

Simulações ao Encaminhamento PNNI

Sílvia Farraposo[†], Edmundo Monteiro[‡]

silvia@estg.iplei.pt, edmundo@dei.uc.pt

Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra

Polo II, Pinhal de Marrocos, 3030 Coimbra

[†] Assistente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria

[‡] Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Resumo

Este artigo pretende evidenciar algumas das características do encaminhamento dinâmico PNNI que devem ser consideradas no momento da criação e durante o tempo de vida de uma rede ATM. Assim, após uma apresentação sucinta do encaminhamento PNNI são definidos os aspectos em avaliação, as simulações realizadas para o efeito e as principais conclusões daí advindas.

Pretende-se com os resultados obtidos definir uma base de apoio qualitativa e quantitativa para o estudo do encaminhamento dinâmico em redes ATM no âmbito do projecto RiaXo.

1. Introdução

Actualmente são cada vez mais frequentes as aplicações que pretendem de uma rede de comunicação mais do que um suporte físico e lógico para a troca de informação, exigindo também a constância de um conjunto de recursos. É neste contexto que se insere o PNNI [1], *Private Network-to-Network Interface*, um protocolo associado à tecnologia ATM que assegura a comutação entre dois nós da rede um conjunto de premissas definidas no momento do estabelecimento da ligação, e que através de uma estrutura informativa própria consegue criar uma rede de caminhos alternativos, tornando-se tolerante a falhas.

Apesar da especificação do PNNI, como protocolo dinâmico, datar do início de 1996 apenas num passado recente, final de 1998, surgiram as primeiras versões comerciais do protocolo com todas as funcionalidades implantadas. Este facto tem motivado vários projectos de estudo da tecnologia ATM a conterem um ponto para a avaliação do PNNI, como é o caso do projecto RiaXo [2], proposto pela Fundação para a Computação Científica Nacional em cooperação com a Portugal Telecom, e que constituiu o ponto de partida para o estudo apresentado neste artigo.

A funcionalidade do PNNI reparte-se por dois protocolos: o de sinalização e o de encaminhamento. O primeiro, derivado da especificação UNI [3], *User-Network Interface*, definida pelo ATM Forum, especifica um conjunto de mensagens necessárias ao

estabelecimento de conexões ponto-a-ponto e ponto-multiponto através da rede ATM. O segundo protocolo garante de uma forma inteligente a operacionalidade do encaminhamento na rede ATM, dispondo para o efeito de um conjunto de funcionalidades próprias[1]:

- a descoberta de nós vizinhos e do estado das ligações (através de *Hello Packets*);
- a convergência da informação residente em cada nó da topologia (através de *Database Summary Packets* (DBS) e de *PTSE Request Packets*);
- a distribuição de informação actualizada sobre a topologia da rede (através de *PNNI Topology State Elements* (PTSE), de *PNNI Topology State Packets* (PTSP) e de *Acknowledgement Packets*);

cuja coordenação permite a criação de uma estrutura de encaminhamento estável.

O resto do artigo está organizado da seguinte forma: a secção 2 descreve os aspectos do encaminhamento PNNI a avaliar com as simulações, a secção 3 apresenta a ferramenta de simulação utilizada, bem como as topologias definidas para a realização do estudo, a secção 4 expõe para cada um dos pontos citados em 2 os resultados das simulações, assim como uma análise dos comportamentos obtidos. Finalmente, a secção 5 apresenta as conclusões finais e referências a trabalhos futuros.

2. Aspectos do encaminhamento PNNI em avaliação

A estrutura do encaminhamento PNNI oferece uma variedade de pontos de avaliação, contudo devido a limitações práticas apenas alguns deles foram considerados para este trabalho: as estruturas física e informativa da rede e a ocorrência de falhas.

2.1 Estrutura da rede

Uma das características do encaminhamento PNNI é a possibilidade de se definir uma estrutura de rede adequada ao número de nós a interligar. A configuração mais simples, denominada de *Peer Group*, consiste na interligação dos nós ATM garantindo-se apenas que possuam o mesmo prefixo no seu endereço (os primeiros 13 bytes para um endereço de formato ICD AESA) [4]. Estruturas mais complexas podem ser obtidas através da interligação de *Peers Groups* e a subsequente criação de uma hierarquia de encaminhamento semelhante à apresentada na figura 1, que possui simultaneamente nós físicos e lógicos.

A realização de simulações neste contexto tem por objectivo a definição de um conjunto de critérios a aplicar no momento da estruturação física da rede, para que a informação de encaminhamento seja minimizada durante o seu tempo de vida.

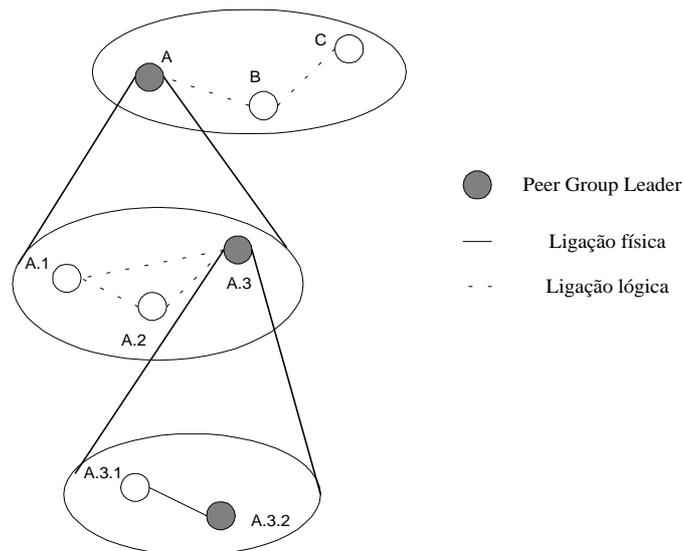


Figura 1: Estrutura hierárquica PNNI com um nível físico e dois níveis lógicos.

2.2 Estrutura informativa

O encaminhamento dinâmico PNNI dispõe de uma estrutura informativa composta por pacotes de informação trocados entre os nós da rede ATM, nos diversos instantes que compõem a sua existência, sendo possível distinguir três grupos distintos de informação, cada um responsável por uma tarefa bem definida na hierarquia PNNI.

O peso de cada tipo de informação no conjunto de dados PNNI trocados numa rede e a forma como alguns parâmetros configuráveis influem no fluxo de dados constitui um dos aspectos em avaliação.

Reconhecimento de nós vizinhos

Quando se ligam dois comutadores é iniciado um processo de reconhecimento entre ambos mediante a troca de pacotes *Hello*. Esta troca de informação continua durante o tempo de vida da ligação de modo a que ambos os nós tomem conhecimento do seu estado em cada momento.

A troca, em intervalos constantes (*HelloInterval*), de pacotes *Hello* também assegura que os nós da rede saibam escolher caminhos válidos para o encaminhamento da informação ATM.

Convergência da rede

Quando um nó reconhece a existência de um nó vizinho (e que resida no mesmo *Peer Group*), inicia com ele um processo de troca da sua base de dados, cujo objectivo é a uniformização da informação em todos os nós do *Peer Group*, permitindo assim que todos eles estejam em igualdade de posição no momento da definição de caminhos óptimos para o encaminhamento do tráfego. Este processo envolve a troca de pacotes DBS e de PTSE *Request Packets*.

Actualização da informação de encaminhamento

Findo o processo de convergência dos nós de uma rede, há a necessidade destes continuarem a trocar entre si informação de uma forma periódica, de modo a que na tomada de decisões os nós reflectam as características actuais da rede e que quaisquer alterações que ocorram na estrutura de encaminhamento não conduzam a situações de erro. A informação é trocada sob a forma de pacotes *PTSP* e *Acknowledgment*.

2.3 Ocorrência de falhas

A ocorrência de uma falha contribui para uma perda inevitável no desempenho da rede pois além disso implicar que um troço ou um nó está temporariamente inacessível, o protocolo de encaminhamento PNNI tem de dar início a um conjunto de procedimentos para a recuperação da falha, que se traduz num aumento do fluxo de informação de controlo.

A simulação de falhas permite a avaliação das mudanças que ocorrem nos volumes de informação, e assim poder-se averiguar de uma forma mais correcta o seu impacto na rede.

3. Simulações

A realização de simulações está condicionada pelas limitações da ferramenta utilizada e pelas topologias definidas para o efeito.

3.1 Descrição do simulador

O *ATM PNNI Routing Protocol Simulator*, APRoPS, desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* [5], foi o simulador utilizado na realização do estudo comportamental do encaminhamento dinâmico em redes ATM.

Esta ferramenta está vocacionada para a simulação de volumes de informação de encaminhamento PNNI em diferentes cenários, nomeadamente na presença de falhas. Algumas das suas limitações, que condicionaram a experimentação, são o facto de não permitir a criação de mais que um nível lógico, nem a ocorrência na mesma simulação de mais do que uma falha, nem a existência de falhas em ligações entre *Peers Groups*.

3.2 Cenários utilizados

Os ambientes de simulação definidos resultaram de um compromisso entre as capacidades do simulador e o que se pretendia avaliar. Assim, como o objectivo era observar e compreender a evolução do comportamento de uma rede ATM em diversas situações, de modo a que daí se pudessem retirar lições a aplicar à rede do projecto RiaXo, por forma a aumentar a sua eficiência, consideraram-se dois tipos de cenários distintos. Um cenário genérico que

permitisse abranger o maior número de situações possíveis por forma a que os pontos críticos do protocolo de encaminhamento fossem identificados, e um outro de acordo com a topologia definida para o projecto RiaXo, que permitisse em conjugação com a análise anterior, prever o comportamento prático da rede.

O cenário genérico é composto por doze topologias, com um número variável de nós (dois a doze), ligados sequencialmente, com um máximo de três ligações entre cada nó. Consoante os testes, os nós foram distribuídos por um ou mais *Peers Groups*. A tabela 1 apresenta um resumo das topologias utilizadas.

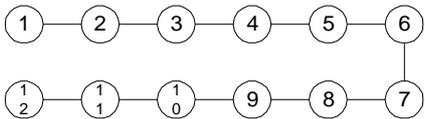
Descrição	Cenário
Dois nós ligados entre si. A distribuição dos nós por grupos é função da simulação.	
...	
Cenários com três a onze nós ligados sequencialmente.	
...	
Ligação de doze nós. A distribuição dos nós por grupos é função da simulação.	

Tabela 1: Descrição das configurações de rede utilizadas nas simulações.

O projecto RiaXo conta com um total de 12 instituições participantes distribuídas pelo território continental, cada uma com a sua rede ATM local com um ou mais comutadores. A proposta de interligação foi feita em função dos objectivos pretendidos com o projecto e da localização geográfica de cada LAN ATM. A figura 2 apresenta a estrutura de encaminhamento do projecto RiaXo [6].

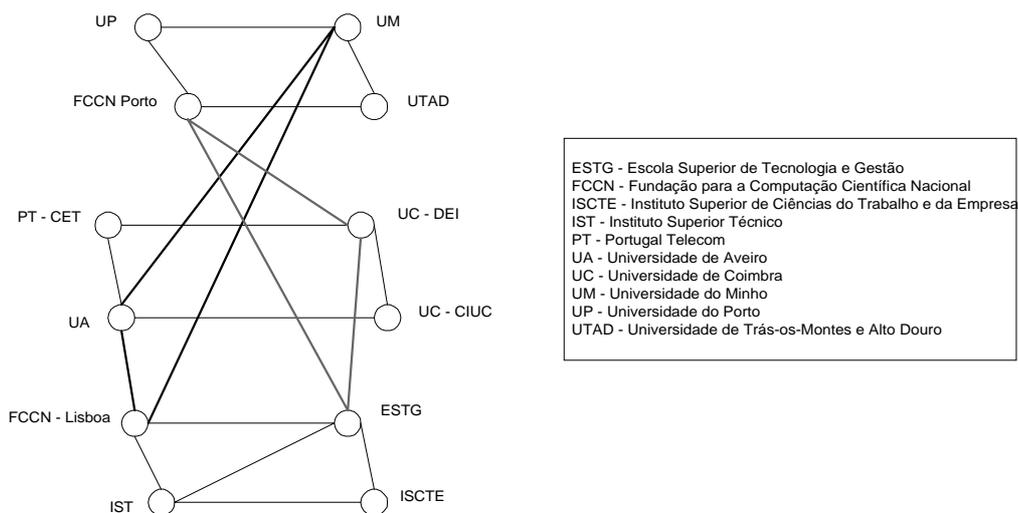


Figura 2: Topologia do projecto RiaXo.

4. Resultados das simulações

Os resultados apresentados nesta secção constituem uma amostra das simulações realizadas, e foram escolhidos por serem os que representam melhor o comportamento do encaminhamento PNNI.

Os valores recolhidos resultaram de simulações com uma duração de 2000 segundos, valor que foi escolhido em função do tempo de refrescamento dos PTSEs (1800 segundos), uma vez que um tempo de simulação inferior conduziria à não detecção de informação útil por parte do simulador.

4.1 Estrutura da rede

Os resultados expostos na figura 3 pretendem mostrar se existem benefícios com a partição dos nós disponíveis para uma rede em *Peers Groups*, no que diz respeito ao *overhead* informativo. Para o efeito foram consideradas três situações quanto à partição:

- a divisão dos nós em dois conjuntos distintos, sem qualquer configuração adicional;
- a divisão dos nós em dois *Peers Groups*, com a eleição de um *Peer Group Leader* (PGL) por cada grupo;
- a divisão dos nós em dois *Peers Groups* com a eleição de um PGL por cada grupo e criação de um nível de encaminhamento lógico.

A figura 3 mostra que a simples divisão dos nós em *Peers Groups* conduz a uma diminuição ténue da quantidade de informação PNNI trocada, que *per si* não justifica o processo de configuração que está subjacente à partição.

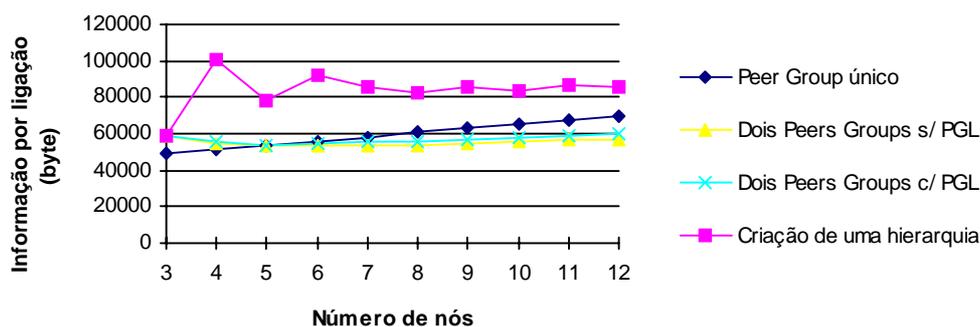


Figura 3 Variação da quantidade média de informação PNNI com a partição dos nós em dois *Peers Groups*.

A figura 4.2 mostra que a simples divisão dos nós em *Peers Groups* conduz a uma diminuição ténue da quantidade de informação PNNI trocada, que *per si* não justifica o processo de configuração que está subjacente à partição.

Em particular, no que se refere à criação de uma hierarquia de encaminhamento a figura 3 sugere que não se trata de uma configuração vantajosa quanto à quantidade de informação necessária à sua manutenção, o que é corroborado pelas empresas responsáveis pelo desenvolvimento de comutadores ATM [7][8], que estipulam o valor de 15 nós para a criação de uma estrutura hierárquica. Contudo, em muitos casos, a quantidade de nós não é o único parâmetro de decisão existindo outros factores que influem na estrutura da rede, como é o caso da distribuição geográfica dos nós e a finalidade da rede.

Simulações semelhantes, realizadas sobre uma estrutura idêntica à do projecto RiaXo e apresentadas na figura 4, vão de encontro às afirmações anteriores, pois é visível a constância do volume de informação trocado entre os nós de um *Peer Group*, com a distribuição dos nós.

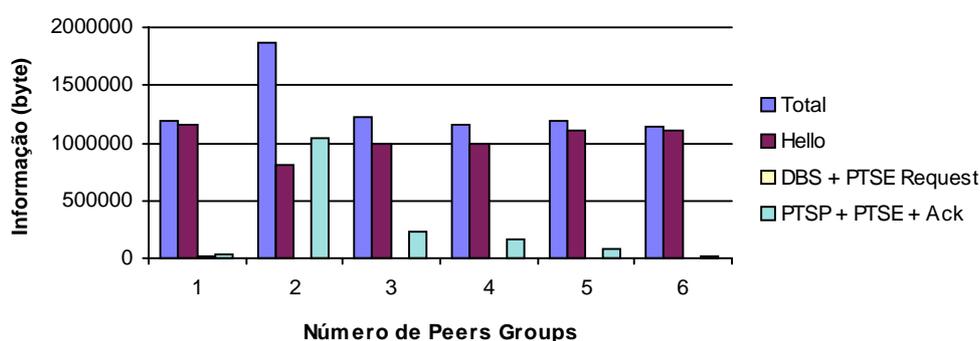


Figura 4: Variação da quantidade de informação de encaminhamento com o número de *Peers Groups* da rede.

Este comportamento sugere que a estrutura RiaXo possui um conjunto de características (nós e ligações) que poderão facilitar o estudo do encaminhamento em estruturas com dois ou mais níveis, sem que com isso a eficiência da WAN, que depende da quantidade de informação de encaminhamento, seja afectada. O pico que se verifica na estrutura de rede com dois *Peers Groups* pode dever-se ao modo como as ligações ficaram distribuídas: muitas em cada agrupamento e poucas para a comunicação inter-grupos. Este comportamento evidencia a importância do total de ligações numa rede e argumenta a favor de que a partição dos nós deve resultar da conjunção de vários factores, como a disposição física dos nós e a redundância necessária.

4.2 Estrutura informativa

Os pontos que se seguem mostram como é que os dados de encaminhamento são distribuídos no seio de toda a informação trocada entre nós e o impacto que eles podem ter no comportamento da rede. As simulações realizadas neste âmbito, por terem como objectivo o estudo comportamental do PNNI, apenas foram realizadas sobre as estruturas genéricas apresentadas na secção 3.2.

Reconhecimento de nós vizinhos

Durante o tempo de vida de uma ligação, os pacotes *Hello* são trocados entre nós adjacentes de uma forma periódica pelo que são responsáveis por um fluxo de tráfego contínuo. A figura 5 exprime a variação média da quantidade de pacotes *Hello* com o número de ligações existentes num *Peer Group*. Como linha de referência, o gráfico também apresenta a variação média da quantidade total de informação PNNI trocada no *Peer Group*. A sua observação permite avaliar que entre 60% a 85% da informação trocada entre os nós provém do protocolo *Hello*.

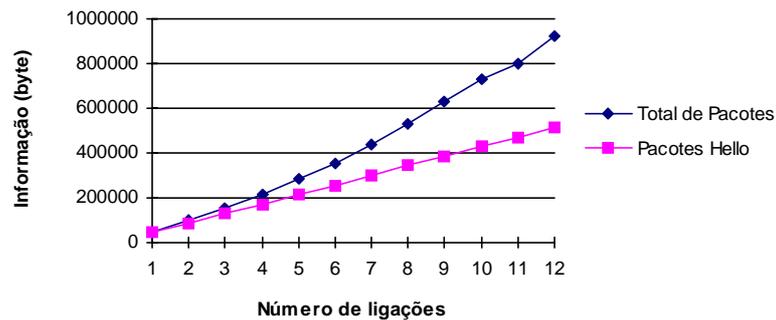


Figura 5: Variação da quantidade de informação *Hello* com o número de ligações.

Os valores expostos também sugerem que quando, se define a estrutura de uma rede, a quantidade de ligações entre os nós deve ser cuidadosamente ponderada, pois o seu número pode contribuir para uma degradação do desempenho. Se este facto pode não ter muito impacto numa rede local em que a largura de banda disponível é elevada, numa rede de área alargada o mesmo já não acontece, sendo necessário reduzir-se ao mínimo a largura de banda utilizada pela sinalização do protocolo.

Dada a importância que a informação *Hello* possui sobre o total de dados PNNI trocados numa rede ATM, o tempo de refrescamento que lhes está atribuído é um valor que deve ser definido com ponderação. A figura 6 apresenta a quantidade de informação *Hello* associada a diferentes tempos de *HelloInterval*.

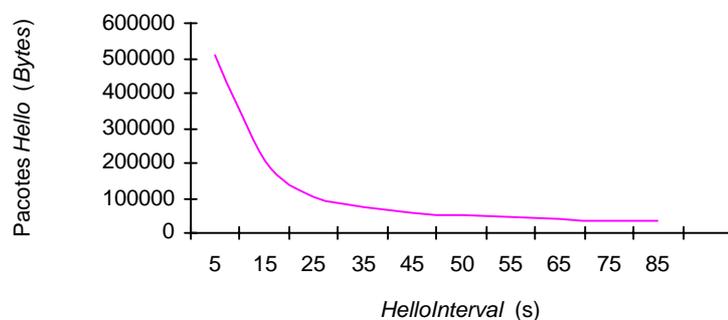


Figura 6: Variação da quantidade de informação *Hello* com o valor do *HelloInterval*.

A análise da figura 6 sugere um valor compreendido entre 15 e 20 segundos para

HelloInterval, o que está em concordância com o utilizado pelas várias implantações práticas do PNNI [7][8]. A escolha desta gama deve-se ao facto de, por um lado, um valor inferior (entre 0 e 15 segundos) produzir uma quantidade significativa de informação que é desnecessária se se assume que, quando uma rede está operacional as suas ligações são estáveis e a troca de *Hellos* em intervalos pequenos não introduz informação útil. Por outro lado, como a partir de valores superiores a 20s a quantidade de informação *Hello* começa a estabilizar a escolha do *HelloInterval* deve ser feita numa perspectiva de prevenção, ou seja, se ele for muito elevado algumas alterações na estrutura da rede poderão não ser notificadas atempadamente.

Convergência da rede

A figura 7 esboça o modo como a quantidade de informação necessária à convergência dos nós de uma rede ATM varia com o número de ligações da estrutura de encaminhamento, onde é possível verificar uma grande discrepância entre a quantidade média de informação transmitida por ligação e a quantidade média de informação associada ao processo de sincronização por ligação. A diferença exposta sugere o pouco impacto que este tipo de informação tem sobre o consumo de largura de banda disponível, face a outros elementos informativos do PNNI. Contudo, isto não significa que o processo de sincronização não seja de extrema importância, pois sem ele não seria possível o encaminhamento com base em recursos da rede, a mais valia do PNNI face a outros protocolos de encaminhamento em redes ATM.

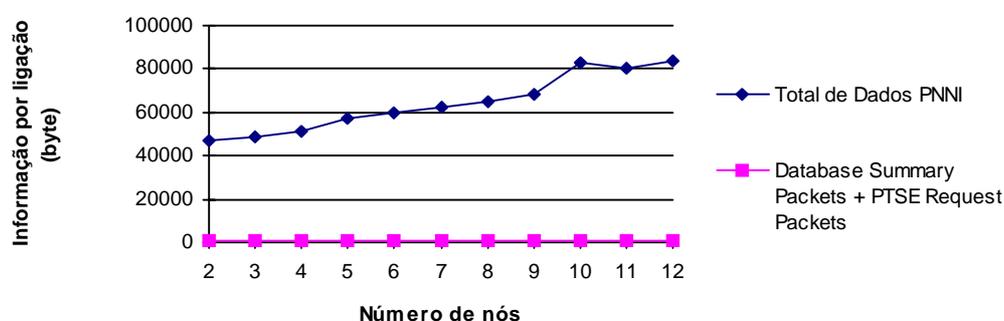


Figura 7: Relação entre a quantidade de informação por ligação, para a sincronização das bases de dados e o número de nós.

A constância da quantidade de informação DBS e PTSE *Request* fica a dever-se ao facto do processo de sincronização apenas ocorrer quando a rede está num processo de iniciação, o que acontece nos momentos de estabelecimento ou de recuperação da rede.

Actualização da informação de encaminhamento

A quantidade de informação trocada numa rede depende dos seus elementos constituintes e dos recursos que eles disponibilizam. Assim, os elementos informativos PTSE + PTSP + *Ack* por representarem a rede como um conjunto de recursos devem ser avaliados na perspectiva

dos nós e das ligações disponíveis na rede. As figuras 8 e 9 apresentam a relação entre o número de nós e de ligações, respectivamente e a variação da quantidade de informação descritiva da topologia da rede.

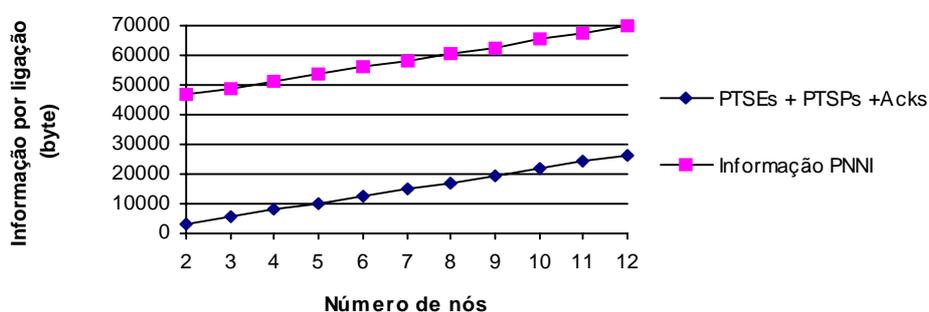


Figura 8: Variação da quantidade de PTSPs + PTSEs + Acks por ligação com o número de nós.

A observação da figura 8 mostra que a quantidade de informação PTSP + PTSE + Ack e a quantidade de informação total, por ligação, variam na mesma proporção com o acréscimo de nós na topologia.

Os valores recolhidos para a figura 9 referem-se a uma configuração com seis nós.

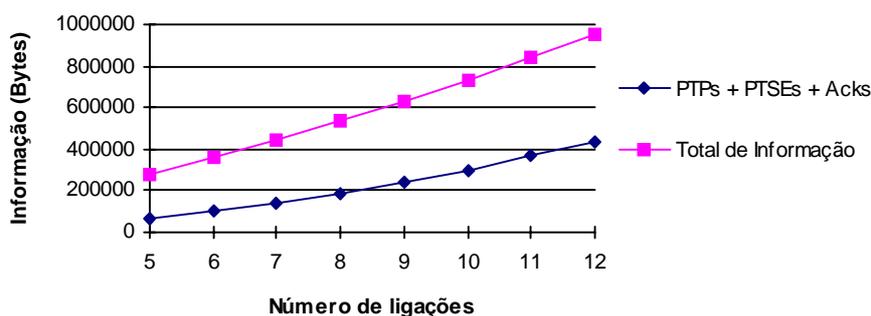


Figura 9: Variação da quantidade de informação PTSP + PTSE + Ack com o número de ligações da topologia.

A observação da figura 9 confirma que o acréscimo de ligações numa topologia conduz a um aumento da quantidade de informação, porém de uma forma distinta da apresentada na figura 8: o crescimento da quantidade de informação PTSP + PTSE + Ack não acompanha de uma forma linear o aumento da quantidade total de informação. Este comportamento sugere que a partir de um determinado número de ligações outro tipo de pacotes influenciam com maior impacto o total de informação trocado entre os nós (pacotes *Hello*).

4.3 Ocorrência de falhas

A ocorrência de uma falha num *Peer Group* contribui inevitavelmente para o decréscimo do desempenho da rede pois, além disso implicar que um troço ou um nó da rede fica temporariamente inacessível, o protocolo de encaminhamento PNNI tem de dar início a um

conjunto de procedimentos para a recuperação da falha, o que conduz a um aumento do fluxo de informação de controlo. Embora a prevenção de falhas esteja fora do âmbito deste estudo, é interessante avaliar-se o seu impacto, na quantidade de informação trocada entre os nós, em diferentes configurações de rede. A figura 10 apresenta o modo como a quantidade de informação entre nós é afectada com a ocorrência de um dos três tipos de falhas possível no simulador utilizado: numa ligação, física e lógica num nó. Para estas simulações considerou-se que as falhas ocorriam no instante 200 segundos e que cessavam no instante 1200 segundos.

A observação da figura 10 sugere que a ocorrência de uma falha, qualquer que seja a sua natureza, tem maior impacto na quantidade de informação quanto maior for o número de nós da rede. Tal facto fica a dever-se a que, uma rede maior necessita de mais informação de encaminhamento PNNI para manter a sua operacionalidade. A figura também mostra que quando a falha ocorre numa topologia simples (2 a 4 nós), os níveis de informação são bastante inferiores aos associados a uma ligação sem falhas. Esta ocorrência pode ser explicada com o facto de numa rede de pequena dimensão uma falha significar, normalmente, a inoperacionalidade da rede e deste modo durante o intervalo de tempo em que ocorre a falha não há troca de informação PNNI útil.

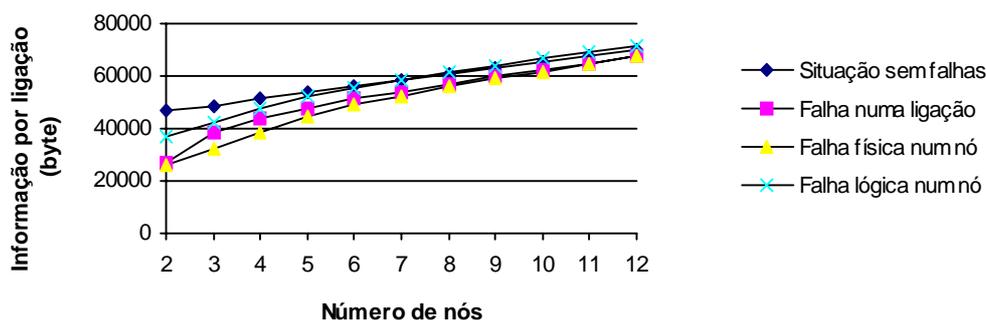


Figura 10: Variação da quantidade de informação por ligação na ocorrência de falhas.

Um estudo semelhante foi conduzido sobre a topologia do projecto RiaXo, no qual se propôs evidenciar os efeitos da ocorrência de uma falha em função da estruturação dos nós. Para a recolha dos valores, as simulações foram realizadas sobre uma estrutura particionada em um ou mais *Peers Groups*, com ou sem hierarquia, com a ocorrência de uma falha física num nó no instante 200 segundos e a sua recuperação no momento 1200 segundos.

A primeira análise foi sobre a ocorrência de falhas num nó quando este assume a função de PGL, colocando assim em causa a existência da hierarquia de encaminhamento. A figura 11 expõe o modo como a falha num PGL pode afectar a quantidade de informação trocada, e como pode ser ultrapassado pela consideração de vários nós candidatos a PGL, o que deve permitir manter as características de encaminhamento da rede. A observação do gráfico mostra que a existência de vários candidatos a PGL não contribui para uma melhoria significativa na quantidade de informação de encaminhamento trocada (aproximação do total

de informação trocado numa situação isenta de falhas), o que pode em parte ser explicado pelo processo de reeleição que ocorre após a falha e que é responsável pela troca de dados extra.

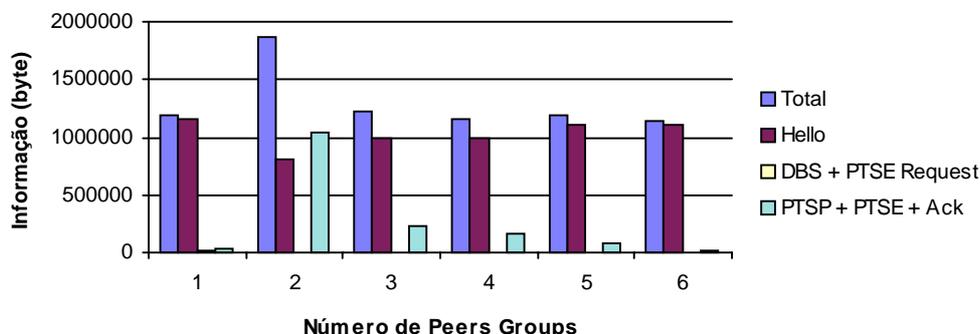


Figura 11: Comparação da quantidade de informação de encaminhamento na ocorrência de uma falha no PGL, quando este é único e quando existem vários candidatos.

Este conjunto de simulações corrobora a criação da hierarquia de encaminhamento no sentido em que na ocorrência de uma falha o seu efeito na quantidade de informação não é tão acentuado como no caso em que os nós são apenas divididos por vários grupos (maiores variações entre as colunas do gráfico).

A figura 12 pretende indagar sobre a importância do número de ligações associado ao PGL e de que modo esta característica pode influir na ocorrência de uma falha.

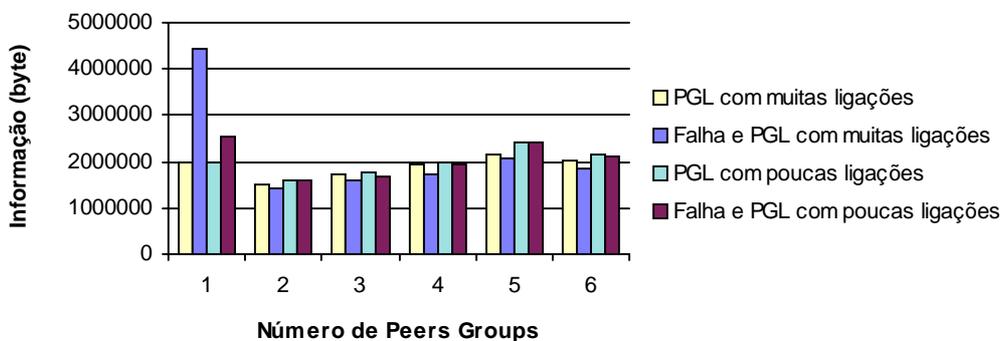


Figura 12: Efeito na informação de encaminhamento da quantidade de ligações no nó em falha, quando este é PGL.

O gráfico esboçado mostra que a falha num PGL com poucas ligações tem um menor impacto na quantidade de informação de encaminhamento trocada, aproximando-se dos valores para uma situação considerada normal, por oposição a um PGL com muitas ligações que é mais afectado pela ocorrência de uma falha.

5. Conclusões e trabalho futuro

Neste artigo apresentou-se o protocolo PNNI como um meio que as redes ATM possuem para

incrementar o seu desempenho. Também foram apresentados vários aspectos considerados importantes para o comportamento da rede e o modo como poderiam influir nela. Neste sentido descreveu-se um conjunto de cenários e uma ferramenta útil à sua avaliação que permitiram o traçado de gráficos dos quais se retiraram algumas conclusões. Assim, verificou-se que quando se está a esboçar uma rede ATM com encaminhamento dinâmico, a quantidade total de nós disponíveis deve ser um factor a ter em conta quanto à partição ou não dos nós em *Peers Groups* e à criação de uma hierarquia, embora existam outros parâmetros que possam influenciar como é o caso da distribuição geográfica dos nós (isto é, se estão associados a uma LAN ou a uma WAN). Assim, apesar do acréscimo informativo associado às hierarquias de encaminhamento estas são uma boa solução quando o número de nós é considerável e quando se pretende uma rede que minimize a ocorrência de falhas, caso em que deverão considerar-se pelo menos dois candidatos a PGL por cada agrupamento de nós. No que se refere aos PGLs e candidatos a líder, a sua escolha deve recair sobre os nós com maior abrangência, pois além destes estarem associados a menores quantidades de tráfego de encaminhamento, na ocorrência de falhas têm um comportamento bastante aceitável quando comparado com outros nós.

Também se verificou que de toda a informação trocada entre os nós, os pacotes *Hello* são responsáveis por maiores quantidades de tráfego em particular em redes de maior dimensão, pelo que a atribuição do *HelloInterval* deve ser feita de uma forma criteriosa. Finalmente, as simulações também permitiram verificar o quão importante pode ser a redundância numa rede ATM, pois na ocorrência de falhas em nós ou ligações críticas na estrutura da rede, esta pode ficar parcial ou totalmente inutilizada.

O próximo passo neste trabalho consiste em, com o que se apreendeu, definir e configurar uma rede para o projecto RiaXo que seja eficiente e que ofereça um bom suporte para a realização de experimentação ATM.

Referências

1. The ATM Forum Technical Committee, “Private Network–Network Interface Specification Version 1.0 (PNNI 1.0)” af–pnni–0055.000, March 1996.
2. Portugal Telecom, Fundação para a Computação Científica Nacional, “Descrição Técnica do Projecto Riixo”, Junho 1999.
3. The ATM Forum Technical Committee, “User–Network Interface Specification Version 3.1 (UNI 3.1)”, September 1994
4. The ATM Forum Technical Committee, “ATM Forum Addressing: User Guide version 1.0” af–ra–0105.000, January 1999.

5. Yunming Song, David Cypher, David Su, “The Nist ATM PNNI Routing Protocol Simulator (APRoPS) Operation and Programming Guide Version 1.0”, U.S. Department of Commerce, December 1998.
6. Benjamim Júnior. “Proposta da topologia para o RiaXo”. Universidade de Aveiro, 1999.
7. 3Com, “CoreBuilder™ 7000 Family ATM Switches User Guide”, 3Com Publications On Line, October 1998.
8. Fore Systems Documentation Library, “ATM Switch Network Configuration Manual manu0148-05”, Fore Systems Inc., August 1998.