na Seção 4.

3.1. Critérios ergonômicos de usabilidade de interface de sistemas de computador

Conforme citado anteriormente, a metodologia utilizada para a elaboração das recomendações propostas consistiu em tomar como base os critérios ergonômicos comumente utilizados em avaliações de testes de usabilidade em sistemas computacionais. O objetivo foi de verificar a eficiência, efetividade e facilidade de uso das interfaces. Os critérios identificados como mais relevantes para as interfaces de sistemas de monitoramento foram: a) **Condução**, que se refere à organização dos itens na tela, a legibilidade dos mesmos e se há retorno expressivo e eficiente para o usuário final; b) **Carga de Trabalho**, que se faz importante, principalmente, pela memorização do acesso às funções da aplicação; c) **Controle Explícito**, onde defende-se o domínio das funções e liberdade ao usuário para realizar ações a partir dos seus conhecimentos técnicos e, por fim; d) **Gestão de Erros**, que prioriza um tratamento eficiente para que os erros gerados sejam bem interpretados pelo usuário da aplicação.

3.2. Recomendações de características ergonômicas para interfaces de aplicações de monitoramento de redes

O conjunto de recomendações foi elaborado a partir dos critérios e subcritérios definidos em [Bastien and Scapin 1993]. Assim, sete recomendações foram identificadas, a saber: *R1 – Adaptação de Características Léxicas e Imagens*, *R2 – Tratamento de Entrada de Informações*, *R3 – Utilização de Menus*, *R4 – Controle de Execuções Automáticas*, *R5 – Suporte ao Usuário*, *R6 – Controle do Uso de Linguagens Técnicas*, e *R7 – Padronização de Ambientes*. A Figura 1 resume a relação de tais recomendações e os critérios ergonômicos de usabilidade. As próximas subseções descrevem cada uma das recomendações propostas.

3.2.1. R1 – Adaptação de Características Léxicas e Imagens

A recomendação **Adaptação de Características Léxicas e Imagens** tem como objetivo inserir, no contexto da interface, fatores de origem perceptiva no intuito de proporcionar melhor visibilidade dos resultados provenientes das medições da rede. Cor, imagens e gráficos são alguns aspectos que facilitam a compreensão das informações apresentadas,

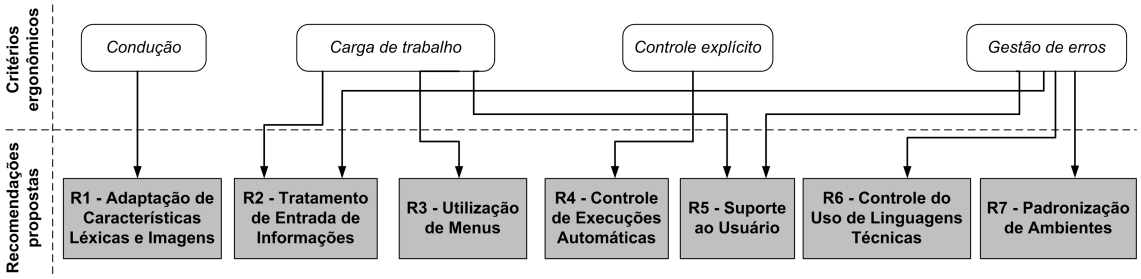


Figura 1. Critérios ergonômicos e as recomendações propostas.

sobretudo quando a ferramenta apresenta informações sobre as diferentes condições de tráfego. Como a maioria das ferramentas é projetada para usuários especialistas, na maioria das vezes as informações produzidas pelas ferramentas são apresentadas de forma textual, apenas com uso de números e abreviações. Além dos elementos de cor, imagens e gráfico é preciso destacar também a estrutura visual da interface. É recomendável o agrupamento de itens semelhantes, ou com funcionalidades similares que facilitam a compreensão do usuário. Tanto usuários especialistas quanto não especialistas priorizam um resultado consolidado ao invés de ter que visualizar e interpretar exaustivamente resultados parciais.

3.2.2. R2 – Tratamento de Entrada de Informações

O **Tratamento de Entrada de Informações** consiste numa recomendação voltada para a verificação das informações que são inseridas na aplicação de forma a impedir a redundância e minimizar a ocorrência de erros durante a execução das ações. Através dessa recomendação busca-se a concisão e proteção contra erros geralmente cometidos por usuários com pouco conhecimento sobre questões relacionadas ao desempenho das redes de computadores. Sistemas de monitoração frequentemente exigem um conjunto de parâmetros técnicos que normalmente o público geral não lida com muita frequência. Uma das estratégias comuns para evitar tais problemas consiste no tratamento e verificação da consistência das informações inseridas durante o uso da aplicação. Pode-se, por exemplo, evitar um erro de digitação de dois endereços IPs referentes à origem e destino de um caminho fim a fim para o qual o usuário deseja verificar o desempenho.

3.2.3. R3 – Utilização de Menus

A recomendação **Utilização de Menus** foi proposta com o objetivo de agrupar as funções disponibilizadas pela aplicação. O agrupamento organiza e reduz o tempo de realização de uma determinada ação do usuário final. Essa recomendação é resultante dos critérios *Ações Mínimas* e *Memorização*, definidos por Nielsen [Nielsen 1993], o qual afirma que as interfaces devem apresentar facilidade de memorização permitindo que usuários ocasionais consigam utilizá-las mesmo depois de um longo intervalo de tempo. Ferramentas de monitoramento fazem uso de ambientes textuais, o que dificulta ainda mais a utilização de recursos de menu, se tornando ainda menos adequadas ao grupo de usuários leigos.

3.2.4. R4 – Controle de Execuções Automáticas

A fim de possibilitar a intervenção do usuário nas funções executadas pelo sistema, por meio do cancelamento de operações, suspensão de tarefas, etc., foi proposta a recomendação **Controle de Execuções Automáticas**. A mesma refere-se, especificamente, ao critério de usabilidade *Controle Explícito* [Bastien and Scapin 1993], o qual ressalta a importância da liberdade de manipulação do usuário durante a realização das suas tarefas. A importância desse recurso para as ferramentas de monitoramento a usuários leigos deve-se ao fato dos mesmos frequentemente mudarem de opinião sobre uma determinada ação com a ferramenta. Esse recurso é bastante relevante, por exemplo, numa ferramenta que realiza testes de largura de banda sob demanda, uma vez que as técnicas utilizadas consomem uma razoável quantidade de recursos da rede (Ex. *Iperf*). Através de tais ferramentas, o usuário pode executar um teste inapropriado, necessitando a suspensão de execução devido a uma possível sobrecarga da rede.

3.2.5. R5 – Suporte ao Usuário

Dado que o objetivo desse trabalho busca beneficiar usuários não especialistas em temas de desempenho de redes, a recomendação **Suporte ao Usuário** torna-se uma das mais relevantes do conjunto proposto. A mesma verifica se as informações disponibilizadas na interface (referente às funções da aplicação) são suficientes para que o usuário possa interagir satisfatoriamente e sem auxílios. Comumente, aplicações fazem o uso do recurso *ajuda* como solucionador para a interpretação de funções e resolução de possíveis eventualidades. A questão é que este tipo de suporte não é suficiente, pois os usuários, em sua grande maioria, não exploram todas as informações disponíveis pelos recursos de ajuda. Nielsen [Nielsen 1993] relata este aspecto quando definiu os *slogans* de usabilidade para o critério "Help não ajuda". As informações são dispostas de forma complexa, comprometendo a interpretação. Assim, quanto menos o recurso *ajuda* for utilizado, melhor será o desempenho do usuário ao realizar suas tarefas. Em aplicações de monitoramento, essa questão é ainda mais relevante, dado que a dinâmica imposta pelas atividades de avaliação de desempenho das redes exige sistemas providos de recursos mais simples e efetivos de suporte ao usuário.

3.2.6. R6 – Controle do Uso de Linguagens Técnicas

A recomendação **Controle do Uso de Linguagens Técnicas** tem como objetivo facilitar a interpretação das informações disponibilizada pela aplicação de monitoramento de redes ao sugerir a apresentação das informações de desempenho em alto nível, sem tantos detalhes técnicos. O sistema deve, portanto, tratar das mensagens geradas na monitoração, de forma a garantir o entendimento do usuário por meio da utilização de linguagens menos técnicas. As mensagens de erro devem ser geradas de forma a garantir que o usuário compreenda qual a eventualidade ocorrida e qual procedimento deve ser realizado para que a aplicação retorne ao seu estado normal de execução. O uso de linguagem técnica deve ser dosado visto que o usuário leigo pode enfrentar dificuldades em decifrar códigos, mensagens de compilação ou execução que comumente são apresentadas pelas atuais aplicações de monitoramento de redes.

3.2.7. R7 – Padronização de Ambientes

A recomendação **Padronização de Ambientes** viabiliza a manipulação da interface, proporcionando ao usuário estruturas semelhantes a outras aplicações e facilitando também a memorização das ações. A frequência de exposições semelhantes entre as aplicações de monitoramento contribui para a eficiência da interação. Nielsen [Nielsen 1993] mais uma vez relata entre os seus atributos de usabilidade, a *Facilidade de Relembrar*. Este atributo avalia as funcionalidades da aplicação para que sejam fáceis de serem relembradas, mesmo que o usuário passe um longo período sem utilizá-la. Para este critério, a recomendação se enquadra no conceito de seguir os padrões de desenvolvimento de interfaces, propiciando um ambiente capaz de relembrar finalidades de funções também disponibilizadas por outras aplicações.

3.3. Contribuições de usabilidade para usuários não especialistas

A Tabela 1 resume as recomendações propostas e os benefícios esperados ao usuário não especialista em redes de computadores. É possível observar que as contribuições de usabilidade são complementares. Quando tais contribuições forem obtidas na sua totalidade, espera-se que o usuário final tenha uma interface com mais características ergonômicas e mais adequadas à realização de atividades de monitoramento de redes, mesmo quando não se tratar de um especialista da área.

Tabela 1. Recomendações propostas e principais contribuições de usabilidade aos usuários não especialistas.

Recomendação	Contribuições de usabilidade para o usuário não especialista
R1 – Adaptação de Características Léxicas e Imagens	Melhor visibilidade dos resultados provenientes das medições da rede por meio de elementos de Cor, imagens e gráficos; Agrupamentos de itens semelhantes que facilitam a compreensão do usuário.
R2 – Tratamento de Entrada de Informações	Evita a redundância e minimiza a ocorrência de erros durante o uso das aplicações de monitoramento.
R3 – Utilização de Menus	Organiza e reduz o tempo de realização de uma determinada ação do usuário final.
R4 – Controle de Execuções Automáticas	Liberdade de manipulação da ferramenta durante a sua execução.
R5 – Suporte ao Usuário	Informações de suporte disponibilizadas na interface sem necessitar requisição do usuário.
R6 – Controle do Uso de Linguagens Técnicas	Apresentação das informações de desempenho em alto nível e com reduzida quantidade de detalhes técnicos.
R7 – Padronização de Ambientes	Interfaces padronizadas que facilitam a memorização das ações.

4. Metodologia de avaliação de interfaces

O conjunto das recomendações descritas na seção anterior pode ser aplicado de diversas formas na avaliação e construção de interfaces de aplicações utilizadas no monitoramento de redes. Este trabalho também propõe uma metodologia de avaliação de interfaces que, a partir do nível de conformidade das interfaces com as recomendações propostas, apresenta uma medida de adequação da interface ao usuário final. Trata-se de uma medida quantitativa que permite uma avaliação mais objetiva das interfaces dos sistemas.

A metodologia está resumida na Figura 2. A Etapa 1 destina-se a fazer um levantamento do perfil dos usuários da ferramenta. O perfil auxilia na identificação das recomendações mais relevantes que, posteriormente, são utilizadas para a definição dos

pesos que definem o grau de importância. Na Etapa 2 são executadas duas atividades. Na primeira, são atribuídos pesos a cada recomendação a partir do grau de importância identificado. Os pesos podem ser atribuídos por meio de técnicas utilizadas na atribuição de valores quantitativos a critérios subjetivos, tais como a AHP (do inglês, *Analytic Hierarchy Process*) [Saaty 2008]. Já a segunda atividade consiste na avaliação da interface, a fim de identificar o nível de conformidade de cada recomendação. Por fim, a Etapa 3 consiste em utilizar as informações de pesos e conformidade das interfaces para calcular o grau de adequação da mesma ao usuário.

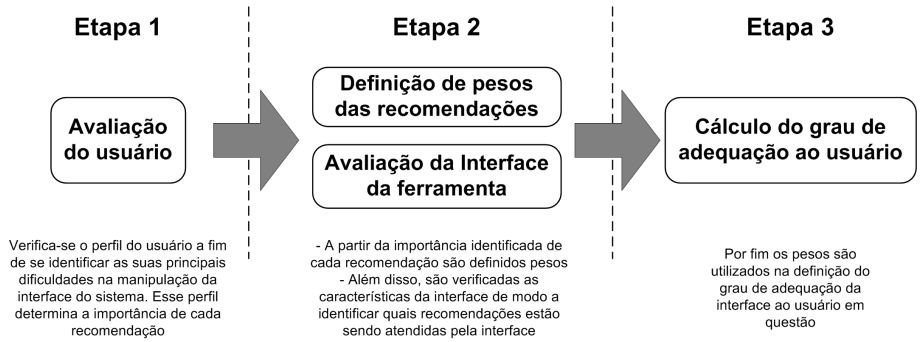


Figura 2. Metodologia de definição do grau de adequação das interfaces.

A aplicabilidade das recomendações propostas neste artigo foi verificada por meio da análise das interfaces de nove aplicações utilizadas no monitoramento de redes. As análises das interfaces foram realizadas seguindo a metodologia descrita nesta seção. Assim, a Subseção 4.1 descreve a implementação das etapas descritas na Figura 2. A Subseção 4.2 descreve um caso de uso completo feito através da ferramenta PerfSONAR UI e que descreve como todas as etapas da metodologia foram implementadas. Em seguida, a Subseção 4.3 apresenta os resultados das análise feita com outras oito ferramentas de monitoramento, disponibilizadas no site do CAIDA (*Center for Applied Internet Data Analysis*)[3].

4.1. Implementação das etapas

A implementação das etapas foi feita no intuito de verificar o grau de adequação das interfaces de um grupo de nove ferramentas, conforme a análise das interfaces descritas nas Seções 4.2 e 4.3. O perfil dos usuários (Etapa 1) foi identificado a partir da pesquisa de campo, descrita na Seção 2. Para a definição dos pesos foi adotada a técnica de comparação pareada, enquanto que a avaliação das interfaces dependeu de cada ferramenta analisada (Etapa 2). Por fim, o cálculo do grau de adequação (Etapa 3) foi obtido a partir de uma média ponderada das notas de conformidade encontradas ponderada pelos pesos das recomendações.

4.1.1. Etapa 1: Perfil do usuário

A caracterização do perfil do usuário foi realizada a partir do levantamento descrito na Seção 2. Em sua grande maioria, os dados apontam que tais usuários manipulam

[3]http://www.caida.org

exaustivamente, e muitas vezes erroneamente, a interface à procura de clareza para as interpretações de dados de desempenho da rede. Isso se deve ao fato dessas aplicações assumirem que o usuário final possui conhecimento técnico satisfatório para interpretar quaisquer dados de medições, geralmente encontrado nos especialistas (ex. gerentes e operadores). Além disso, o estudo de campo também identificou que usuários leigos buscam recursos gráficos nas interfaces que os auxiliem na compreensão dos dados. O nível técnico da linguagem utilizado para expressar informações da rede, o padrão do ambiente entre as ferramentas e a organização dos itens da interface da aplicação também foram identificados como aspectos essenciais para o perfil do usuário leigo.

4.1.2. Etapa 2: Definição de pesos das recomendações e avaliação da interface

Para a identificação dos pesos das recomendações utilizados no cálculo da adequação da interface foi adotada a técnica de comparação pareada utilizada no Processo Analítico Hierárquico AHP (do inglês, *Analytic Hierarchy Process*) [Saaty 2008]. A comparação pareada permitiu a atribuição de valores numéricos à cada recomendação de modo a refletir a importância das mesmas para o perfil do usuário leigo. O procedimento consistiu na realização de uma avaliação sistemática das recomendações por meio da comparação em par das mesmas. Os critérios adotados nesta comparação foram definidos a partir do perfil do usuário identificado na Etapa 1.

A Figura 3 (a) apresenta a matriz final utilizada na comparação pareada entre as recomendações. Cada elemento a_{ij} da matriz é definido a partir da predominância, em importância, de uma recomendação i sobre a outra j e vice-versa. Em casos de recomendações com importâncias iguais, ambas as recomendações i e j são atribuídas à posição a_{ij}. O peso de uma recomendação R é então definido a partir do percentual de vezes que a mesma aparece na matriz. A Figura 3 (b) apresenta o percentual obtido e utilizado na definição dos pesos. Ou seja, foram obtidos os pesos $19,2; 3,8; 11,5; 3,8; 19,2; 23,1$ e $19,2$ para as recomendações R1 a R7, respectivamente.

(a)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
R1		*R1*	*R1,R3*	*R1*	*R5*	*R1, R6*	*R1*
R2			*R3*	*R4*	*R2, R5*	*R6*	*R7*
R3				*R3*	*R5*	*R6*	*R7*
R4					*R5*	*R6*	*R7*
R5						*R5, R6*	*R7*
R6							*R6, R7*
R7							

(b)

Rec	Qtd	Peso
R1	5	19,2%
R2	1	3,8%
R3	3	11,5%
R4	1	3,8%
R5	5	19,2%
R6	6	23,1%
R7	5	19,2%
Total	26	100%

Figura 3. Definição dos pesos das recomendações através da comparação pareada.

No que diz respeito à avaliação da interface da ferramenta corresponde a uma atividade da Etapa 2 que busca identificar os níveis de conformidade das recomendações (C_R) da interface do sistema de monitoramento. Na abordagem adotada nessa avaliação foram atribuídas notas de conformidade com valores entre 0 a 10 para cada uma das recomendações avaliadas na ferramenta de monitoramento.

4.1.3. Etapa 3: Cálculo da adequação da interface ao usuário

Na Etapa 3 utilizamos as notas de conformidade de cada recomendação atribuídas à interface da psUI em conjunto com os respectivos pesos, conforme apresentado na Equação 1. Através dessa equação nós buscamos obter um valor quantitativo, em termos percentuais, que traduz o nível de adequação da interface da ferramenta ao usuário final. Assim, denota-se por $A(u)$, o nível de adequação total da interface para um usuário u. O valor é resultante da média ponderada das notas de conformidade C_{R_i} da recomendação R_i verificada na interface do sistema de monitoramento avaliado, onde $i = \{1...7\}$, uma vez que existe um total de sete recomendações propostas. É preciso lembrar que o peso de cada recomendação (W_{R_i}) varia de acordo com o perfil do usuário e a sua relevância, conforme discutido nas seções anteriores.

$$A(u) = \frac{\sum_{i=1}^{7} C_{R_i} \times W_{R_i}}{\sum_{i=1}^{7} W_{R_i}}. \tag{1}$$

4.2. Avaliação da Ferramenta PerfSONAR UI

A PerfSONAR UI (psUI) [Jeliazkova et al. 2006] consiste em uma das ferramentas utilizada pelo serviço de monitoramento da rede europeia Géant2. Trata-se de ambiente Web desenvolvido para executar e visualizar testes sob demanda entre os pontos de medição do ambiente PerfSONAR [Hanemann et al. 2005], ou ainda visualizar resultados a partir dos arquivos de medição (MAs). A sua interface foi desenvolvida com o objetivo de ser flexível ao usuário final, permitindo que os possíveis problemas da rede sejam solucionados com rapidez e eficiência.

Para a avaliação descrita nesta seção, foi utilizada a versão online[4] da psUI disponibilizada pelo serviço de medições da rede Géant2. O acesso se deu através da autenticação federada por meio da Comunidade Acadêmica Federada (CAFe)[5] através de um usuário cadastrado na UFBA (Universidade Federal da Bahia). Por fim, é preciso destacar que a escolha da psUI deveu-se ao fato de ser uma ferramenta que está sendo utilizada atualmente pela comunidade acadêmica, vinculada não somente à Géant2, mas também à Internet2 nos EUA e à RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa) no Brasil. Esta subseção descreve apenas as especifidades das etapas adotadas na análise da ferramenta PersonarUI, uma vez que os procedimentos adotados já foram descritos na Subseção 4.1.

4.2.1. Análise da interface da ferramenta psUI

A Figura 4 apresenta o conjunto das principais interfaces da psUI utilizadas na avaliação. Em (a) está a tela inicial da ferramenta, dividida em duas partes: i) seleção e configuração,

[4]Acessivel através da url: http://ps-ui-test.qalab.geant.net/perfsonar-ui/
[5]https://portal.rnp.br/web/servicos/cafe

localizada ao lado direito da tela e, ii) a área de visualização dos resultados apresentados. Por meio da janela de seleção é possível acessar as funções **Access**, **Analyse** e **Settings**.

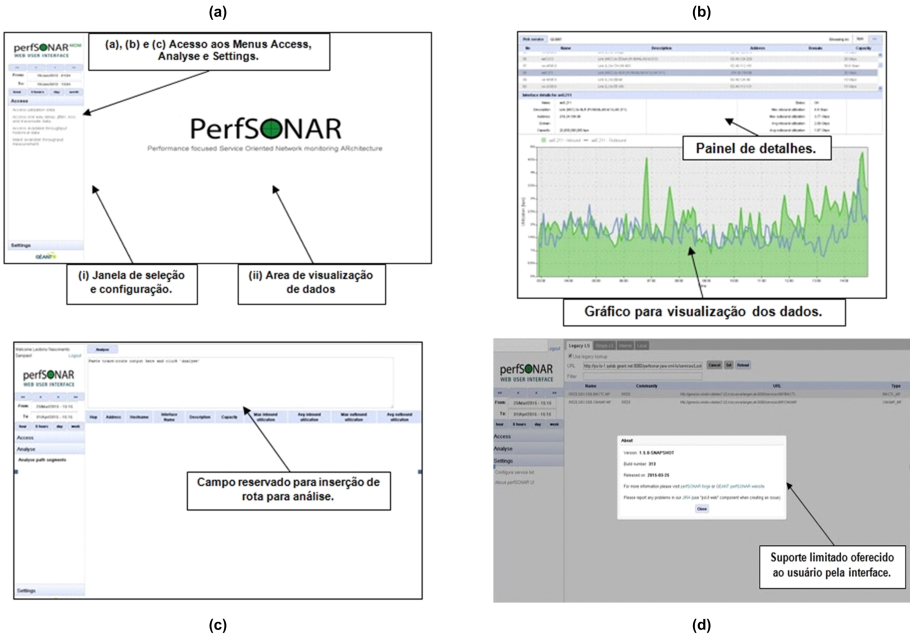


Figura 4. Principais interfaces da ferramenta PerfsonarUI.

A recomendação *Adaptação de Características Léxicas e Imagens* (R1) faz parte da estrutura da psUI. A Figura 4 (b) mostra que ela dispõe de uma visualização de dados por meio de gráfico, que facilita a interpretação dos dados de medição. O gráfico representa dados de utilização do *link* para uma determinada interface selecionada. Após a seleção do serviço a ser consultado e da interface, os dados do resultado são mostrados no painel de detalhes e no gráfico.

As opções de visualização, dados textuais e imagem permitem que o usuário decida qual forma de apresentação de dados é mais compreensível ao seu nível de experiência. O critério *Tratamento de Entrada de Informações* (R2) é validado quando se utiliza o painel de seleção. Como exemplo, tem-se a seleção do dia, semana e hora para a busca de novos dados de medição. Contudo, algumas funções ainda apresentam leituras por meio de linhas de comandos. É o caso da configuração da lista de serviço e análise de uma determinada rota. Isso pode dificultar a inserção dos dados e interpretação dos resultados caso o usuário não possua conhecimento técnico suficiente para realizar a referida tarefa. A Figura 4 (c) ilustra a tela em que é solicitada ao usuário a especificação de um caminho para a análise.

A *Utilização de Menus* (R3) também compõe a interface da ferramenta. As funções foram agrupadas no painel de seleção, facilitando a execução das ações que a ferramenta disponibiliza. Da mesma forma se caracteriza o *Controle de Execuções Automáticas* (R4) e o *Controle do Uso de Linguagens Técnicas* (R6), visto que é possível fazer a total intervenção durante a execução da tarefa, num ambiente que dispõe de uma leitura interpretável para qualquer nível de experiência do usuário final.

No que se refere ao *Suporte ao Usuário* (R5), a ferramenta PerfsonarUI apresenta falha. Embora mantenha uma linguagem clara e de fácil compreensão, a ajuda que é

disponibilizada se limita a, somente, informações sobre a versão e links que redirecionam o usuário a uma página externa à aplicação. A Figura 4 (d) ilustra esse cenário.

O ambiente da psUI se diferencia das outras ferramentas desenvolvidas e utilizadas pela comunidade acadêmica, pelo fato de possuir um ambiente que se aproxima do que defende a recomendação *Padronização de Ambientes* (R7). Dispõe de funções agrupadas, área de manipulação e de intervenção e aspectos positivos de leitura, as quais podem ser eficientemente interpretadas por usuários, independente do seu nível de experiência, seja ele avançado, intermediário ou iniciante.

4.2.2. Notas de conformidade das recomendações e grau de adequação obtido

A Tabela 2 apresenta as notas atribuídas a cada recomendação durante a avaliação realizada com a interface da ferramenta psUI. Os dados revelam que a interface da ferramenta psUI está em conformidade com a maioria das recomendações propostas, tendo assim, uma interface com requisitos de usabilidade adequados para usuários não especialistas.

Tabela 2. Notas de conformidade atribuídas a cada recomendação durante a avaliação da interface pSUI.

Recomendação	Nota de avaliação	Justificativa
R1	9	Prioriza a utilização de imagens e gráficos para representação dos dados.
R2	9	Realiza o controle das entradas de dados na aplicação.
R3	8	Agrupa as funções a fim de propor ações mínimas para execução das tarefas.
R4	8	A interface verifica a eficiência e efetividade das intervenções feitas pelo usuário.
R5	4	A interface despreza o conhecimento do usuário ao emitir mensagens de erro técnicas e sem permitir intervenção do usuário como tentativa de solução do problema.
R6	8	A aplicação controla o nível de linguagem técnica utilizada em sua interface.
R7	9	Há uma padronização do ambiente em relação à indicação do usuário não especialista como interface satisfatória para o seu nível de conhecimento técnico.

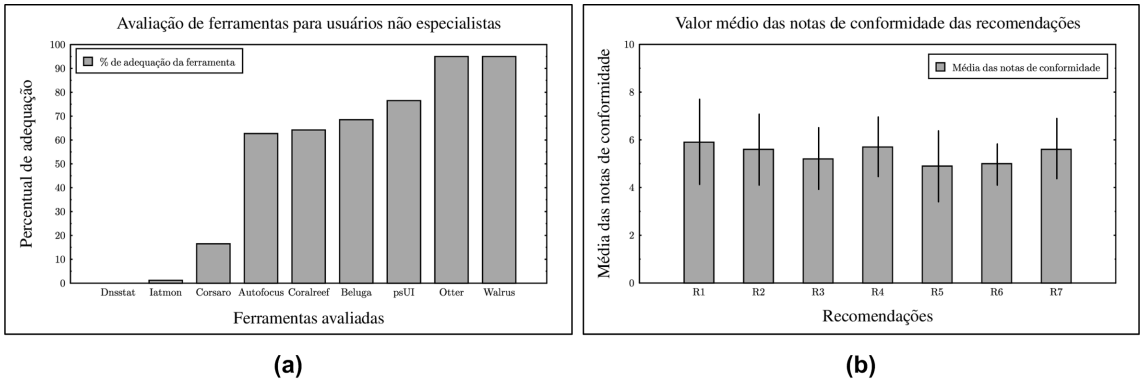
Após aplicar a Equação 1, foi possível observar que o nível de adequação da psUI foi de 76,5% para o perfil de usuário não especialista avaliado neste trabalho. Esse percentual certamente deveu-se ao fato da interface da ferramenta ter sido desenvolvida com o intuito de oferecer um ambiente organizado e eficiente para a visualização dos dados de medição da rede. Consequentemente, tais características tornam a interpretação desses dados mais rápida para usuários leigos. O percentual não atingiu a totalidade por alguns motivos observados na avaliação da interface descrita na Etapa 2. Por exemplo, a ferramenta não atende na plenitude a recomendação *R5 – Suporte ao Usuário* e parcialmente a recomendação *R2 – Tratamento de Entrada de Informações*.

4.3. Avaliação das ferramentas do CAIDA

O mesmo procedimento adotado na avaliação das interfaces do psUI foi adotado na análise de interfaces de um grupo de oito ferramentas do CAIDA (*Center for Applied Internet Data Analysis*). O CAIDA consiste numa colaboração resultante da parceria entre instituições do governo, pesquisa e entidades comerciais que visam promover melhorias da infraestrutura global da Internet. Entre outras atividades, o CAIDA divulga e mantém uma extensa lista de ferramentas utilizadas no monitoramento da Internet.

As ferramentas avaliadas através das recomendações foram: Corsaro, Iatmon, DNSSTAT, Autofocus, Coralreef, Beluga, Otter e Walrus. O critério de escolha para tais ferramentas se baseou nas características apresentadas e a viabilidade de utilizá-las durante o estudo, uma vez que algumas apresentaram problemas de mal funcionamento, carência de documentação adequada e dificuldade de instalação. Maiores informações sobre tais ferramentas podem ser encontradas no site do CAIDA.

O gráfico apresentado na Figura 5 (a) apresenta o resultado da avaliação das interfaces de tais ferramentas. Como é possível observar, a ferramenta Dnsstat foi a que apresentou nenhuma adequação aos usuários não especialistas, ao passo que a ferramenta Walrus e Otter foram as mais adequadas. O gráfico da Figura 5 (b) apresenta a média geral das notas de conformidade de cada recomendação atribuídas às interfaces avaliadas. Observa-se que as médias estão com valores próximos, demonstrando que todas as recomendações foram utilizadas nas análises das interfaces. A figura também apresenta o desvio padrão de cada média. Para algumas recomendações o desvio padrão foi mais alto por conta de algumas notas de conformidade que teve o valor zero atribuído pelo fato da interface não possuir as características ergonômicas indicadas. Por outro lado, existiram recomendações (ex. R6) que tiveram notas atribuídas em todas as ferramentas, levando a um desvio padrão menor.



(a) **(b)**

Figura 5. (a) Nível de adequação das ferramentas do CAIDA avaliadas. (b) Média das notas de conformidade das recomendações atribuídas às ferramentas.

5. Conclusões e trabalho futuros

Este artigo descreve uma proposta de recomendações de características ergonômicas para interfaces de sistemas de monitoramento a fim de beneficiar usuários não especialistas. As recomendações propostas podem ser utilizadas tanto na avaliação e quanto no desenvolvimento de sistemas. Além disso, foi também proposta uma metodologia de avaliação das interfaces que, através das recomendações, apresenta o nível de adequação das interfaces para os usuários finais. A avaliação feita com um conjunto de ferramentas do CAIDA, em conjunto com a ferramenta PerfSONAR UI, demonstrou a aplicabilidade das recomendações propostas. Foi possível observar que, de fato, grande parte das ferramentas desenvolvidas para usuários especialistas não são adequadas a usuários leigos.

Como trabalhos futuros, serão realizadas avaliações de ferramentas de monitoramento para usuários de outros perfis. Para isso, será necessário fazer uma nova pesquisa de campo de modo que sejam identificados novos conjuntos de pesos a partir de cada perfil de usuário investigado.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dos profissionais da UNIFACS e IFBA por participarem da pesquisa de campo realizada.

Referências

Bajpai, V. and Schönwälder, J. (2015). A survey on internet performance measurement platforms and related standardization efforts. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 17(3):1313–1341.

Bastien, J. M. C. and Scapin, D. L. (1993). Preliminary findings on the effectiveness of ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. In *Human-Computer Interaction, INTERACT '93*, pages 187–188.

Guimarães, V. T., Freitas, C. M. D. S., Sadre, R., Tarouco, L. M. R., and Granville, L. Z. (2016). A survey on information visualization for network and service management. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 18(1):285–323.

Hanemann, A. et al. (2005). PerfSONAR: A service oriented architecture for multi-domain network monitoring. In *ICSOC 2005*, volume 3826 of *LNCS*, pages 241–254. Springer Berlin / Heidelberg.

Hanemann, A. et al. (2006). Complementary Visualization of perfSONAR Network Performance Measurements. In *Internet Surveillance and Protection, 2006. ICISP '06. International Conference on*, pages 6–6.

Jeliazkova, N., Iliev, L., and Jeliazkov, V. (2006). PerfsonarUI - a Standalone Graphical User Interface for Querying perfSONAR Services. In *Modern Computing, 2006. JVA '06. IEEE John Vincent Atanasoff 2006 International Symposium on*, pages 77–81.

Legrand, I., Voicu, R., Cirstoiu, C., Grigoras, C., Betev, L., and Costan, A. (2009). Monitoring and Control of Large Systems with MonALISA. *Queue*, 7(6):40–49.

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.

Oberheide, J., Goff, M., and Karir, M. (2006). Flamingo: Visualizing Internet Traffic. In *NOMS*, pages 150–161.

Rosado, W. E. (2011). Recomendações para a construção de interfaces de sistemas de monitoramento baseadas em técnicas de avaliação de usabilidade. Dissertação de Mestrado - Universidade Salvador (UNIFACS).

Rubin, J. (1994). *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.

Saaty, T. L. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making: Why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors – the analytic hierarchy/network process. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fsicas y Naturales*, 102(2):251–318.

Swany, M. and Calyam, P. (2014). Second NSF workshop on perfSONAR-based multi-domain network performance measurement and monitoring. Technical report, NSF.