

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Um Sistema Preditivo de Detecção de Falhas em Redes de Computadores Baseado em Lógica Paraconsistente

Avelino Palma Pimenta Júnior^{1,2}, Jair Minoro Abe¹, Cristina Corrêa de Oliveira^{1,3}

Resumo - As redes de computadores são um importante meio de difusão de informações para as corporações, instituições de ensino, e também usuários comuns. A facilidade, rapidez e baixo custo no acesso a conteúdos têm feito com que cada vez mais usuários se conectem na rede mundial de computadores. Porém, esta demanda crescente por recursos pode gerar também um aumento significativo de problemas na operação da infraestrutura da rede, que por suas características distribuídas e descentralizadas torna imprevisível seu comportamento e dificulta uma análise determinística de eventuais problemas. Este trabalho tem como objetivo estabelecer os parâmetros de funcionamento para redes de computadores, monitorar e detectar possíveis problemas com o uso da Lógica Paraconsistente..

Palavras-chave: Lógica Paraconsistente, Redes de Computadores, Reconhecimento de Padrões, Tomada de Decisão.

Abstract - Computer networks are an important means of disseminating information to corporations, educational institutions, and also ordinary users. The ease, speed and low cost access to content have caused more and more users to connect to the World Wide Web. However, this growing demand for resources can also generate a significant increase of problems in the operation of the network infrastructure, which by its distributed and decentralized characteristics render an unpredictable behavior and hinders a deterministic analysis of potential problems. This work aims to establish operating parameters for computer networks, monitor and detect potential problems with the use of Paraconsistent Logic.

Keywords: Paraconsistent logic, Computer Networks, Pattern Recognition, Decision Making.

¹ Universidade Paulista, São Paulo, São Paulo, Brasil – appimenta@gmail.com, jairabe@uol.com.br

² Fatec Mococa, Mococa, São Paulo, Brasil – appimenta@gmail.com

³ Fatec Zona Leste, São Paulo, São Paulo, Brasil – crisolive@ig.com.br

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

1. Introdução

As redes de computadores atualmente constituem-se como um importante meio de troca de dados e serviços. Com o aumento crescente de usuários da *World Wide Web*, a necessidade de um desempenho satisfatório torna-se cada vez mais relevante (BENADITP; FRANCISF, 2015). Portanto, o monitoramento das informações acaba por se tornar um fator fundamental nos departamentos de tecnologia (LIN; HUANG, 2013).

Os problemas relacionados à segurança da informação existem desde o surgimento desta. Porém, a medida que a tecnologia avança e os sistemas de gerenciamento da informação tornam-se cada vez mais poderosos, a questão de incremento da segurança da informação torna-se cada vez mais crítica (WHITE; REA, 2006). Uma rede de computadores consiste de vários dispositivos conectados, que podem ser representados por um *desktop*, um *laptop*, um *smartphone*, entre outros. Em tal ambiente altamente heterogêneo, a necessidade de serviços de entrega eficientes de conteúdo está se tornando um requisito importante para a nova infraestrutura de serviços de Internet (CANALI; CARDELLINI; LANCELOTTI, 2006). Muitos destes equipamentos podem ter diferentes arquiteturas, e também utilizar diferentes sistemas operacionais e aplicativos. Um dos problemas gerados por esta diversidade de dispositivos, arquiteturas e sistemas operacionais relaciona-se com as dificuldades em medir o desempenho de uma rede. Métodos de avaliação típicos, com referências preestabelecidas de desempenho, no entanto, são limitados na sua aplicabilidade. Muitas vezes não são representativos das características de tráfego de qualquer instalação (DAVISON; WU, 2004).

Considerando sua própria natureza, o funcionamento das redes de computadores é significativamente afetado por eventos estocásticos, o que acaba por sua vez refletindo na análise de desempenho efetuado. O argumento para esta afirmação se baseia no princípio que as ações dos usuários se apresentam como elementos aleatórios (BEN-PORAT; BREMLER-BARR; LEVY, 2014).

O estabelecimento de um conjunto de critérios deve ser feito de forma a evitar falsos positivos (FOSSACECA; MAZZUCHI; SARKANI, 2015), que por sua vez poderá levar até mesmo a problemas de ordem legal. Alguns elementos podem ser interessantes para a análise do tráfego de pacotes, dentre os quais: endereço lógico associado à requisição do recurso, horário da requisição, tempo de espera da resposta, tipo de resultado obtido, quantidade de dados da resposta na transação e destino da requisição (ROUSSKOV; SOLOVIEV, 1999).

O aumento crescente da dimensão da rede mundial de computadores também leva à um aumento da complexidade de sua infraestrutura. Desta forma, os métodos clássicos de análise do funcionamento da rede podem não ser os mais adequados para este cenário (FERNANDEZ-PRIETO et al., 2012). Portanto, a Lógica Paraconsistente pode se apresentar como uma técnica viável para busca de indícios de problemas, sejam eles causados tanto pela operação padrão da rede, quanto por elementos intencionais (ABE; CARVALHO, 2011).

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Neste último caso, pode ser constituído pela figura do usuário ou mesmo de um aplicativo desta natureza (MISRA; VERMA; SHARMA, 2014). Pelas suas características, aparece como uma alternativa viável para a tomada de decisões em situações de incerteza, inconsistência e contradição, nas mais diversas áreas como robótica, eletrônica, controle de tráfego, dentre outros (DA SILVA FILHO, J.I., 2010).

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é extrair padrões de funcionamento da rede, e detectar possíveis erros, tanto específicos quanto sistêmicos, a partir de eventuais desvios do que é considerado como a faixa de normalidade de operação. Os erros específicos podem ser considerados como aqueles que ocorrem a partir de pontos isolados da rede, como por exemplo, um determinado equipamento com problemas físicos ou lógicos. Já o erro sistêmico ocorre quando o funcionamento da rede é afetado como um todo, devido à operação fora do seu padrão esperado.

2. Referencial Teórico

As redes de computadores são utilizadas atualmente na maioria das empresas, e representam um importante meio de interoperabilidade e comunicação de dados. Como o número de usuários na World Wide Web tem-se expandindo a uma taxa muito rápida, a demanda por maior desempenho dos sistemas da World Wide Web acompanhou esta tendência (BENADITP; FRANCISF, 2015). Desde a sua criação, os fundamentos para a implantação de redes apontaram para uma variedade de dispositivos de diferentes fabricantes e arquiteturas, e muitas vezes opera em velocidades variadas. Os diferentes enlaces da rede local podem operar em velocidades diferentes e podem ser executados em diferentes mídias, tais como 1 Gbps ou 100 Mbps, cobre ou fibra (KUROSE; ROSS, 2013).

Uma rede de computadores consiste em várias máquinas conectadas, que podem ser representados por um *desktop*, um *laptop*, um *smartphone*, entre outros. Em tal ambiente heterogêneo, serviços eficientes de entrega de conteúdo estão se tornando requisitos importante para a nova infraestrutura de serviços de Internet (CANALI; CARDELLINI; LANCELOTI, 2006). Muitos destes equipamentos podem ter diferentes arquiteturas, e também usar diferentes sistemas operacionais e aplicativos.

Um dos problemas relaciona-se com as dificuldades em medir o desempenho de uma rede. Métodos de avaliação típicos, como os baseados em referência de desempenho, no entanto, são limitados na sua aplicabilidade. Muitas vezes, eles não são representativos das características de tráfego de qualquer instalação cliente (DAVISON; WU, 2004). A questão de incerteza, por conseguinte, deve ser considerada. Uma possível solução poderia ser a análise de especialistas na área de redes de computadores. Esta abordagem pode não ser apropriada para todos os casos, uma vez que nem

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

sempre o profissional conhece profundamente a rede a ser analisada. Além disso, embora existam diferenças, alguns elementos são comuns nas comunicações de rede. Para o estabelecimento de comunicação de rede, deve haver sempre uma requisição do lado do cliente. É um protocolo típico de requisição-resposta, que controla a transferência de dados entre o servidor e o cliente (tal como um navegador web) (SYSEL; DOLEŽAL, 2014).

Esta requisição, quando respondida pelo lado do servidor, normalmente através de um proxy, produz uma resposta correspondente. Os servidores proxy são projetados com três objetivos: diminuição do tráfego de rede, redução da latência percebida pelo usuário (cliente), e reduzir a carga nos servidores de origem (ROMANO; ELAARAG, 2010).

Cada requisição do cliente passa através do servidor proxy, que por sua vez pode ou não modificá-lo com base no seu mecanismo de aplicação (AGARWAL; LEONETTI, 2013). Esta resposta é acompanhada por vários atributos que podem ser utilizados para analisar o desempenho da rede, o objeto do presente trabalho. Um cliente que experimenta um grande atraso depois de solicitar um recurso no servidor Web de uma empresa muitas vezes muda para um concorrente que fornece um serviço mais rápido (AUSTIN et al., 2001). A infraestrutura de rede precisa ser constantemente melhorada para satisfazer o QoS (Quality of Service), a demanda dos usuários, incluindo os aspectos de tecnologia (por exemplo, enlaces mais rápidos, proxies e servidores) e softwares relacionados (CÁRDENAS et al., 2004).

Para parametrizar o funcionamento da rede, um dia de operação deve ser monitorado, durante 15 horas, dividido em intervalos de 30 minutos. Alguns dos atributos mais importantes devem ser utilizados, tais como: Total de pacotes de rede (bytes), Tempo total de resposta (ms), velocidade média (bytes/ms), número de requisições, número de respostas de bytes igual a zero

3. Método

Ao se considerar uma hierarquia de complexidade nos protocolos de comunicação de uma rede de computadores, uma abordagem possível passa pela seleção de níveis mais baixos de abstração das operações de rede. Uma comparação possível neste caso poderia ser feita com a comunicação humana. De fato, ao se observar a maneira como um indivíduo se comunica, é possível extrair diversas informações a respeito de seu estado, tais como euforia, raiva, indiferença, etc. O mesmo pode ser aplicado à uma rede de computadores. A partir de atributos como tempo de resposta, quantidade de dados trafegados, número de transações e taxa de erros, pode ser possível extrair padrões de acesso dos usuários, e conseqüentemente obter informações importantes sobre

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

o funcionamento da rede. Eventuais tomadas de decisão sobre como atuar na rede tornar-se-ão mais fáceis e fiáveis.

A partir de uma rede de computadores em operação, serão obtidos os atributos de todos os equipamentos nela conectados: tempo de resposta, quantidade de dados trafegados, número de transações e total de erros. Serão definidos os diversos graus de crença e incerteza para cada uma das faixas, tendo como objeto da proposição a operação normal da rede. Com a informação obtida, será possível mapear o funcionamento dos computadores da rede, e em caso de detecção de erros, apresentar sugestões para a execução de ações cabíveis. A partir dos registos de rede, é possível extrair os valores dos atributos, mostrados na Tabela 1:

Tabela 1. Valores dos atributos obtidos da operação de uma rede de computadores

Hour interval	Total network packets (bytes)	Total response time (ms)	Average speed (bytes/ms)	Number of requests	Number of zero bytes responses
8:00 a 8:29	101550313	186703410	0,5439124706	3311	779
8:30 a 8:59	101317599	384871739	0,2632502954	4515	32
9:00 a 9:29	144107833	296218480	0,4864917037	5020	201
9:30 a 9:59	149058945	558951986	0,2666757588	10348	84
10:00 a 10:29	153643549	603540143	0,2545705547	13126	2705
10:30 a 10:59	129625661	535538428	0,2420473569	18442	8644
11:00 a 11:29	113215036	181009325	0,6254652129	6829	296
11:30 a 11:59	98916878	429472435	0,2303218319	2671	40
12:00 a 12:29	89950808	281068865	0,3200312066	5051	894
12:30 a 12:59	93957712	348408989	0,2696764864	6844	3304
13:00 a 13:29	40352244	60526974	0,6666819987	1489	568
13:30 a 13:59	34759397	25246230	1,3768153503	1786	7
14:00 a 14:29	82984378	82816003	1,0020331215	8493	5147
14:30 a 14:59	103544699	156568116	0,6613396242	5180	1180
15:00 a 15:29	97323535	77590646	1,2543204628	4090	19
15:30 a 15:59	111349090	88934444	1,2520356005	9973	4345
16:00 a 16:29	116516110	148779326	0,7831471827	8299	59
16:30 a 16:59	134981701	177338304	0,7611536704	9268	43
17:00 a 17:29	101774848	98992388	1,0281078177	6730	36
17:30 a 17:59	84745862	67398212	1,2573903593	3868	28
18:00 a 18:29	63605693	81593640	0,7795422903	5449	38
18:30 a 18:59	92411148	113160272	0,8166395005	5153	109
19:00 a 19:29	91532492	124104104	0,7375460525	2359	55
19:30 a 19:59	200608215	111540378	1,798525508	4727	37
20:00 a 20:29	255225540	199250269	1,2809294626	5517	49
20:30 a 20:59	184581912	194732439	0,9478744936	4061	44
21:00 a 21:29	159659251	150403821	1,0615371999	3676	146
21:30 a 21:59	119997798	98105026	1,2231564772	12739	8554
22:00 a 22:29	126283972	180791028	0,6985079591	10007	5917
22:30 a 22:59	170579432	69887729	2,4407636997	4500	398

Fonte: PIMENTA JR, AVELINO P. (2016)

O primeiro atributo é usado para analisar o tempo de resposta (em milissegundos) relacionado com as requisições efetuadas. O segundo atributo está relacionado ao volume de dados (em bytes) que foi solicitado durante um determinado intervalo. Em relação ao primeiro, pode-se imaginar que, quanto maior o valor, mais eficiente a operação da rede. No entanto, este atributo é carregado de incerteza, uma vez que também pode denotar o congestionamento da rede. O terceiro atributo é calculado com base nos dois primeiros, pela média aritmética simples, para calcular o uso de largura de banda de rede. O quarto

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

atributo é o número de requisições que ocorreram em um determinado intervalo. Este atributo em si não é suficiente para determinar o nível da qualidade da rede. Uma rede com muitas requisições podem indicar tanto um bom desempenho ou uma elevada taxa de retransmissões, o que é considerado indesejável. O quinto atributo é especialmente importante, quando considerado em conjunto com o quarto atributo, uma vez que permite diferenciar as situações em que há grande número de retransmissões. Os valores obtidos dos atributos são então tabulados e normalizados no intervalo de 0 a 1.

Com os valores obtidos, é possível analisar cenários específicos na operação de uma rede, através do desenvolvimento de um *ranking* das evidências (favorável ou contrária) utilizando a Logica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} . Os conceitos de Lógica Paraconsistente E_{τ} serão utilizados a partir deste ponto. De acordo com Abe (ABE; AKAMA; NAKAMATSU, 2015): "As fórmulas atômicas da lógica E_{τ} são do tipo $p(\mu, \lambda)$, onde $(\mu, \lambda) \in [0, 1]^2$ e $[0, 1]$ é o intervalo unitário verdadeira (p denota uma variável proposicional)". Portanto, $p(\mu, \lambda)$ pode ser intuitivamente lido: "Supõe-se que a evidência favorável de p é μ e evidência contrária é λ ". Isto levará à seguinte conclusão:

- $p(1.0, 0.0)$ pode ser lido como uma proposição verdadeira
- $p(0.0, 1.0)$ como falsa
- $p(1.0, 1.0)$ como inconsistente
- $p(0.0, 0.0)$ como paracompleto, e
- $p(0.5, 0.5)$ como uma proposição indefinida

Para determinar a incerteza e a certeza graus, as fórmulas são (ABE; AKAMA; NAKAMATSU, 2015):

1. Grau de incerteza: $G_{un}(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1$ ($0 \leq \mu, \lambda \leq 1$);

2. Grau de certeza: $G_{ce}(\mu, \lambda) = \mu - \lambda$ ($0 \leq \mu, \lambda \leq 1$);

Uma relação de ordem é definida em $[0, 1]^2$: $(\mu_1, \lambda_1) \leq (\mu_2, \lambda_2) \Leftrightarrow \mu_1 \leq \mu_2$ e $\lambda_1 \leq \lambda_2$, constituindo um reticulado que será simbolizado por τ . Com os graus de incerteza e certeza, é possível determinar os seguintes 12 estados de saída, apresentados na Tabela 2.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

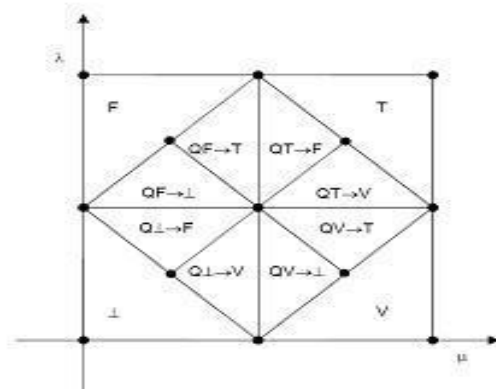
Tabela 2 - Estados extremos e não-extremos

Extreme States	Symbol	Non-extreme states	Symbol
True	V	Quasi-true tending to Inconsistent	$QV \rightarrow T$
False	F	Quasi-true tending to Paracomplete	$QV \rightarrow \perp$
Inconsistent	T	Quasi-false tending to Inconsistent	$QF \rightarrow T$
Paracomplete	\perp	Quasi-false tending to Paracomplete	$QF \rightarrow \perp$
		Quasi-inconsistent tending to True	$QT \rightarrow V$
		Quasi-inconsistent tending to False	$QT \rightarrow F$
		Quasi-paracomplete tending to True	$Q\perp \rightarrow V$
		Quasi-paracomplete tending to False	$Q\perp \rightarrow F$

Fonte: ABE, J. M (2015)

Todos os estados estão representados na Figura 1:

Figura 1 - Todos os estados no reticulado τ



Fonte: ABE, J. M (2015)

4. Resultados e Discussão

Com base nos valores dos atributos, obtidos a partir de uma operação dia da rede de computadores, um cenário obtido a partir de um intervalo de um dia de operação será analisado a fim de verificar o funcionamento da rede. No intervalo selecionados, foram obtidos os seguintes valores, conforme apresentado na Tabela 3:

Tabela 3: Atributos de rede do cenário avaliado

Cenário	Total de pacotes de rede (bytes)	Tempo total de resposta (ms)	Velocidade média (bytes/ms)	Número de requisições	Número de respostas de bytes iguais a zero
Cenário A	126428976	76538921	1,6518259514	11238	5532

Fonte: PIMENTA JR, AVELINO P. (2016)

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Uma rede de computadores que está operando em alta velocidades dentro de seus parâmetros é tida como uma evidência favorável. Portanto, o atributo da velocidade média pode ser considerada uma grandeza diretamente proporcional. Este argumento também pode ser aplicado para o atributo número de requisições, uma vez que indica que a rede foi operada em completa capacidade de trabalho para atender as exigências dos utilizadores. No que diz respeito ao atributo número de respostas de zero bytes, ocorre o inverso, pois uma rede com elevadas respostas indica que os recursos procurados não puderam ser localizados, e portanto deve ser considerada uma grandeza inversamente proporcional. Os valores normalizados devem ser usado como graus de evidências favoráveis para os atributos velocidade média e número de requisições, grandezas diretamente proporcionais. O oposto será aplicado ao atributo número de respostas de zero bytes. Neste caso, devem ser definidas tanto as evidências favoráveis como sua negação. Os graus de evidência favorável (μ) e contrária (λ), são tomados a partir dos valores normalizados dos atributos, e são apresentados na Tabela 4:

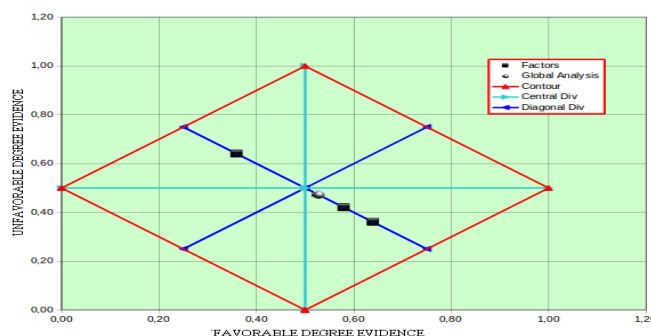
Tabela 4 - Valores normalizados de evidências favorável (μ) e contrária (λ)

Cenário avaliado	Velocidade média normalizada (atributo 1)	Número de requisições normalizado (atributo 2)	Número de respostas de bytes iguais a zero normalizado (atributo 3)	Evidências do atributo 1		Evidências do atributo 2		Evidências do atributo 3	
				μ	λ	μ	λ	μ	λ
Cenário A	0,643085955	0,587536913	0,3696885493	0,64	0,36	0,58	0,42	0,36	0,64

Fonte: PIMENTA JR, AVELINO P. (2016)

Após a parametrização dos atributos da rede, o Para-analisador será aplicado ao cenário, representado na Figura 2:

Figura 2 - Análise do cenário A pelo Para-analisador



Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Fonte: PIMENTA JR, AVELINO P (2016)

A análise global é calculada considerando-se as evidências favoráveis (μ) multiplicadas por seus respectivos pesos (todos iguais, no cenário avaliado), e, finalmente, somados. O mesmo é feito com a evidência desfavorável (λ) (DA SILVA FILHO, J.I., 2010).

No cenário A, a análise global apresenta um resultado quase-verdade, tendendo a paracompleto e inconsistente em relação ao desempenho normal da rede. A velocidade média e número de requisições altos representam uma situação de plena utilização da capacidade da rede. No entanto, observa-se que esta começa a mostrar sinais claros de degradação devido ao elevado número de respostas de zeros bytes.

Diagnóstico: a rede analisada no cenário A opera em um alto grau de utilização, com sinais precoces de congestionamento e a degradação de desempenho.

5. Considerações finais

No caso analisado (cenário A), tem-se a situação de uma rede que consegue atender às requisições dos usuários e opera em sua capacidade plena. A percepção que o usuário tem é que o funcionamento da rede ocorre dentro dos padrões de normalidade. Porém, a taxa de erros significativa aponta para o surgimento de problemas na qualidade de funcionamento da infraestrutura. Desta forma, a Lógica Paraconsistente surge como uma ferramenta preditiva, e não apenas corretiva, incorrendo em níveis menores de insatisfação e gastos por parte dos usuários e responsáveis da área de TI, respectivamente.

Referências

- ABE, J. M.; AKAMA, S.; NAKAMATSU, K. Introduction to Annotated Logics - Foundations for Paracomplete and Paraconsistent Reasoning. 1. ed. [s.l.] Springer International Publishing, 2015.
- ABE, J. M.; CARVALHO, F. R. Tomadas de decisão com ferramentas da lógica paraconsistente anotada. [s.l.: s.n.].
- AGARWAL, T.; LEONETTI, M. A. Design and Implementation of an IP based authentication mechanism for Open Source Proxy Servers in Interception Mode. 17 fev. 2013.
- AUSTIN, I. B. M. et al. Measuring client-perceived response times on the www. the 3rd conference on USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, n. March, p. 16, 2001.
- BEN-PORAT, U.; BREMLER-BARR, A.; LEVY, H. Computer and network performance: Graduating from the “age of Innocence”. Computer Networks, v. 66, p. 68–81, 2014.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

- BENADITP, J.; FRANCISF, S. ScienceDirect Improving the Performance of a Proxy Cache Using Very Fast Decision Tree Classifier. *Procedia - Procedia Computer Science*, v. 48, n. 48, p. 304–312, 2015.
- CANALI, C.; CARDELLINI, V.; LANCELLOTTI, R. Content Adaptation Architectures Based on Squid Proxy Server. *World Wide Web*, v. 9, n. 1, p. 63–92, 2 mar. 2006.
- CÁRDENAS, L. G. et al. The Multikey Web Cache Simulator: a Platform for Designing Proxy Cache Management Techniques. *Parallel, Distributed and Network-Based Processing*, 2004. *Proceedings. 12th Euromicro Conference on*, p. 390 – 397, 2004.
- DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M. Paraconsistent analyzer module. [s.l: s.n.]. v. vol. 9
- DA SILVA FILHO, J. I.; TORRES, G. L.; ABE, J. M. Uncertainty Treatment Using Paraconsistent Logic - Introducing Paraconsistent Artificial Neural Networks. [s.l: s.n.].
- DAVISON, B. D.; WU, B. Implementing a web proxy evaluation architecture. n. December, 2004.
- FERNANDEZ-PRIETO, J. A. et al. Optimisation of control parameters for genetic algorithms to test computer networks under realistic traffic loads. *Applied Soft Computing Journal*, v. 12, n. 7, p. 1875–1883, 2012.
- FOSSACECA, J. M.; MAZZUCHI, T. A.; SARKANI, S. MARK-ELM: Application of a novel Multiple Kernel Learning framework for improving the robustness of Network Intrusion Detection. *Expert Systems with Applications*, v. 42, n. 8, p. 4062–4080, 2015.
- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. *Computer Network: a top-down approach - 6th ed.* [s.l: s.n.]. v. 1
- LIN, Y. K.; HUANG, C. F. Stochastic computer network under accuracy rate constraint from QoS viewpoint. *Information Sciences*, v. 239, p. 241–252, 2013.
- MISRA, A. K.; VERMA, M.; SHARMA, A. Capturing the interplay between malware and anti-malware in a computer network. *Applied Mathematics and Computation*, v. 229, p. 340–349, 2014.
- ROMANO, S.; ELAARAG, H. A neural network proxy cache replacement strategy and its implementation in the Squid proxy server. *Neural Computing and Applications*, v. 20, n. 1, p. 59–78, 24 set. 2010.
- ROUSSKOV, A.; SOLOVIEV, V. A performance study of the Squid proxy on HTTP/1.0. *World Wide Web*, v. 2, n. 1, p. 47–67, 1999.
- SYSEL, M.; DOLEŽAL, O. An Educational HTTP Proxy Server. *Procedia Engineering*, v. 69, p. 128–132, 2014.
- WHITE, D.; REA, A. A Backpropagation Neural Network for Computer Network Security. *Journal of Computer Science*, v. 2, n. 9, p. 710–715, 2006.