

# Introdução às Redes IP, sua Gerência e a Análise de Desempenho usando Coordenadas Paralelas

Sergio Borger  
Av. Conselheiro Rodrigues Alves, 948 / 14  
04014-002, São Paulo - SP, Brasil  
e-mail: sborger@ime.usp.br  
Tel: 55+11+572.4028

Orientador: Prof. Dr. Valdemar W. Setzer  
e-mail: vwsetzer@ime.usp.br

## Abstract

This paper is a resume of the master thesis presented by the author [Bo97] and represent the essence of the work and some results. A more detailed version may be obtained at <http://www.ime.usp.br/~sborger/index.html>.

The utilization of the family of protocols known as TCP/IP has grown, lately, very fast in companies and educational institutions. This growth is due to the capacity of those protocols to connect applications in several different computer platforms. The most impressive example of its usage is the global Internet network.

With the growth of networks, the system administrators need to implement ways to monitor and control the environment in order to maintain in correct shape the network, its connections and servers. In IP networks, management may be achieved using SNMP agents (processes that use the IP network management protocol, the SNMP) and the MIB-II (standard table with management objects). The implementation of an efficient and effective management policy requires that the network administrator deeply understands the network, the protocols and applications used in the environment.

Based on the context described, our work is divided into two parts. In the first, there is an introduction about TCP/IP and networks, starting with the evolution of protocols, IP addressing, routing and routing algorithms, naming system and SNMP network management. We show though examples how the major components of a TCP/IP network work.

In the second part, we describe our new method for performance analysis of IP networks using SNMP and parallel coordinates. We show how the network administrator may use this method to detect and understand network information and problems though a graphical visualization process.

We have divided this second part into tree items. In the first, we introduce notions about parallel coordinates and how to use them in the behavior visualization of a group of variables. In the second, we describe systematically the method we developed, specifically for the analysis of network performance. In the third, we document some experiments and simulations to show the usage of the method in verifying conjectures about networks and its performance through the parallel coordinate system.

# 1. Introdução

## 1.1 Introdução ao trabalho

Os protocolos de comunicação utilizados para a interligação de computadores em redes, tem recebido atenção especial nos últimos anos. Os fatores responsáveis por esse atenção estão ligados ao aumento de produtividade de indivíduos que utilizam aplicações, mecanismos de compartilhamento de informações e recursos, entre pessoas e grupos de trabalho, disponíveis nessas redes de computadores.

Por ser considerado um protocolo aberto, ou seja, com arquitetura interna pública, o TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) é um dos mais utilizados e difundidos protocolos de interligação para formação de redes de computadores. Sua ampla utilização tem raízes históricas associadas à sua implementação nos mais diversos sistemas operacionais e plataformas de hardware. A principal característica desse protocolo é a possibilidade de interligar e interoperar aplicações em sistemas operacionais distintos, tanto sob o aspecto de software como hardware. É um dos protocolos de comunicação de dados mais utilizando no mundo, sendo a base de interligação da rede mundial de computadores, a Internet.

O TCP/IP agrega uma série de protocolos com funções específicas. Pode ser considerado como uma família de protocolos inter-relacionados através de interfaces de programação e modelado através de um conjunto de camadas. Na parte inicial de nosso trabalho descrevemos conceitos e conjuntos de protocolos compreendidos dentro do TCP/IP que auxiliarão o entendimento do problema de análise de desempenho de redes IP através do uso do protocolo de gerência SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Nesse texto abordamos de maneira não tradicional o estudo da elaboração de redes IP, com foco em casos e experiências como administrador de redes.

Na segunda parte do trabalho fazemos uma introdução conceitual sobre o método de representação gráfica de várias variáveis através do sistema de coordenadas paralelas e a correspondência empírica da representação gráfica de pontos e retas no plano cartesiano ( $R^2$ ) e no sistema de coordenadas paralelas ( $R^N$ ). Esses conceitos são unidos ao problema de gerência de desempenho de redes na terceira parte do trabalho, onde descrevemos um método original de análise de desempenho de redes IP utilizando coordenadas paralelas. Para isso utilizamos o protocolo de gerência SNMP como meio de obtenção das informações sobre a rede e seus dispositivos através de variáveis da MIB (*Management Information Base*). Com isso mostramos que através da análise de um subconjunto significativo das informações coletadas é possível caracterizar algum tipo de desempenho relacionado à uma estação de trabalho ou uma rede de computadores, permitindo a simplificação do problema de análise de desempenho.

### 1.1.1.1 Caracterização do problema

Os maiores problemas enfrentados para a análise de desempenho de redes de computadores e sistemas computacionais integrados são relacionados ao grande número de variáveis associadas direta ou indiretamente ao desempenho desse sistema, ou rede, e a dinâmica da mudança destas informações. Se considerarmos uma única estação de trabalho ou um sistema computacional integrado, acreditamos que muitas variáveis associadas ao desempenho dessa estação ou sistema tem valores proporcionais ou têm um comportamento em função do tempo compatível com outra variável desse mesmo sistema. Analogamente, conjecturamos que em uma rede de computadores algumas variáveis de um elemento da rede são proporcionais, equivalentes ou tem um comportamento em função do tempo compatível com variáveis de outros elementos de rede. Dentro do escopo de nossa pesquisa, provamos de maneira inédita que essas conjecturas são verdadeiras e portanto é possível simplificar o problema de análise de desempenho de redes e sistemas computacionais.

Geralmente a análise de desempenho é feita por especialistas que, baseando-se em experiência pessoal e conhecimento específico do ambiente, escolhem arbitrariamente algumas variáveis isoladas para análise. Assim, o processo sistemático para a escolha de um subconjunto significativo de variáveis associadas a desempenho de estações, redes ou sistemas complexos é um problema em aberto. Em nosso trabalho desenvolvemos um método e um critério inéditos que permitem a escolha coerente de um conjunto de variáveis permitindo analisar o desempenho de redes e sistemas computacionais. Esse resultado passa por uma validação da informação coletada e a eliminação das informações redundantes similares e constantes inerentes ao sistema ou rede considerados.

Outro resultado inédito é a possibilidade de identificação de problemas, defeitos ou o bom funcionamento de uma estação ou rede de computadores através da visualização simultânea de um subconjunto de variáveis que pertencem a essa estação ou aos elementos que compõe uma rede de computadores. A obtenção desse resultado depende de um método de seleção de variáveis e associação visual das mesmas.

## 2. Redes IP

Nessa primeira parte do trabalho fazemos uma coletânea de experiências práticas com a intenção de desenvolver um texto prático, didático e interessante, que pudesse ser utilizado como base para um curso de redes abertas. A seguir vamos brevemente citar alguns pontos, porém sem profundidade, com a intenção de enumerar o que foi desenvolvido nesta parte de nosso trabalho.

### 2.1 Introdução ao TCP/IP

Na década de 60, o departamento de defesa dos Estados Unidos, através de suas agências de desenvolvimento e pesquisa, financiou o desenvolvimento de um conjunto de protocolos de interligação de computadores e redes de computadores, conhecido nos dias de hoje como TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*). Com isso, computadores com diferentes linguagens de máquina puderam conectar-se independentemente de suas características de hardware. Desde aquela época, a necessidade de interligar sistemas computacionais evoluiu de maneira rápida, permitindo a usuários de forma geral o acesso a diversas informações e recursos. O crescimento do número dessas interligações nas últimas décadas, em especial nos últimos anos, trouxe uma série de desafios à gerência destas interligações devido a fatores como o aumento explosivo de tráfego de pacotes nas redes e crescimento do número de usuários, serviços e estações servidoras.

### 2.2 Projeto e gerência de redes

A aparente simplicidade para a utilização dessa família de protocolos em uma arquitetura de redes pode trazer inúmeros problemas se o projeto não for concebido de forma adequada. Os problemas podem ir desde endereçamento duplicado ou incorreto até a impossibilidade de interconexão entre redes, passando por detalhes como o mal funcionamento de um serviço específico em uma determinada estação. Ao tentarmos corrigir esses problemas, a rede pode tornar-se instável, indisponível ou ineficiente sob os aspectos de operação e interligação. Dessa forma, a gerência de redes é essencial ao considerarmos a administração e distribuição de endereços IP (visando garantir a unicidade dos mesmos nas redes), a utilização e disposição de servidores (de arquivos, de impressão, de resolução de nomes,...), as técnicas de roteamento (estática ou dinâmica), a segurança de acesso à rede, a disponibilidade e a confiabilidade da rede, que são fatores que necessitam de planejamento adequado anterior à implantação.

Assim, gerência de redes é um fator primordial no desenvolvimento na arquitetura e projeto de uma rede de computadores. Dividimos essa disciplina em 6 áreas afins. Gerência de Negócio, Gerência de Operação, Gerência de Problema, Gerência de Mudança, Gerência de Configuração e Gerência de Desempenho. Essa última trata da monitoração, ajuste e desempenho de cada elemento que compõe o ambiente através da monitoração contínua do desempenho dos dispositivos que compõe o ambiente com a finalidade de planejamento da capacidade futura.

### 2.3 Modelo básico

A terminologia utilizada para a elaboração de redes TCP/IP é composta de siglas e termos específicos que geralmente indicam o serviço ou tipo de serviço utilizado. Adotamos um modelo simplificado para a caracterização dos serviços. Na figura a seguir está representada uma divisão em termos de funcionalidade para o protocolo TCP/IP. Em cada um dos níveis, ou camadas, são implementados um ou mais serviços. A comunicação dentro de uma estação é realizada sempre entre dois níveis adjacentes através de uma API (*Application Programming Interface*) específica do serviço ou protocolo.

Aplicação	SMTP, Telnet, FTP, Gopher, e-mail, HTTP
Transporte	TCP, UDP
Rede	IP, ICMP, ARP, RARP
Ligação	Hardware e Interface de rede

Fig. 1 - Modelo simplificado da arquitetura TCP/IP.

Ao pensarmos na elaboração de um projeto de arquitetura de redes, cuidados especiais devem ser tomados com relação as definições junto ao nível de rede. Ou seja na estruturação e definição do endereçamento IP e nas políticas de roteamento e envio de mensagens. Esses cuidados são essenciais pois é nesse nível que são estabelecidas as interligações lógicas entre os dispositivos. As conseqüências de erros nesse nível inviabilizam a comunicação ou criam problemas graves de desempenho e qualidade de serviço.

## 2.4 Endereçamento

O propósito de uma rede é prover conectividade entre computadores, estações e dispositivos interligados, dando aos usuários desses a possibilidade de se comunicar, trocar informações, obter serviços e compartilhar recursos. Ou seja, uma rede deve prover comunicação bilateral confiável onde cada elemento mantém um identificador único. Assim, em redes IP designa-se um endereço IP (*Internet address*) para cada elemento participante da rede identificando assim um *host*.

Os endereços IP são números de 32 bits compostos de duas partes. A primeira parte é chamada de *network number*, ou número da rede, servindo para identificar a rede e utilizado para o roteamento dos datagramas IP pela rede. A segunda parte, o *host number*, serve para identificar um computador ou estação de trabalho em um segmento de rede. A distribuição do *network number* e do *host number* entre estes 32 bits não é fixa nem igual. O tamanho de cada parte depende da classe de endereçamento e o esquema de máscaras utilizados na divisão em sub-redes IP. O endereço IP é normalmente dividido em quatro conjuntos de 8 bits cada, separados por pontos decimais. Um exemplo desta representação, conhecida como *dotted decimal notation*, é o endereço 131.67.4.223.

Uma rede, ou segmento de endereços IP pode ser dividido através do uso de máscaras. Com isso, dividimos um conjunto de endereços IP em dois ou mais conjuntos de endereços IP formando múltiplas sub-redes independentes, ou seja dividimos o *network number*. Se essa divisão for equitativa chamamos essas sub-redes de *balanceadas*, caso contrário de *não balanceadas*.

Através dessa divisão dos endereços IP em sub-redes, é possível elaborar um esquema de roteamento de mensagens implementado em uma tabela chamada *tabela de roteamento*. Nessa tabela estão associadas em cada linha informações para a determinação correta do caminho que uma mensagem deve seguir para atingir o seu destino. Essas informações incluem o endereço IP, a interface de comunicação, a máscara e outras informações. Por conseguinte a elaboração de mecanismos para a divisão correta de endereços IP em sub-redes é essencial. Em nosso trabalho apresentamos dois métodos simples que podem auxiliar um administrador de redes nessa tarefa.

## 2.5 Arquitetura e topologia para backbone

A arquitetura topológica utilizada para a elaboração de uma rede e as interligações entre sub-redes é um fator importante, ligado a características como desempenho, confiabilidade e segurança. A definição antecipada de políticas e critérios auxilia a administração do ambiente como um todo. Nesse item, não pretendemos exaurir o assunto, pois seria impossível enumerar todas as possíveis topologias de interligação de sub-redes. Em nosso trabalho expusemos dois exemplos clássicos de interligação para a definição de um *backbone* para as sub-redes, a primeira arquitetura chamamos de *backbone colapsado no roteador* e a segunda de *backbone colapsado em rede*. A configuração de um sistema utilizando a arquitetura colapsada no roteador é geralmente mais simples nos roteadores periféricos e mais complexa no roteador principal e vice-versa na configuração colapsada em rede.

### 3. Roteamento

Roteamento de pacotes ou datagramas em redes é sem dúvida o assunto mais importante ligado à comunicação entre os elementos de uma rede IP. O correto planejamento e uso das técnicas de roteamento de pacotes entre redes é uma disciplina fundamental para a manutenção de bons níveis de desempenho nas redes e suas interligações. Em redes IP a estrutura responsável pelo envio de pacotes entre elementos da rede é um esquemas de roteamento baseado na existência de sistemas de roteamento independentes e interligados, chamados de *Sistemas Autônomos* (*Autonomous Systems*) que utilizam protocolos internos, IGP (*Internal Gateway Protocol*), e protocolos externos, EGP (*External Gateway Protocol*) e BGP (*Border Gateway Protocol*).

Existem basicamente duas formas de implementação de esquemas de roteamento, a primeira chamada de roteamento estático e a segunda chamada de roteamento dinâmico. Nessa segunda modalidade, temos principalmente o protocolo RIP (*Routing Interface Protocol*) e o OSPF (*Open Shortest Path First*). Ambos podem ser utilizados como IGP ou EGP em arquiteturas de redes.

Apesar da distinção feita com os protocolos de roteamento é muito comum a combinação de protocolos na elaboração de um sistema. Em nosso trabalho descrevemos três cenários com composição de protocolos. O primeiro cenário é de um *Backbone* OSPF com interligação RIP, com esse ambiente permitimos a interligação de grandes sistemas OSPF através de mecanismos de auto descoberta de rotas existentes no RIP. O segundo cenário chamamos de pontos de conexão, pois mostra arquitetura versátil e confiável para a implementação da interligação com provedores de acesso à Internet. O terceiro cenário elucidada e mostra como resolver um problema complexo em redes Internet, que é a elaboração de rotas alternativas na Internet.

### 4. Sistema de nomes

A utilização de nomes para representar os nós de uma rede IP serve para facilitar a identificação e localização dos mesmos, além de facilitar a associação de serviços específicos a um nó da rede. A associação de nomes a endereços IP é simples e pode ser entendido como uma tabela contendo uma lista de endereços IP dos nós da rede e os nomes associados a esses endereços e o processo de obtenção de um endereço IP a partir de um nome ou vice-versa é chamado de *name resolution* (resolução de nomes).

Existem duas formas de implementar um sistema de nomes em uma rede IP, a *hierárquica* e a *não hierárquica*. A forma não hierárquica é chamada de *Flat Network* (rede plana), sendo baseado na existência de um arquivo chamado *host table* (tabela de elementos) em todos os elementos da rede. A forma hierárquica é chamada de *Domain Naming System* (sistema de nomes por domínio), sendo baseada na existência de um ou mais elementos que possuem a função de servidores de nomes (*Name Servers* ou DNS - *Domain Name Servers*).

### 5. Gerência de redes

A gerência de redes é um processo de controle, armazenamento e análise das informações existentes nos elementos gerenciáveis. Cada elemento de rede gerenciável é conhecido como um nó gerenciável e representa ou um elemento físico ou lógico. De maneira genérica o modelo de gerência é tipicamente 1:N onde um elemento gerência um conjunto de agentes na rede.

#### Princípio básico da Gerência de redes

“O impacto da adição das funções associadas à gerência de redes a nós gerenciáveis deve ser mínimo, refletindo impacto mínimo sobre a rede e todos seus elementos.”<sup>1</sup>

Consideremos uma rede contendo um conjunto de elementos, cada qual com uma função pré-definida. Temos pelo princípio básico de gerência, que a adição de um agente, de gerência de rede, a um elemento de rede deve causar o mínimo de impacto no desempenho das funções normais desse elemento. Ainda pelo mesmo princípio temos que a interação entre um conjunto desses agentes e a aplicação de gerência dessa rede, devem causar impacto mínimo sobre a operação e desempenho normais da rede.

---

<sup>1</sup>Essa é uma tradução livre do princípio, extraído de [Ro95].

Apesar da função de gerência ser desejável em quase todos os elementos da rede, o papel de um elemento de rede não é ser gerenciável, e portanto, a utilização de recursos por esse agente deve ser mínima, não alterando o desempenho normal do elemento. Por outro lado a aplicação de gerência de rede realiza uma função que utiliza grande quantidade de recursos da estação onde se encontra instalada. Dessa forma, a utilização de uma estação com a função de gerência da rede é desejável, pois garante que a adição dessa aplicação de gerência não altere o desempenho da função dessa estação, que é gerenciar a rede.

No âmbito de redes que utilizam o protocolo TCP/IP a gerência de redes pode ser feita utilizando-se o protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Esse protocolo, pertencente à família de protocolos que compõe o TCP/IP, é baseado em três especificações que definem a estrutura da informação gerenciada, a estrutura de armazenamento das informações e o protocolo de intercâmbio de mensagens de gerência. O modelo de arquitetura para gerência de redes proposto em [Ca93a] se baseia existência de um elemento de rede designado como *gerente*, um ou mais elementos de rede designados como *agentes* e um protocolo definido para a troca de informações entre gerentes e agentes. O protocolo de troca de informações utiliza o modelo de pedido, resposta e *traps* (eventos).



Fig. 2 - Modelo agente, gerente implementado no protocolo SNMP.

O agente é um processo executado em um elemento de rede, que obtém informações desse elemento armazenando-as em uma base de informações própria, chamada MIB (*Management Information Base*). A aplicação gerente obtém as informações de vários agentes e as manipula de maneira distinta, de acordo com uma tarefa específica. Geralmente possui algum tipo de interface gráfica que possibilita a visualização das informações coletadas. O método utilizado pelo gerente para coletar as informações de gerência pode ser chamado de *passivo*, *ativo* ou *por eventos*.

As informações gerenciáveis, contidas na MIB e implementadas nesse modelo de gerência são descritas em ASN.1 (*Abstract Syntax Notation One*) como um conjunto de objetos gerenciáveis, sendo estruturadas de acordo com o modelo proposto no SMI (*Structure Management Information*) [Ro90] e agrupadas em módulos de uma MIB [Ro91]. Um objeto ativo, ou seja, instalado e operando em um processo agente, é chamado de *instância* desse objeto, devendo representar o estado em que o elemento gerenciado se encontra em um determinado instante.

## 6. Coordenadas Paralelas

### 6.1 Conceitos

"In the spirit of Descartes. Visualization provides insight through images."<sup>[In94a]</sup>

A representação visual de valores de variáveis pode trazer melhor compreensão ao comportamento de um sistema como um todo, pois a capacidade humana de associação e análise de informações é intensamente ampliada através da representação gráfica das variáveis desses sistemas. Tradicionalmente representamos sistemas com uma, duas ou três variáveis através de eixos lineares, sistemas cartesianos e diagramas tridimensionais. Por vezes até podemos ver abstrações que representam graficamente alguns problemas com quatro variáveis através de artifícios de desenho e projeção. Essa dificuldade de associação de sistemas com mais que três variáveis com alguma forma de representações gráfica ocorre pela própria característica tridimensional da natureza.

O objetivo do método de representação gráfica através *coordenadas paralelas*, proposto em [In94a], é simplificar o processo de visualização e análise de sistemas complexos envolvendo várias variáveis através de uma representação visual graficamente concisa. O método permite a visualização de espaços euclidianos N-dimensionais através de uma representação cartesiana bi-dimensional. A visualização desse conjunto de múltiplas dimensões em coordenadas paralelas é obtida através do mapeamento sistemático de subconjuntos do  $R^N$  em subconjuntos do  $R^2$ . O

principal resultado obtido é que qualquer linha no  $R^N$  pode ser representada, sem perda de informação, em coordenadas paralelas através de  $N-1$  pontos no plano.

### 6.2 Representação gráfica

O sistema de coordenadas paralelas é formado através de  $N$  eixos perpendiculares dispostos de maneira equidistante uns dos outros, e perpendiculares ao eixo horizontal  $x$  do sistema cartesiano  $xy$ . Esses eixos têm a mesma orientação positiva do eixo cartesiano  $y$ , sendo o primeiro eixo das coordenadas paralelas coincidente como eixo  $y$  do sistema cartesiano.

Nesse sistema, a representação de um ponto  $C$  pertencente a  $R^2$  com projeções nos eixos  $X_1, X_2$  iguais a  $C_1, C_2$  é feita através de suas projeções  $C'_1, C'_2$  nos eixos  $X'_1, X'_2$ , formando um segmento de reta  $c'$ , como pode ser visto em (a) e (b) na Fig. 3. Se considerarmos esse ponto  $C \in R^N$ , obtemos no diagrama de coordenadas paralelas uma poligonal, também na Fig. 3.

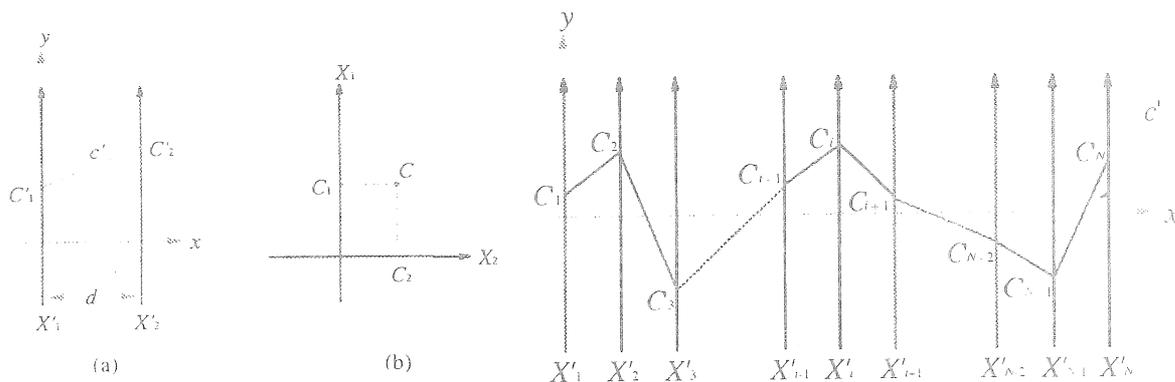


Fig. 3 - Representação de um ponto  $C$  através de  $c'$  em coordenadas paralelas em  $R^2$  (a), (b) e  $R^N$ .

Uma reta  $l$  no  $R^2$  é representada em coordenadas paralelas por um feixe de segmentos de reta como pode ser visto em (a) e (b) na Fig. 4. Esse mesmo segmento de reta  $l$  no  $R^N$  é representado em coordenadas paralelas através de um feixe de poligonais, Fig. 4.

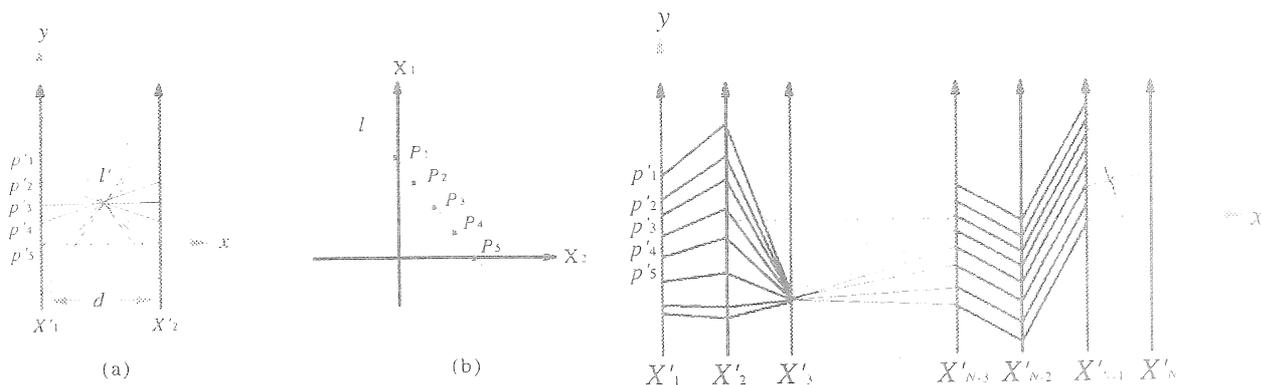


Fig. 4 - Representação de uma reta  $l$  através de  $p'$ , em coordenadas paralelas em  $R^2$  (a), (b) e  $R^N$ .

Na Fig. 4, a reta  $l$  é representada em coordenadas paralelas por um conjunto infinito de segmentos de reta  $p'$ , em  $R^2$ . Esses segmentos de reta se encontram em um mesmo ponto que designaremos por  $l'$ . Em nosso trabalho estaremos denominando  $l'$  de *ponto de convergência* (em [In94a], o ponto  $l'$  é denominado de *envelope* da família de poligonais). Esse ponto nos auxiliará no processo de visualização de alguns padrões gráficos geométricos cuja representação equivalente no sistema cartesiano é conhecida. Assim, cada ponto  $P_i$  de  $l$  é representado por uma poligonal  $p'_i$  correspondente no sistema de coordenadas paralelas.

Essa mesma reta no  $R^N$  possui vários pontos de convergência, nesse caso, poderão existir  $N-1$  pontos de convergência  $P_i$ , distintos, um para cada projeção da reta  $l$  nos planos formados através dos eixos adjacentes no sistema de coordenadas paralelas.

Fica claro que o ganho de visualização obtido no sistema de coordenadas paralelas somente é possível, e está diretamente associado, ao mapeamento sistemático do  $R^N$  em subconjuntos pertencentes a  $R^2$ . Também é fácil observar que a permutação dos eixos dimensionais forneceria, eventualmente, outros padrões gráficos, mais simples ou complexos de serem analisados. A prova da equivalência dessas permutações de eixos dimensionais encontra-se em [In94a].

### 6.3 Método de visualização e análise

O processo de análise através da visualização de elementos  $N$ -dimensionais pelo sistema de coordenadas paralelas é obtido através da possibilidade de percepção do comportamento de subconjuntos bi-dimensionais de variáveis. Dessa maneira, podemos simplificar de maneira visual um problema que envolve o relacionamento de  $N$  variáveis em vários pequenos problemas, o que é refletido nas permutações dos eixos do diagrama de coordenadas paralelas.

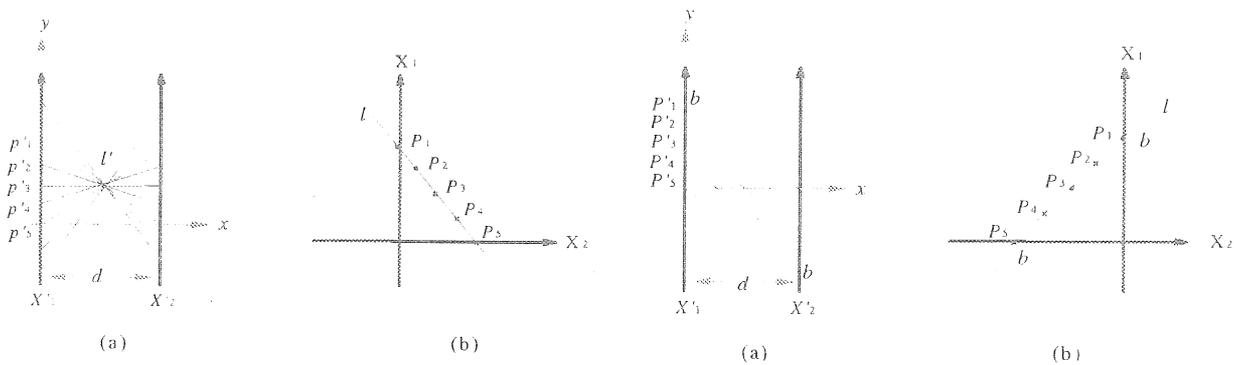


Fig. 5 - Padrões gráficos de inversão e paralelismo respectivamente.

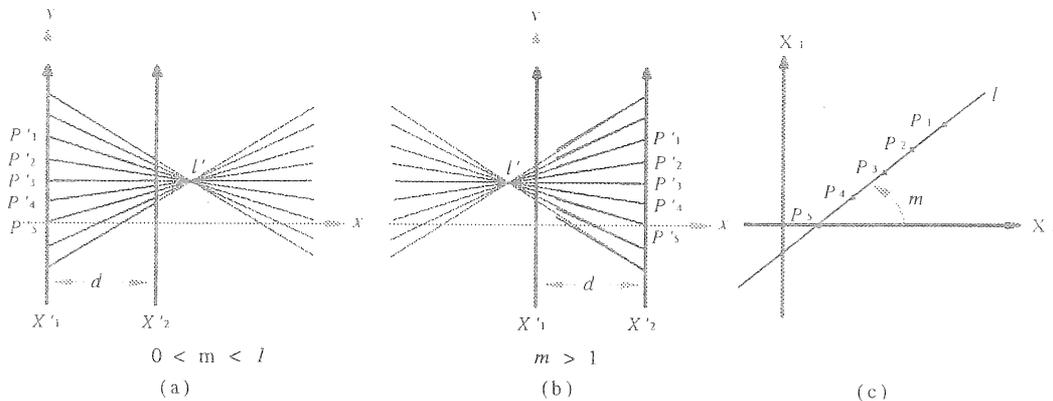


Fig. 6 - Padrão gráfico de convergência e divergência parciais.

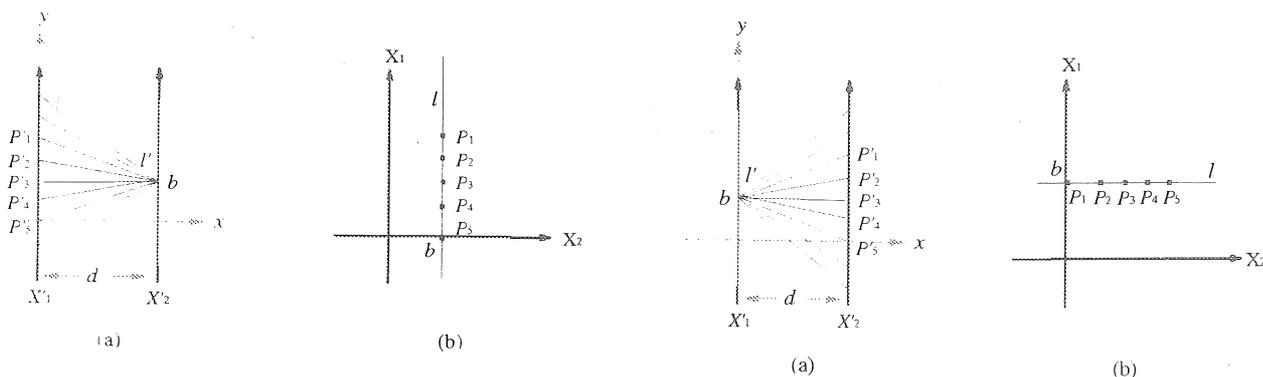


Fig. 7 - Padrões gráficos de convergência e divergência totais.

Não existe uma regra ou algoritmo para a definição da melhor disposição dos eixos no diagrama de coordenadas paralelas, porém a análise se torna mais fácil ao definirmos um conjunto de padrões gráficos de segmentos de retas que representem algum tipo de relacionamento geométrico entre o plano cartesiano e o sistema de coordenadas paralelas. Assim definimos os seguintes padrões gráficos para a disposição de feixes de segmentos de reta no diagrama de coordenadas paralelas e os denominamos de inversão, paralelismo, convergência e divergência totais e parciais.

Para a caracterização desses padrões, buscamos a existência e a posição do ponto de convergência  $l'$  em relação aos eixos do sistema de coordenadas paralelas  $X_1$  e  $X_2$  através do ângulo de inclinação  $m$  e da constante  $b$  da reta  $l$ . As definições exemplificadas encontram-se em grande detalhe em nosso trabalho.

Os padrões gráficos definidos acima nem chegam perto de exaurir as possibilidades que irão se apresentar em problemas reais de análise. Porém representam um conjunto de padrões regulares e facilmente identificáveis em um diagrama de coordenadas paralelas e portanto, podem indicar o comportamento linear do conjunto, ou parte desse, dos valores analisados das variáveis. Acreditamos que existam outros padrões gráficos regulares cuja representação no  $R^2$  e até no  $R^3$  possam contribuir para o processo de análise.

A análise que faremos será baseada, em parte, nos padrões gráficos definidos para o  $R^2$ , e em outra pela equivalência de grupos de variáveis, uma boa escolha da permutação dos eixos dimensionais no diagrama de coordenadas paralelas é muito importante. Apesar de não existir uma regra para a escolha dessa permutação, nem um algoritmo eficiente para o cálculo dessas permutações, é importante identificar itens que possam simplificar o diagrama de coordenadas paralelas, utilizando uma estratégia do tipo *divisão e conquista*.

Apesar das limitações, a análise através do diagrama de coordenadas paralelas permite-nos visualizar um grande número de variáveis e seu comportamento em relação a duas outras variáveis adjacentes. Essas relações simplificam a análise de um problema através da redução do número de variáveis ou da identificação da equivalência entre variáveis ou subconjuntos de valores de variáveis.

## 7. Análise de desempenho de redes usando Coordenadas Paralelas

O termo *desempenho de redes* traz diversos enfoques para um mesmo problema. Cada administrador de rede pode entender e medir o desempenho de uma rede e seus elementos de maneira distinta. Nosso enfoque será baseado na obtenção de um conjunto de informações, representadas por variáveis da MIB-II, que caracterizam o sistema ou elemento de rede. Utilizaremos o valor dessas variáveis de maneira absoluta, ou seja, o valor exato da variável em um determinado instante, e a variação obtida pela diferença do valor exato de uma variável entre dois instantes de tempo consecutivos. Denominaremos essa diferença dividida pelo intervalo de tempo de *fluxo*.

A utilização do sistema de coordenadas paralelas para a realização da análise de desempenho de redes de computadores é inédita, não figurando em qualquer item de nosso levantamento bibliográfico. Em nosso trabalho desenvolvemos um método visual, com o qual, um administrador de redes é capaz de identificar determinados fenômenos de rede, caracterizando melhor seu desempenho.

## 7.1 Introdução

O problema de medição do desempenho de redes é complexo se pensarmos simultaneamente em todos os aspectos envolvidos. Existem itens ligados ao desempenho dos protocolos de comunicação em um único elemento da rede e itens ligados à interação de um conjunto de elementos da rede. A caracterização do desempenho de uma rede passa pelo estudo de cada elemento da rede de forma individual e pelo estudo da interação desses elementos da rede formando um sistema.

Pensando na família de protocolos que compõe o TCP/IP, temos um conjunto extenso de protocolos a serem analisados, pois podemos caracterizar o desempenho junto a qualquer nível na pilha de protocolos. Como cada protocolo pode possuir uma MIB específica para que seja monitorado e controlado através de um agente SNMP, acabamos tendo um conjunto grande de variáveis capazes de caracterizar o desempenho de um elemento de rede, e um número maior de variáveis representando um sistema de rede.

Mostramos em nosso trabalho, que através de nosso método, é possível simplificar visualmente a análise e caracterização do desempenho de um elemento da rede ou um conjunto de elementos que compõe uma rede. Para isso, associaremos fenômenos de rede aos padrões gráficos definidos anteriormente junto ao diagrama de coordenadas paralelas.

## 7.2 Ambiente e premissas

Inicialmente descreveremos nosso método de análise e caracterização do desempenho de redes, seguido de um conjunto de pequenos procedimentos práticos para a consolidação de informações e associação com fenômenos de rede. Uma das características importantes, é o entendimento visual dos diagramas de coordenadas paralelas que permitem o relacionamento gráfico de várias variáveis simultaneamente. Dentro da descrição do método e das simulações e experimentos realizados, comentaremos sobre os aplicativos que desenvolvemos para a coleta, filtragem e análise das informações de gerência.

Não tivemos a pretensão de exaurir o assunto, pois além de vasto, possui muitas variações ligadas a cenários não considerados. Acreditamos porém, que nosso método é genérico pois não está ligado a nenhum conjunto específico de variáveis que utilizamos.

Em nossos experimentos utilizamos como base para estudos os protocolos IP, TCP e SNMPv1, além das variáveis da MIB-II. Os cenários experimentais e simulações foram controlados possibilitando a visualização dos fenômenos de rede e através dos padrões gráficos no diagrama de coordenadas paralelas. Apesar de controlados, os cenários experimentais são reais.

Para a realização dos experimentos e simulações, desenvolvemos um conjunto de ferramentas de software para a modelagem, simulação, coleta, filtragem e consolidação de informações dos agentes SNMP. Também utilizamos o software *Parallel Visual Explorer* para a visualização no modelo de coordenadas paralelas.

## 7.3 Método de análise

### 7.3.1 Descrição do método

O método consiste de cinco etapas. Na primeira, identificamos os objetivos de análise e descrevemos o cenário sob o qual será realizado o estudo. Na segunda, escolhemos as variáveis e grupos de variáveis que utilizaremos na obtenção de informações. Na terceira, realizamos a coleta periódica ou não das informações. Na quarta, realizamos um processo de seleção e transformação das informações obtidas na etapa anterior em tabelas. Na quinta e última etapa, elaboramos diagramas de coordenadas paralelas a partir das tabelas montada na etapa anterior.

Através dos diagramas de coordenadas paralelas, validamos as informações e efetuamos o estudo através da identificação dos padrões gráficos de inversão, paralelismo, convergência e divergência, relacionando-os a fenômenos ligados à redes. A seqüência de etapas é cíclica, ou seja pode-se retornar a qualquer uma delas para completar ou refinar o conjunto de informações. No trabalho, encontram-se descritos em detalhe todas as etapas, bem como os pontos-chave da metodologia de análise visual.

### 7.3.2 Estratégias e considerações para coleta e transformação das informações

A coleta de informações utilizando o protocolo SNMP é baseada no modelo agente/gerente e portanto os agentes SNMP devem ser ativados em todos os elementos de rede que serão monitorados, para que a aplicação gerente requisite periodicamente as informações desses agentes.

A partir das funções *get*, *get-next*, *set* pode-se implementar os processos ou mecanismos de coleta das informações da MIB de um elemento de rede de três maneiras distintas. A primeira estratégia de coleta é a tipicamente *gulosa*, onde são enviados periodicamente pedidos a todos os elementos da rede. A segunda estratégia é *direta*, nessa estratégia são enviados pedidos específicos a elementos da rede específicos, e a terceira forma é uma mistura das duas anteriores, utilizando a técnica de *divisão e conquista*, onde através de um processo de refinamento e seleção de variáveis, se obtém um conjunto significativo de variáveis para análise do ambiente.

### 7.3.3 O fluxo de informações na pilha de protocolos

Um dos maiores desafios à gerência de redes utilizando o protocolo SNMP é a definição de objetivos, dado o grande número de variáveis existentes na MIB-II, além de outros fatores. Assim definimos como *pilha de protocolos*, o conjunto de protocolos organizados em níveis consecutivos. Com isso orientamos nosso estudo fixando grupos de variáveis da MIB-II, associados à pilha de protocolos do TCP/IP. Relacionamos os valores dessas variáveis ao fluxo de mensagens que fluí entre os níveis dessa pilha de protocolos. Dessa maneira, podemos utilizar cada uma das variáveis como um contador de mensagens que indicam a quantidade de mensagens na entrada e saída de níveis consecutivos na pilha de protocolos.

Vamos definir *fluxo* na pilha de protocolos, como sendo a variação do número de mensagens em um dado intervalo de tempo. Assim, quando falamos de fluxo de uma variável, nos referimos a variação do valor dessa variável em um dado intervalo de tempo. A seguir é possível observar a sobreposição de alguns protocolos e o relacionamento de algumas de suas variáveis sob esses contextos.

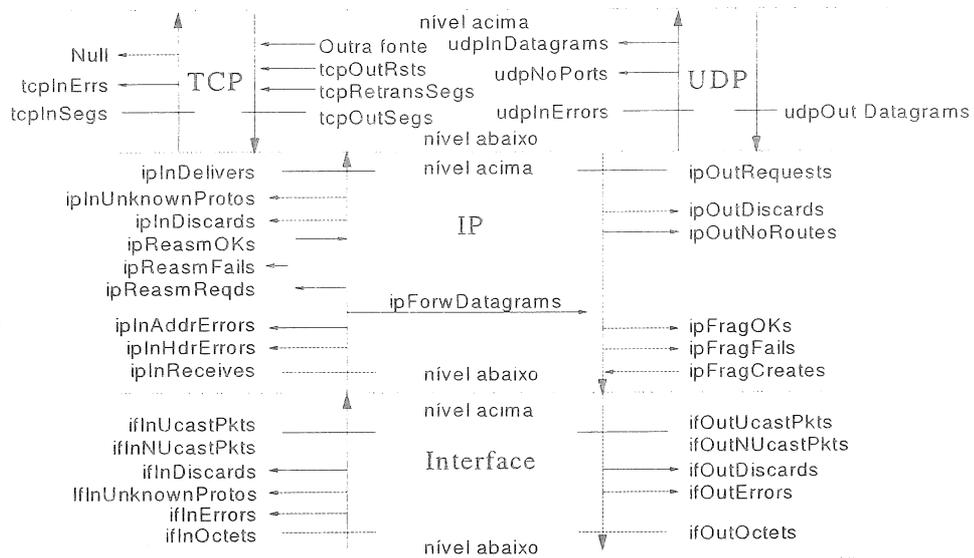


Fig. 8 - Digrama parcial da pilha de protocolos TCP/IP com algumas variáveis.

Cada variável é uma espécie de contador que pode indicar ou um valor de mensagens junto a um determinado ponto da linha de fluxo, como por exemplo as variáveis *ifInOctets*, *ifOutOctets*, *ipInReceives*, *ipInDelivers*, *tcpInSegs*, *tcpOutSegs*, que indicam o número de mensagens que passaram por aquele ponto da linha de fluxo. Ou podem indicar o aumento ou redução de mensagens em um determinado ponto da linha de fluxo, como as variáveis *ifInErrors*, *ipInDiscards*, *ipOutNoRoutes*, *udpNoPorts* que indicam mensagens removidas por motivo de erro.

Assim, pode-se utilizar qualquer das seguintes táticas para auxiliar na escolha e definição do conjunto de informações a monitorar: Monitorar o fluxo em um nível específico da pilha de protocolos de um elemento da rede,

verificando possíveis problemas associados à esse nível.; monitorar o fluxo em toda a pilha de protocolos de um elemento da rede, analisando o comportamento de envio e recepção de mensagens desde o nível físico até as aplicações; monitorar o fluxo de um ou mais protocolos da pilha em vários elementos da rede simultaneamente, permitindo verificar o comportamento de um nível de rede junto ao sistema de rede; e monitorar o fluxo de todos os níveis de protocolos em vários elementos da rede simultaneamente, permitindo a verificação do comportamento de todos os níveis da rede.

## 7.4 Experimentos e simulações

Para ilustrar a utilização de nosso método e mostrar a ocorrência de alguns fenômenos de redes através de coordenadas paralelas, elaboramos três simulações que possibilitarão a identificação de padrões gráficos relacionados a fenômenos de redes introduzidos junto às variáveis da MIB-II utilizadas. Em seguida documentamos dois exemplos reais de redes que monitoramos. Os resultados mostrados, também servem para comprovar nossas conjecturas sobre a proporcionalidade entre variáveis de um elemento e a proporcionalidade entre variáveis de vários elementos da rede. Nesse resumo apresentamos parcialmente uma das simulações e parte dos resultados obtidos em um dos experimentos.

### 7.4.1 Simulação 1

Nesta simulação mostramos como identificar os períodos de atividade e latência de uma rede IP. O diagrama topológico da rede é mostrado na figura a seguir, sendo composta por estações cliente e um único servidor, utilizando o protocolo IP.

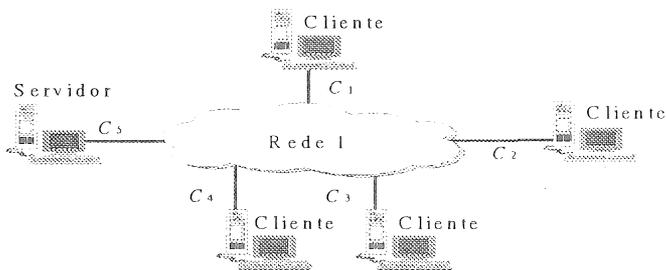


Fig. 9 - Cenário 1, rede contendo um único servidor.

Partindo da premissa que as interações nessa rede utilizam somente o protocolo IP e ocorrem na sua maioria entre as estações cliente e o servidor, e não entre estações. Estaremos monitorando todas as variáveis do grupo IP da pilha de protocolos do servidor, pois as variáveis desse grupo permitem que seja medido o tráfego existente entre o servidor e todas as estações simultaneamente, isto é, caracterizar o desempenho dos processos de comunicação na rede.

A partir dos valores absolutos montamos um diagrama de coordenadas paralelas contendo todas as variáveis coletadas, onde através de sucessivos refinamentos, obtivemos o gráfico da Fig. 12. Nessa figura, encontramos claramente o padrão gráfico do paralelismo ocorrendo entre os pares de variáveis *ipInReceives*, *ipInDelivers* e *ipOutRequests*, *ifOut*, que caracterizam o desempenho do nível IP na passagem de mensagens do nível inferior para os níveis superiores e vice versa e indicam a inexistência de erros entre entrada e saída desse nível na pilha de protocolos.

Considerando as variáveis *ipInReceives*, *ipInDelivers*, *ipOutRequests* e *ifOut*, é possível observar junto aos eixos verticais da Fig. 12, variações na distância entre poligonais consecutivas. Na parte inferior, superior e central as variações são menores que no restante do diagrama. Essas variações indicam diferenças de fluxo, caracterizando os períodos de atividade (maior a distância entre poligonais consecutivas) e latência (menor a distância entre poligonais) da rede. Isso também pode ser visto e comprovado visualmente no diagrama de fluxo da Fig. 13, onde temos representada a quantidade de mensagens em um intervalo de tempo. Nessa figura as poligonais com menor valor representam baixas taxas de envio e recepção de mensagens, ou seja períodos de latência da rede e as poligonais com altos valores indicam os períodos de atividade da rede.

O mapeamento no  $R^2$  contido na Fig. 10 mostra a distribuição horária dos períodos de atividade e latência da rede e a Fig. 11 comprova da ausência de erros na rede através da co-linearidade visível entre as variáveis de entrada e saída, (ipInReceives x ipInDelivers) e (ipOutRequests x ifOut) na pilha de protocolos.

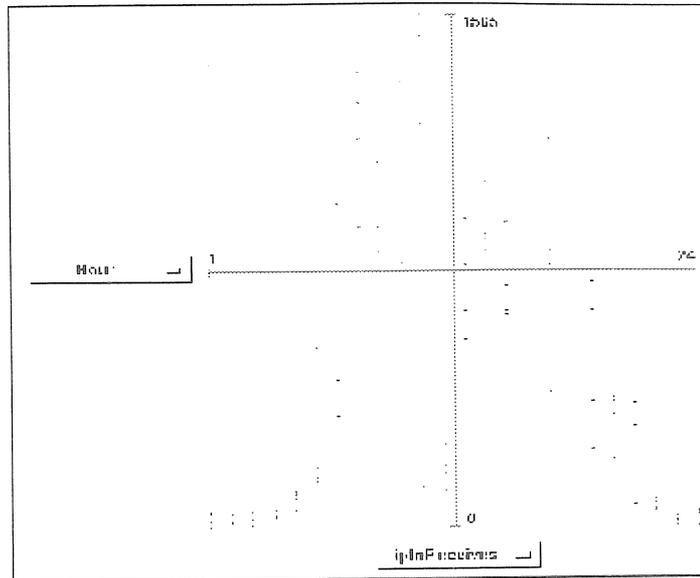


Fig. 10 - Mapeamento no  $R^2$  das variáveis Hora e ipInReceives.

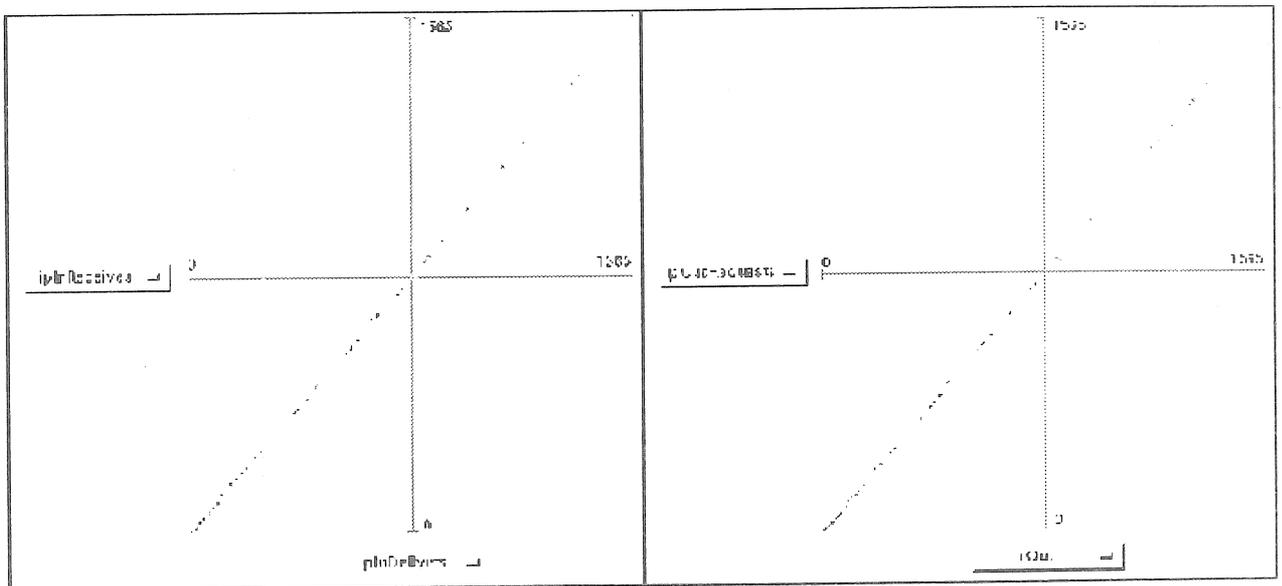


Fig. 11 - Mapeamento no  $R^2$  das variáveis ipInReceives x ipInDelivers e ipOutRequest x ifOut.

O estudo dessa simulação nos mostra como é possível identificar os períodos de atividade e latência de uma rede, estudando um nível da pilha de protocolos do elemento servidor da rede. Mostramos também que é possível identificar através do padrão gráfico de paralelismo das variáveis de entrada e saída do nível IP, a ausência de erros nesse nível da pilha de protocolos. Com isso, entendemos que a identificação, ou não, do padrão de paralelismo entre as variáveis de entrada e saída de um nível da pilha de protocolos, indica a ocorrência ou não de erros nesse nível.

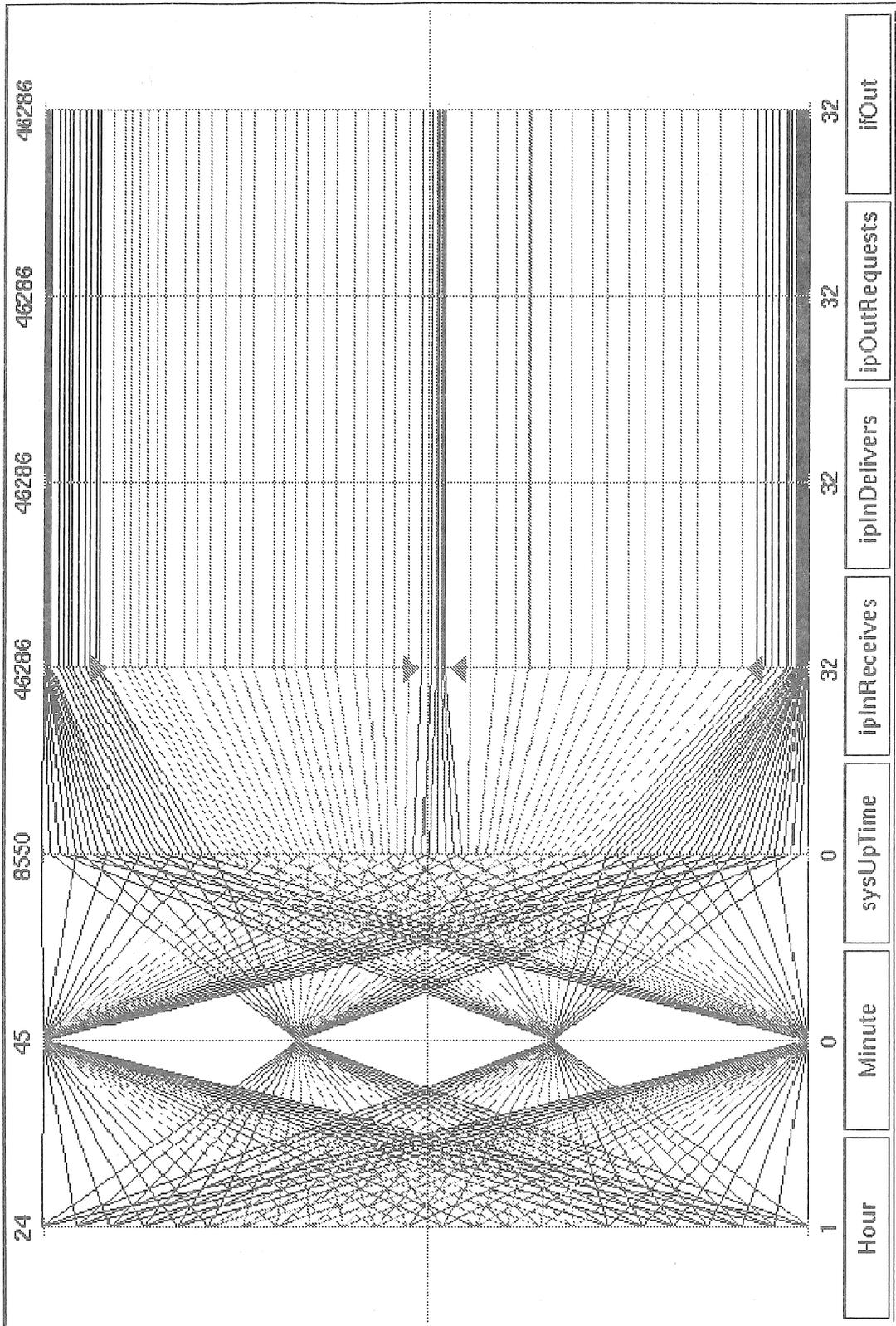


Fig. 12 - Diagrama de informações do grupo IP que variaram durante o período de coleta.

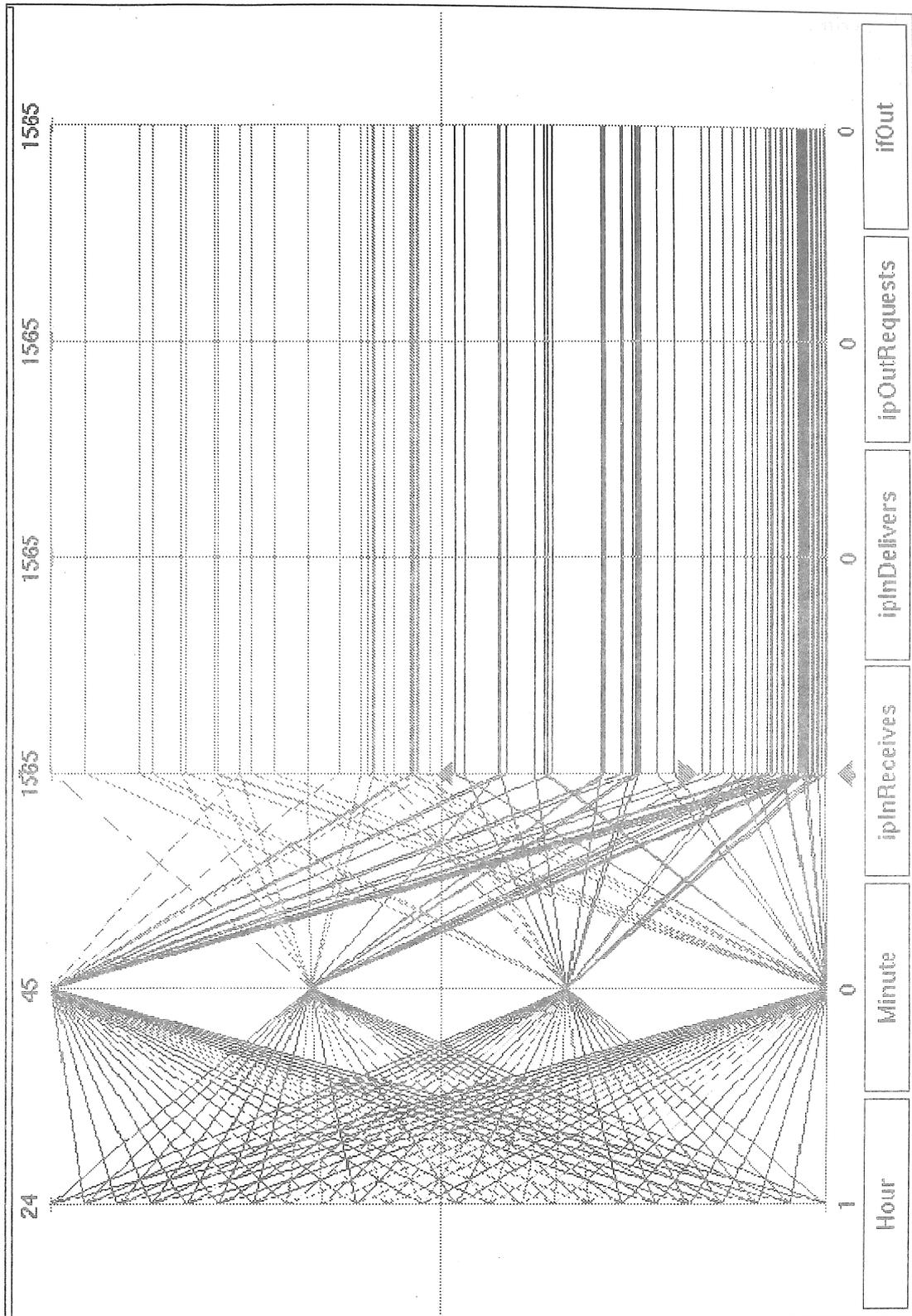


Fig. 13 - Diagrama considerando o fluxo das variáveis da Fig. 12.

#### 7.4.2 Experimento 1

A rede utilizada neste experimento é real e interliga uma série de estações através do protocolo IP, utilizando como meio físico uma rede *Token Ring*. A estação 1 acumula a função de servidor de nomes (DNS) da rede. Além disso, transformamos a estação 4 em um servidor de arquivos para as estações 1 e 2. Na mesma rede existem outras estações e um roteador de saída, indicado no esboço, que participam da rede, mas não serão considerados em nossa análise.

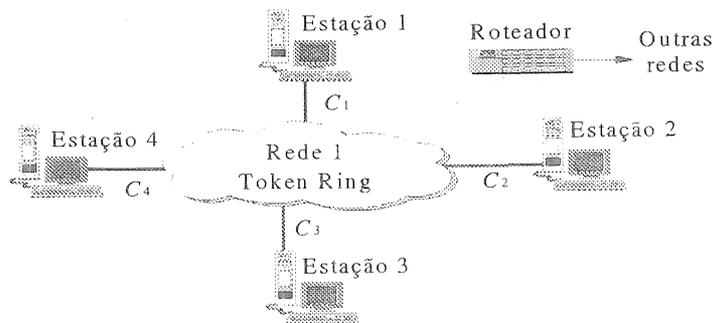


Fig. 14 - Cenário da rede do experimento 1.

Como estratégia de análise utilizamos o grupo TCP da pilha com a finalidade de identificação dos servidores. Uma vez localizados os servidores, utilizaremos a premissa de que a maior parte dos processos de comunicação ocorrem entre as estações e os servidores. Portanto, podemos utilizar as informações da pilha de protocolos dos servidores para caracterizar o desempenho dessa rede.

Após a elaboração dos diagramas de coordenadas paralelas e seu refinamento, obtivemos a Fig. 15, onde temos representado o fluxo de mensagens TCP em todas as interfaces. Nesse diagrama é fácil observar que o fluxo de mensagens da estação 3 na rede é muito baixo, da estação 2 é pequeno, da estação 1 é intermediário e o da estação 4 é o maior.

Observando a inclinação, positiva e negativa, do feixe de poligonais, no trecho entre entrada e saída de mensagens de cada estação, podemos ver que o fluxo de mensagens de entrada da estação 4 é menor que o de saída, mostrando que as aplicações que utilizam o TCP nessa estação enviam mais informações do que recebem. Esse é o comportamento típico esperado de estações servidoras de arquivos através de FTP. Por outro lado, as estações 1 e 2 recebem mais informações do que enviam, caracterizando o comportamento de estações clientes dos processos FTP que introduzimos. Como a estação 1 também é o servidor de nomes da rede, a inclinação negativa do feixe de poligonais entre suas variáveis de entrada e saída é menor que a inclinação negativa do feixe de poligonais entre as variáveis de entrada e saída da estação 2.

Através do mapeamento das variáveis de entrada e saída de cada estação nos diagramas cartesianos mostrados nos diagramas cartesianos, verificamos que a estação 4 possui alta co-linearidade dos pontos, indicando fluxo de pacotes quase constante entre entrada e saída, exatamente o comportamento esperado de uma estação servidora de arquivos de FTP. De maneira similar a estação 3 possui um tráfego muito baixo, próximo a zero e a estação 2 tráfego pequeno e quase constante. Já a estação 1 apresenta co-linearidade dos pontos, sendo que parte deles provém da introdução dos processos de FTP, e parte do serviço de nomes oferecido à rede.

Como segunda parte desse experimento analisamos o comportamento da estação 4, que funciona como servidor FTP dessa rede. Apesar da análise detalhada, vamos apenas colocar dois diagramas de coordenadas paralelas. O primeiro mostra a proporcionalidade e equivalência existente entre grande parte das variáveis mensuradas. O segundo mostra o comportamento da pilha de protocolos, no sentido de entrada e saída de mensagens, ou seja o paralelismo desejado entre entrada e saída indicando ausência de erros.

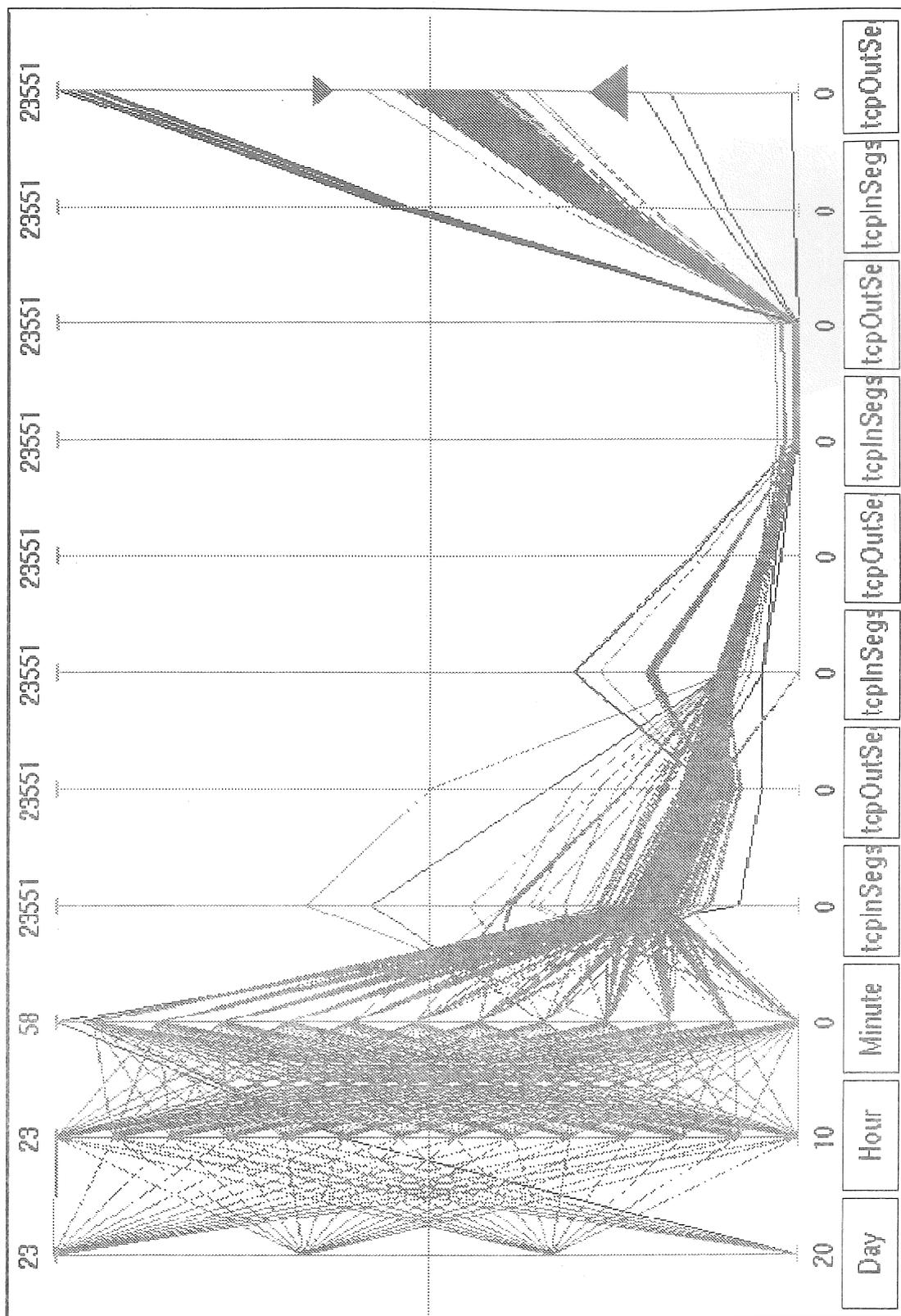


Fig. 15 - Diagrama das variáveis de entrada e saída do nível TCP com escalas equivalentes.

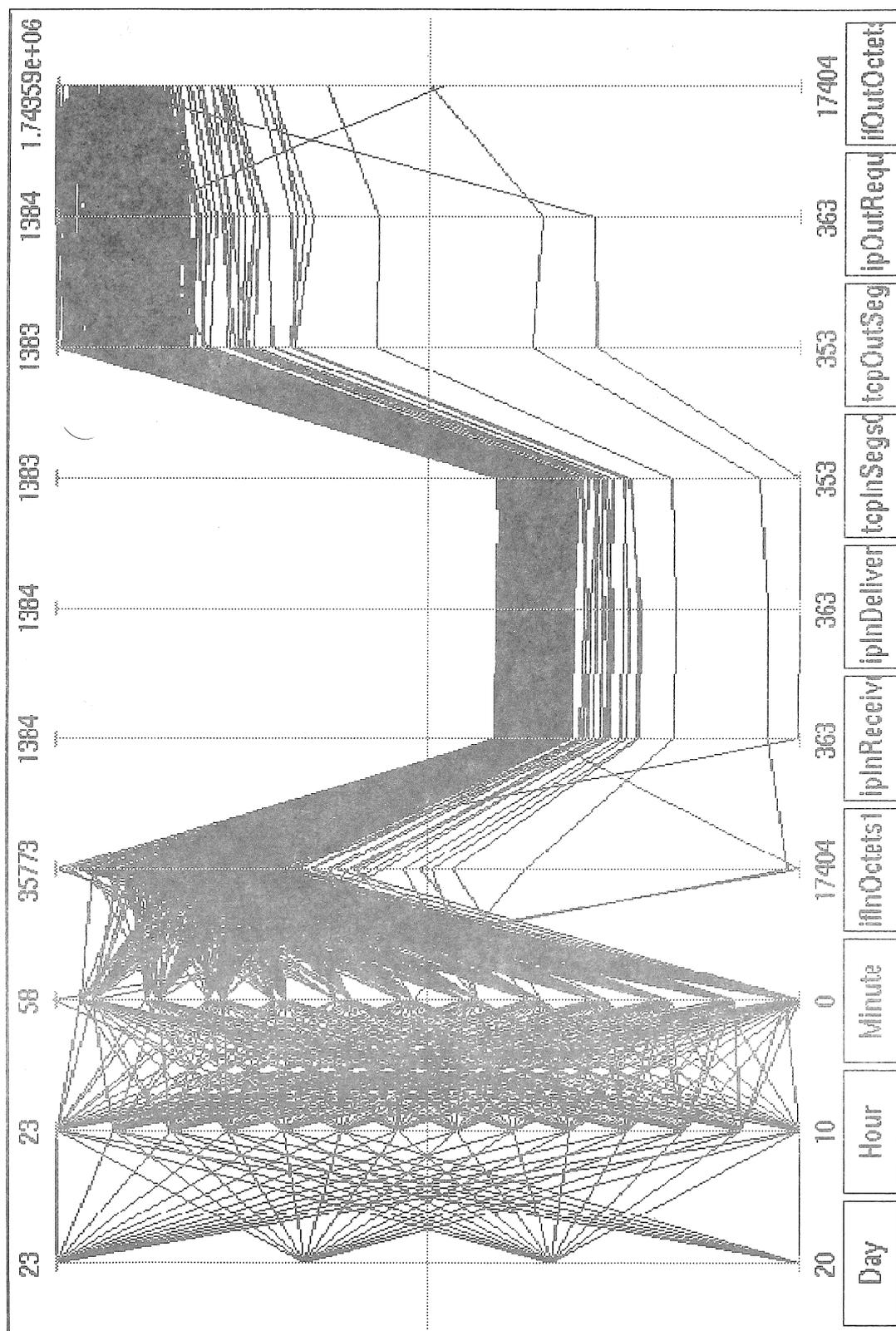


Fig. 16- Fluxo de mensagens de entrada e saída da pilha de protocolos da estação 4.

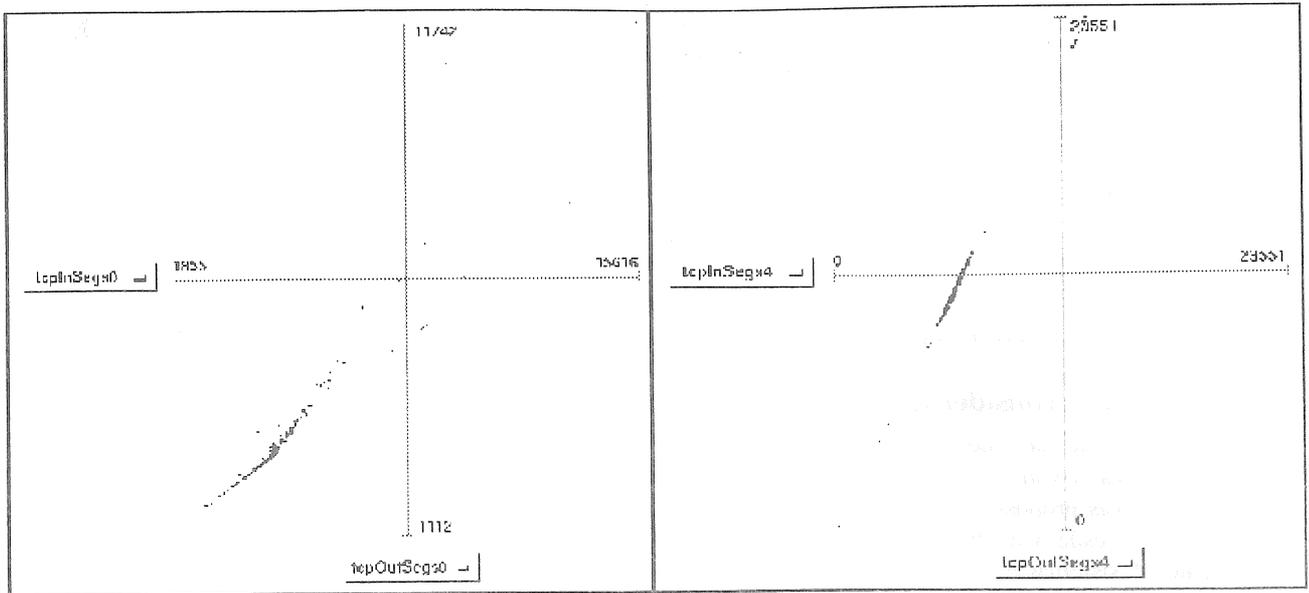


Fig. 17 - Diagrama cartesiano de tcpInSegs0 e tcpOutSegs0 das estações 1 e 4 respectivamente.

Na Fig. 16 utilizamos as informações de fluxo de mensagens no intervalo de tempo e dispusemos as variáveis de entrada e saída de cada nível da pilha de protocolos lado a lado e na ordem de subida e descida da pilha de protocolos. Ajustadas as escalas, podemos comprovar a baixa taxa de erros existente no fluxo de mensagens desde a entrada do octeto na estação, até a chegada do segmento TCP à aplicação e na saída do segmento da aplicação, até o envio dos octetos para a rede. Essa figura é interessante, pois mostra o processo de encapsulamento de octetos em frames IP e finalmente em segmentos TCP e o correspondente desencapsulamento.

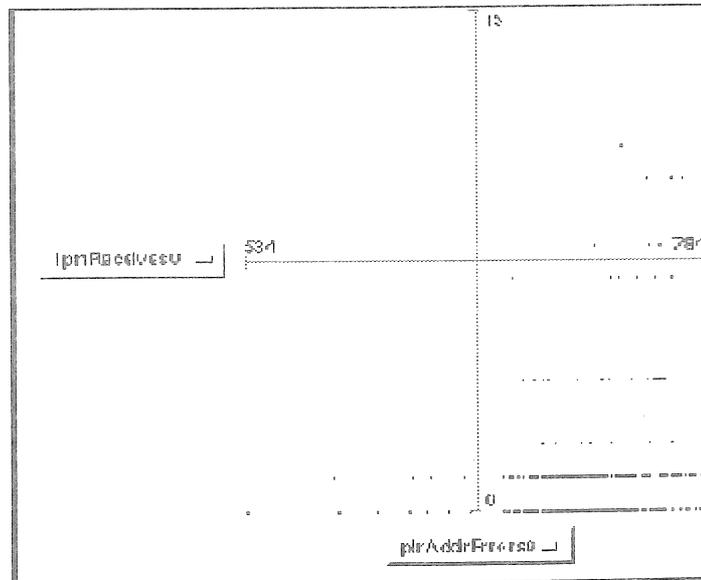


Fig. 18 - Diagrama cartesiano das variáveis ipInReceives × ipAddrErrors.

Verificamos como exemplo a passagem de mensagens pelo nível IP dessa estação e constatamos que as variáveis ipInDiscards, ipInHdrErrors e ipInUnkownProtos tinham valor igual a 0, indicando que não ocorreram erros desses tipos durante os 4 dias de nosso experimento. Porém a variável ipInAddrErrors indicava a existência de um número pequeno de erros de endereçamento, como mostrado através do diagrama cartesiano da Fig. 18. É possível

observar que a maior parte dos pontos está no quarto quadrante significando altos valores de fluxo de mensagens com baixas taxas de erros. Também é possível observar que a maior concentração de pontos indica 0, 1 e 3 erros em cada 600 ou mais pacotes IP recebidos.

Através desse experimento mostramos que é possível identificar alguns elementos de rede e através deles caracterizar o desempenho da mesma. Também foi possível identificar os servidores, os clientes e o seu nível de atividade na rede. Além disso, mostramos através do paralelismo indicado no diagrama de coordenadas paralelas, que nossa conjectura sobre a proporcionalidade de algumas variáveis em uma estação da rede é verdadeira.

## 8. Conclusões e considerações finais

Com o crescimento da rede Internet e da utilização do conjunto de protocolos genericamente conhecido como TCP/IP em redes privadas, tem tornado a gerência desses ambientes cada vez mais complexa. Nesse sentido, nosso trabalho teve dois propósitos. Em primeiro, elaborar um texto didático, contendo vários exemplos sobre redes IP, que abordasse desde a evolução da família de protocolos que compõem o TCP/IP, passando pelos conceitos de roteamento IP, sistemas de nomes e finalmente gerenciamento de redes utilizando SNMP.

A pesquisa bibliográfica realizada para a elaboração da primeira parte de nosso trabalho foi extensa, e voltada a utilização e entendimento de alguns padrões contidos em RFCs. Parte dos exemplos utilizados serve para introduzir conceitos básicos sobre as redes IP e parte traz situações complexas para redes IP, cuja resolução não trivial é fruto de nossa experiência com administrador e projetista de redes. Pretendemos utilizar esse texto como material de apoio didático em nossos cursos de rede para graduação.

O segundo propósito de nosso trabalho foi dotar o administrador de redes de uma forma para entender e caracterizar o desempenho de redes. Para isso, dividimos essa parte do trabalho em três itens. No primeiro, fizemos uma introdução ao mapeamento sistemático de um conjunto de padrões gráficos visíveis no sistema de coordenadas paralelas e sua correspondente representação no plano cartesiano. Nessa parte, direcionamos o entendimento dos diagramas de coordenadas paralelas através de três exemplos, citados em [In94a], [In94b] e [In95], com níveis de complexidade crescente. Achamos que isso era necessário, visto que o método de análise é visual e os diagramas de coordenadas paralelas apresentam, inicialmente, grande complexidade de entendimento.

No segundo item, desenvolvemos um método original, que utiliza algumas conjecturas sobre o comportamento de redes e seus elementos em relação os padrões gráficos, definidos anteriormente, visíveis no sistema de coordenadas paralelas. As conjecturas nos permitiram caracterizar o ambiente, identificar os períodos de atividade e latência da rede e os servidores de arquivos e comunicação.

No terceiro item, comprovamos a funcionalidade de nosso método através de simulações e experimentos reais. Para as simulações, desenvolvemos um modelo matemático que representa o comportamento de algumas variáveis da MIB-II. Usando esse modelo, realizamos três simulações de rede, inserindo em cada uma fatores ligados ao tráfego de pacotes IP, erros de endereçamento e de hardware. Aplicando nosso método, pudemos identificar visualmente alguns padrões gráficos no sistema de coordenadas paralelas de maneira que pudemos comprovar o relacionamento dos padrões gráficos com os fatores de tráfego de mensagens pacotes IP introduzidos.

Para o teste final de nosso método, elaboramos um conjunto de experimentos, dos quais documentamos parcialmente nesse trabalho os dois mais significativos. Realizamos esses experimentos em duas redes IP e pudemos comprovar a eficácia de nosso método na determinação de um conjunto de variáveis da MIB que permitem a caracterização do ambiente, descrição do cenário, identificação da atuação de cada elemento na rede e a caracterização individual de estações e servidores dessa rede.

Dentre os desafios que enfrentamos podemos citar a complexidade de entendimento e acompanhamento da padronização dos protocolos da Internet, a grande quantidade de informações existentes na MIB-II, as implementações distintas do protocolo SNMP nos vários agentes utilizados e especialmente a compreensão dos relacionamentos nos diagramas de coordenadas paralelas e seu significado associado às redes.

### 8.1.1 Confirmação de conjecturas

Em nossas simulações e experimentos, pudemos comprovar através do padrão gráfico de paralelismo, que muitas variáveis da MIB-II de uma estação tem valor em função do tempo proporcional o valor de outra variável da mesma estação. Também através do padrão gráfico do paralelismo, pudemos verificar que existem padrões e proporcionalidade entre variáveis de estações distintas de uma mesma rede de computadores. Além disso, pudemos comprovar, através dos padrões gráficos de convergência e divergência totais, que muitas variáveis mantêm valor constante ao longo do tempo.

Dessa forma, por entender que uma rede pode ser representada por um conjunto de variáveis significativas, pudemos simplificar a análise, e o diagrama de coordenadas paralelas, através da redução consistente de variáveis equivalentes às variáveis significativas da rede. Assim, através da visualização simultânea de todas as variáveis, no sistema de coordenadas paralelas, de erros, defeitos, falhas dos servidores da rede, pudemos comprovar o bom funcionamento das redes analisadas nos experimentos.

### 8.1.2 Trabalhos e pesquisas futuras

Existem áreas cujo desenvolvimento acreditamos poder contribuir para a melhoria do método de análise de redes e do sistema de coordenadas paralelas. Dentre elas, podemos citar a extensão do método para MIB's específicas e para os protocolos de gerência SNMPv2 e CMIP, além dos protocolos de rede IPX, Netbios e SNA. Também achamos que a identificação de outros padrões gráficos, mapeáveis no  $R^2$  ou no  $R^3$ , possam aumentar a percepção de outros fenômenos de rede.

No diagrama de coordenadas paralelas, a permutação dos eixos produz informações gráficas distintas que facilitam ou dificultam a visualização dos padrões gráficos. Acreditamos que a melhor forma de disposição dos eixos no diagrama de coordenadas paralelas está associada ao maior grau de paralelismo das poligonais entre eixos consecutivos, ou seja, o menor número de inversões, convergências e divergências. A confirmação dessa conjectura, além do desenvolvimento de um conjunto de algoritmos que auxiliem na identificação dos padrões gráficos e o desenvolvimento de um critério para a escolha de uma permutação adequada para os eixos do diagrama de coordenadas paralelas fazem parte de nossos trabalhos futuros.

## 9. Bibliografia resumida

- [Bo97] Borger, S., Setzer, V. W., "Introdução às rede IP, Sua Gerência e a Análise de Desempenho usando Coordenadas Paralelas", Instituto de Matemática e Estatística da USP, Agosto 1997.
- [Ca90a] Case, J., Fedor, M., Schoffstall, M., Davin, J., "The Simple Network Management Protocol", *Request for Comments 1157*, Maio 1990.
- [Cy91] Cypser, R. J., *Communications for Cooperating Systems. OSI, SNA, and TCP/IP*, Addison Wesley, Reading, MA, 1991.
- [In94a] Inselberg, A., Dimsdale, B., "Multidimensional Lines I - Representation", *SIAM Journal of Applied Mathematics*, Vol. 54, Nº 2, pp. 559-577, Abril 1994.
- [In94b] Inselberg, A., Dimsdale, B., "Multidimensional Lines II - Proximity and Applications", *SIAM Journal of Applied Mathematics*, Vol. 54, Nº 2, pp. 578-596, Abril 1994.
- [In95] Inselberg, A., *Parallel Visual Explorer for AIX, release 1.0, Users Guide*, IBM, T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, Janeiro, 1995.
- [Ro90] Rose, M. T., McCloghrie, K., "Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based Internets", *Request for Comments 1155*, Maio 1990.
- [Ro91] Rose, M. T., McCloghrie, K., "Concise MIB Definitions", *Request for Comments 1212*, Março 1991.
- [Ro94] Rose, M. T., *The Simple Book - An Introduction to Internet Management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994.
- [Ro95] Rose, M. T., McCloghrie, K., *How to Manage your Network Using SNMP - The Network Management Pacticum*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
- [Se95] Sethi, A. S., et ali, Editors, *Integrated Network Management IV - Proceedings of the fourth international symposium on integrated network management, 1995*, Chapman & Hall, London, 1995.