

ARTIGO Nº 13

Fundamentos de NFV (Network Functions Virtualization)

Autor: Eng. Antonio José F. Enne

Fevereiro de 2020

Índice

1 - OBJETIVO

2 – INTRODUÇÃO

3 – ARQUITETURA NFV DE NÍVEL ALTO

3.1 – Bloco NFVI

3.2 – Bloco VNF

3.3 – Bloco MANO

4 – Arquitetura NFV (Architectural Framework)

4.1 – Blocos Funcionais

4.2 – Pontos de Referência

4.3 – Blocos não Abordados Anteriormente

4.3.1 – Bloco NFVI e Bloco VIM

4.3.2 – Bloco VNF/EMS e Bloco VNFM

4.3.3 – Bloco OSS/BSS, Bloco Service, VNF and Infrastructure Description

5 – BENEFÍCIOS ESPERADOS DE NFV

1 – OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar os fundamentos de Network Functions Virtualization (NFV).

NFV é uma concepção de implementação de funções de rede sob a forma de processos de software, em uma infraestrutura de rede virtualizada.

A padronização e a coordenação da implementação de NFV está sendo conduzida pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Com esse propósito, foi criado o ETSI ISG NFV (*ETSI Industry Specification Group NFV*), em 2012, por iniciativa de sete importantes operadores de rede.

Como em todos os demais textos que escrevo, o conteúdo não é original, e tem como base, ao máximo, os padrões emitidos por órgãos de padronização, tais como ITU-T, IEEE, IETF e ETSI. Em muitos casos, os padrões são também emitidos por fóruns e fundações, a exemplo do MEF e das OIF e ONF. Quando necessário e possível, busco apoio em textos disponíveis na Internet, embora o faça com o máximo de cuidado.

O objetivo do meu trabalho é consolidar, em Português, informações técnicas que se encontram dispersas em diversas fontes, em um texto único estruturado dentro de uma determinada lógica sequencial. Sempre que necessário, e dentro de minhas limitações, acrescento explicações pessoais para facilitar ao leitor o entendimento das informações.

2 – INTRODUÇÃO

As redes de telecomunicações na atualidade contêm uma variedade de dispositivos de hardware, com um ciclo de vida curto. O lançamento de novos serviços normalmente requer reconfigurações de rede e alterações físicas das instalações. Isso implica uma complexa logística, envolvendo remessa e descarte de dispositivos, necessidade de espaço e energia, além do treinamento de pessoal de manutenção.

A aceleração dos ciclos de inovação requer grande flexibilidade e elevado dinamismo, o que as instalações tradicionais baseadas em hardware não oferecem.

Para atender a essa nova realidade, surgiram novas tecnologias habilitadoras, com destaque para SDN e NFV.

Os resultados dos trabalhos do IETF ISG NFV para a definição e a padronização de NFV, são consolidados em períodos de dois anos, sob a forma de *NFV releases*. Assim, foram emitidos os seguintes *releases*:

- *NFV Release 2013-2014*;
- *NFV Release 2 (2015-2016)*;
- *NFV Release 3 (2017-2018)*.

O *NFV Release 4 (2019-2020)* encontra-se em fase de lançamento. A definição de *CloudNFV* é um dos tópicos considerados nos trabalhos em desenvolvimento para o *NFV Release 4*.

NFV representa uma área emergente de tecnologia que está impactando fortemente as telecomunicações. Essa tecnologia está alterando drasticamente o modo pelo qual as redes são desenhadas, implantadas e gerenciadas.

NFV desacopla funções de rede, como como *firewall* ou criptografia, por exemplo, de dispositivos de hardware dedicados, removendo-as para servidores virtuais. Dessa forma, múltiplas funções são colapsadas em um único servidor físico composto por múltiplos servidores virtuais, reduzindo custos e minimizando a possibilidade de falhas.

As funções de rede virtualizadas em NFV passam a denominar-se VNFs (*Virtualized Network Functions*). As plataformas NFV estão sendo projetadas para suportar qualquer uma das diversas VNFs oferecidas no mercado.

O modelo NFV acrescenta flexibilidade, possibilitando que os provedores de serviço implementem e expandam seus serviços por atualizações de software, sem a necessidade de alterações ou substituição de estruturas de hardware.

A Figura 1 ilustra a diferença básica entre a operação clássica de redes e a abordagem NFV.

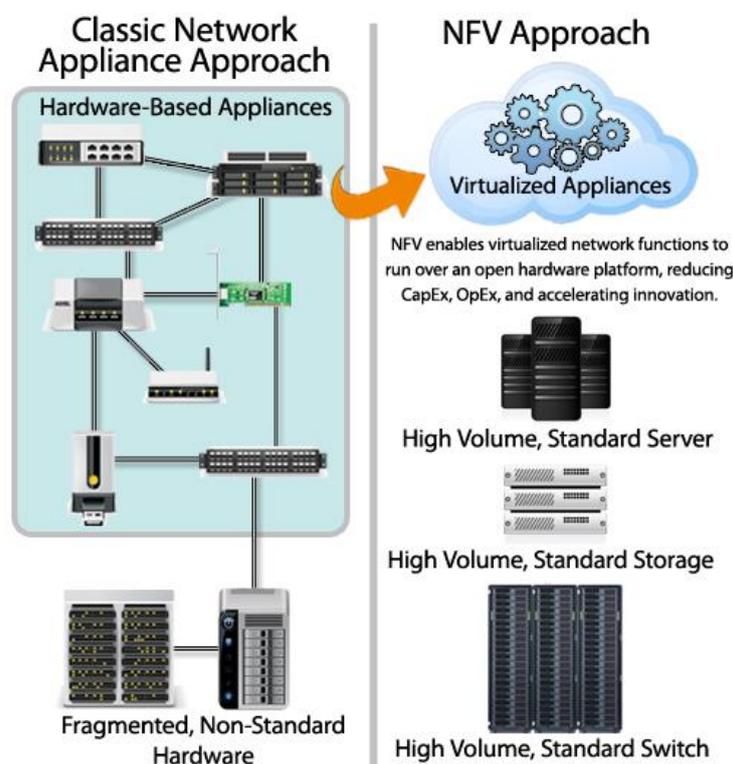


Figura 1 – Abordagem clássica e abordagem NFV em redes.

Se um usuário deseja acrescentar uma nova função de rede, basta ao provedor de serviço configurar uma nova VM para o desempenho dessa função.

Registramos que NFV não significa a virtualização de toda a rede, mas pretende apenas virtualizar funções de rede.

Embora as redes de dados concebidas no modo tradicional estejam em permanente evolução, com a frequente especificação de novas tecnologias mais rápidas e com melhor desempenho, elas não estão sendo capazes de acompanhar o dinamismo na evolução das demandas do mercado.

O surgimento de processamento na nuvem e a instalação de data centers de mega escala, exacerbados pelo grande crescimento da necessidade de *storage* e pela

demanda crescente de serviços causada pela IOT (Internet of Things), estão tornando inviáveis as alternativas clássicas de redes.

A necessidade de soluções de rede com virtualização por software tornou-se vital. Em artigo recente abordamos SDN de forma abrangente, enquanto no presente artigo estamos apresentando os fundamentos de NFV.

NFV expande o conceito de virtualização, que passa a englobar a virtualização de dispositivos de rede para suporte das funções virtualizadas.

Tornou-se possível o uso de hardware COTS (*commercial off-the-shelf*) como infraestrutura para NFV. Nos dispositivos de hardware que suportam NFV, a virtualização das funções de rede ocorre de forma desacoplada da virtualização do hardware de suporte (como veremos na arquitetura NFV, essas virtualizações ocorrem em blocos funcionais distintos).

Dentre os benefícios proporcionados por NFV, podem ser mencionados os seguintes:

- Agilização do processo de disponibilização de novos serviços;
- Redução de espaço físico para instalação de hardware;
- Redução do consumo de energia elétrica;
- Redução de CAPEX e de OPEX;
- Facilitação para *upgrades* na rede;
- Vida mais longa para as instalações;
- Simplificação da logística para alterações na rede.

3 – ARQUITETURA NFV DE ALTO NIVEL

A arquitetura NFV é descrita nos padrões ETSI GS NFV, atualizados nos sucessivos *releases* do ETSI ISG NFV, com a denominação *Network Functions Virtualization (NFV): Architectural Framework*.

A arquitetura NFV de nível alto é representada pelo conjunto estruturado dos três blocos funcionais (*building blocks*) de nível alto abaixo listados:

- Bloco *Network Functions Virtualization Infrastructure (NFVI)*;
- Bloco *Virtualized Network Functions (NFV)*;
- Bloco *Management and Orchestration (MANO)*.

A Figura 2 apresenta a arquitetura NFV de nível alto, onde são mostrados os três blocos de nível alto que a constituem.

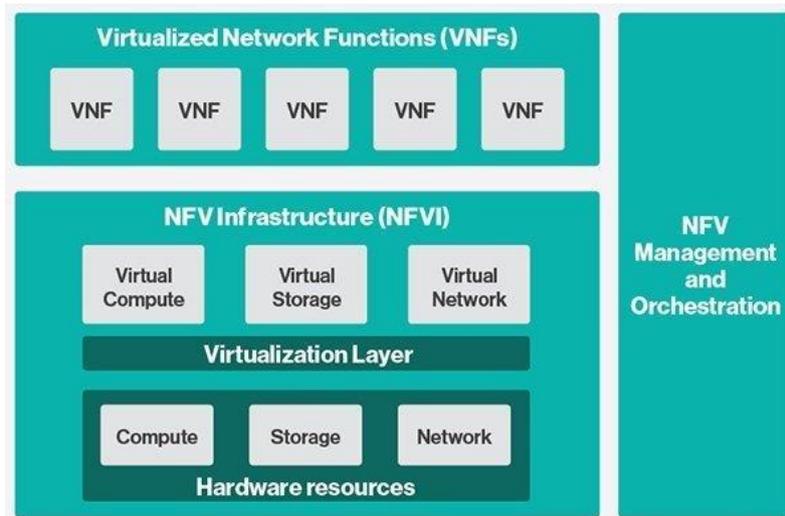


Figura 2 – Arquitetura NFV de nível alto.

Os blocos funcionais de nível alto são compostos por múltiplos blocos funcionais de nível baixo. O conjunto estruturado formado pelos blocos funcionais de nível alto, pelos blocos funcionais de nível baixo e pelos pontos de referência para interação e comunicação entre esses blocos funcionais, define a arquitetura NFV geral, também referida como *ETSI NFV framework*.

3.1 – Bloco NFVI

O bloco NFVI constitui a fundação da arquitetura NFV geral. Nesse bloco estão agrupados o hardware que hospeda as máquinas virtuais (VMs), o software utilizado na virtualização e os recursos virtualizados.

Virtualização de hardware oferece uma infraestrutura para o suporte de NFV, ou seja, a NFVI. NFVI pode utilizar hardware COTS como um conjunto de recursos e criar subconjuntos desses recursos para processamento, armazenamento e virtualização de hardware.

3.2 – Bloco VNF

O bloco VNF, composto por um conjunto de VNFs, utiliza as VMs oferecidas pela NFVI para o desempenho dessas VNFs, adicionando para isso o software necessário.

As VNFs podem ser criadas como entidades isoladas ou como agrupamentos de VNFs. Por outro lado, uma VNF pode ser composta por componentes internos múltiplos. Assim, por exemplo, uma VNF pode utilizar múltiplas VMs, onde cada VM hospeda um único componente da VNF.

Se o serviço de rede requer que VNFs processem os dados em uma sequência específica, então essa sequência deve ser formalmente definida. Essa sequência é referida como *VNF-Forwarding-Graph* (VNF-FG) ou como *service chaining*.

A comunicação entre funções de rede (NFs) não leva em conta o modo pelo qual essas funções foram implementadas, fisicamente ou virtualmente (como VNFs).

A Figura 3 exibe a comunicação entre três VNFs implementadas como VNFs (VNF# 1, VNF# 2 e VNF# 3). Essas VNFs desempenham, respectivamente, as funções *Firewall* (FW), *Network Address Translation* (NAT) e *Reliable Transaction Router* (RTR).

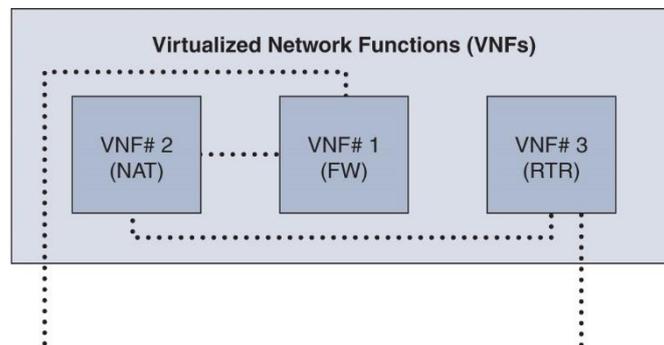


Figura 3 – Comunicação entre VNFs.

A comunicação mostrada nessa figura seria a mesma caso as funções utilizadas fossem desempenhadas em uma rede tradicional.

3.3 – Bloco MANO

O bloco MANO é definido como um bloco separado na arquitetura NFV, que interage tanto com o bloco NFVI quanto com o bloco VNF. Como veremos adiante neste artigo, o bloco MANO é responsável pelo gerenciamento de todos os recursos envolvidos na parte operacional da arquitetura NFV geral. Esse bloco cria e deleta recursos operacionais na rede e gerencia a alocação das VNFs.

Como o bloco MANO possui a plena visibilidade das entidades da rede e é responsável por gerenciá-las, ele tem pleno conhecimento da utilização, do estado operacional e dos dados estatísticos dessas entidades.

Como veremos adiante neste artigo, o bloco MANO, de nível alto, é composto pelos blocos NFVO (*NFV Orchestrator*), VNFM (*VNF Manager(s)*) e VIM (*Virtualized Infrastructure Manager(s)*).

4 - ARQUITETURA NFV (ARCHITECTURAL FRAMEWORK)

A arquitetura NFV (geral), referida pelo ETSI ISG NFV como *NFV architectural framework*, aprofunda-se na abordagem dos blocos funcionais de nível alto, definindo os blocos funcionais de nível baixo que os compõem, e as respectivas funcionalidades.

Q arquitetura NFV engloba também a definição dos pontos de referência para os blocos funcionais, pelos quais ocorre a interação, a comunicação e a operação entre esses blocos.

A Figura 4 exibe a arquitetura NFV, ou seja, o *NFV Architectural framework*.

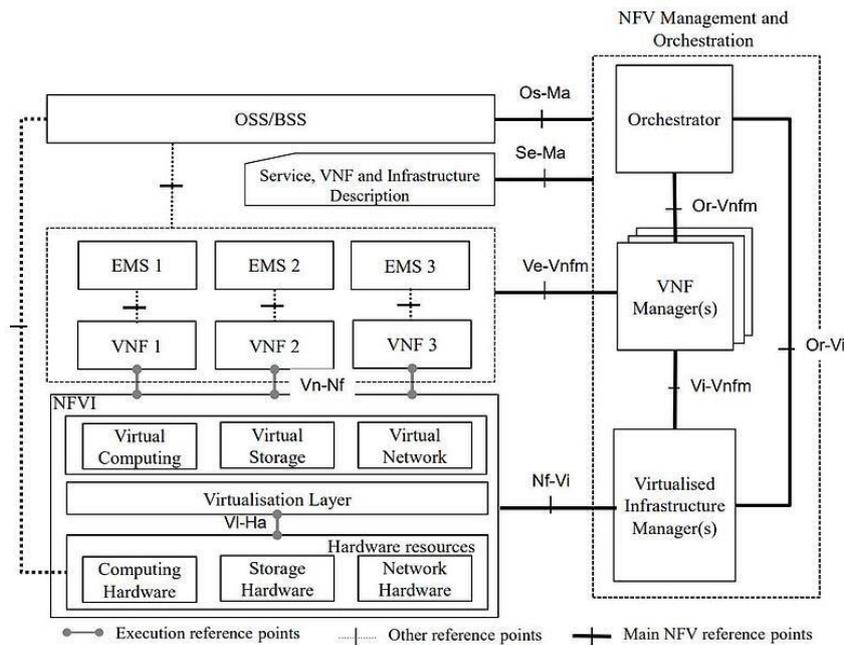


Figura 4 – Arquitetura NFV (Architectural Framework).

4.1 – Blocos Funcionais

Como se verifica na figura, a arquitetura NFV engloba os seguintes blocos funcionais:

- Bloco VNFI: *Hardware resources*;
- Bloco VNFI: *Virtualization Layer*;
- Bloco VNFI: *Virtualized resources (virtual computing, virtual storage, virtual network)*;
- Bloco VNF/EMS: *Virtualized Network Function (VNF)*;
- Bloco VNF/EMS: *Element Management System (EMS)*;
- Bloco MANO: *NFV Orchestrator (NFVO)*;
- Bloco MANO: *VNF Manager(s) – (VNFM)*;
- Bloco MANO: *Virtualized Infrastructure Manager(s) - (VIM)*;
- Bloco *Operations and Business Support Systems (OSS/BSS)*;
- Bloco *Service, VNF and Infrastructure Description*.

4.2 – Pontos de Referência

A arquitetura NFV contempla os seguintes pontos de referência:

- *Virtualization Layer – Hardware Resources (Vi-Ha)*;
- *VNF – VNFI (Vn-Nf)*;

- *Orchestrator* – VNFM (*Or-Vnfm*);
- VIM – VNFM (*Vi-Vnfm*);
- *Orchestrator* (NFVO) – VIM (*Or-Vi*);
- NFVI – VIM (*Nf-Vi*);
- OSS/BSS – MANO (*Os-Ma*);
- VNF/EMS – VNFM (*Ve-Vnfm*);
- *Service, VNF and Infrastructure Description* – MANO (*Se-Ma*).

4.3 – Blocos não Abordados Anteriormente

4.3.1 – Bloco NFVI e Bloco VIM

O Bloco de nível alto NFVI é composto pelos blocos *Virtual Compute/Virtual Storage/Virtual Network*, pelo bloco *Virtualization Layer* e pelo bloco *Hardware Resources (Computing Hardware/Storage Hardware/Network Hardware)*.

Como se observa, a arquitetura ETSI NFV divide os recursos de hardware em três categorias: computação, *storage* e rede. *Storage* pode ocorrer localmente ou pode ser distribuída em dispositivos tais como NAS (*Network Attached Storage*) ou dispositivos utilizando tecnologias SAN (*Storage Area Network*).

O hardware que suporta a virtualização não propositalmente construído para qualquer função de rede em particular, mas, pelo contrário, são dispositivos de hardware de uso genérico disponíveis no mercado (COTS). Os recursos de hardware podem abranger múltiplos dispositivos e localizações interconectadas, e não são obrigatoriamente confinados a um único servidor físico, a uma única localização ou a um único ponto de presença (POP).

A Camada de Virtualização (*Virtualization Layer*) é também parte da NFVI. Essa camada interage diretamente com o pool de dispositivos de hardware, tornando-os disponíveis para as VNFs como VMs.

As VMs oferecem às VNFs os recursos virtualizados de computação, de *storage* e de rede, como se eles fossem dispositivos físicos de hardware dedicados.

Em resumo, a Camada de Virtualização é encarregada do desacoplamento entre as VNFs e os recursos de hardware, agindo como uma interface entre essas duas áreas. O resultado desse interfaceamento é referido como “abstração de hardware”.

Para o gerenciamento específico da NFVI, a arquitetura NFV define o bloco funcional VIM, que é parte do bloco MANO. VIM é então responsável pelo gerenciamento dos recursos de hardware de computação, *storage* e rede, pelo gerenciamento do software que implementa a Camada de Virtualização e pelo gerenciamento do hardware virtualizado (VMs).

Uma instância de VIM pode gerenciar mais que um bloco NFVI. É também possível que múltiplos VIMs funcionem em paralelo e gerenciem diversos dispositivos de hardware distintos. Os múltiplos VIMs em paralelo podem se hospedar em um único ou em diferentes localizações físicas.

4.3.2 – Bloco VNF/EMS e Bloco VNFM

O bloco VNF/EMS é composto pelos blocos VNF e EMS, sendo que o bloco VNF foi já apresentado anteriormente neste artigo.

Um EMS (*Element Management System*) é um conjunto formado por um ou mais EM (*Element Management*).

Um EM é responsável pelo gerenciamento (FCAPS) da parte funcional de uma ou mais VNFs. A rigor, um EM pode ser uma VNF.

Um VNFM, por sua vez, encarrega-se do gerenciamento (FCAPS) dos aspectos de virtualização de uma ou mais VNFs, englobando o estabelecimento, a manutenção e a desativação das VNFs gerenciadas.

O gerenciamento de VNFs pelo VNFM pode ocorrer diretamente ou via EM.

4.3.3 - Bloco OSS/BSS, Bloco Service, VNF and Infrastructure Description e Bloco NFVO

O bloco NFVO, ou seja, o bloco Orquestrador (*Orchestrator*), é responsável pela orquestração (coordenação geral) e pelo gerenciamento dos recursos de infraestrutura NFV e de software NFV, assim como por realizar os serviços de rede na NFVI.

NFVO possui uma visão global da implantação fim a fim do serviço, dividindo em partes de informação a virtualização desse serviço e comunicando essas partes para VIM e VNFM, para a implementação do serviço.

Na Figura 4 anterior pode ser observado que NFVO está associado diretamente a VIM, por meio do ponto de referência *Or-Vi*, o que possibilita que NFVO possua a visão total dos recursos de infraestrutura gerenciados. Quando um NFVO está associado a múltiplos VIMs, a visibilidade de NFVO limita-se a NFVI gerenciada por cada um dos VIMs.

NFVO opera também através de VNFVM para criar o serviço fim a fim entre VNFs. É consequentemente NFVO que possui visibilidade da topologia da rede formada pelas VNFs para uma instância de serviço.

O termo Orquestração de Serviço refere-se à definição de um serviço utilizando as VNFs e à forma pela qual essas VNFs interconectam-se como uma topologia para implementar esse serviço.

OSS/BSS (*Operational Support Systems/Business Support Systems*) são sistemas de suporte para operadoras de redes, sendo OSS referente ao suporte à operação de redes e serviços, enquanto BSS refere-se ao suporte aos serviços relacionados aos negócios das operadoras.

OSS é um conjunto de ferramentas de software que possibilitam a automação das principais tarefas operacionais de redes e serviços, destinado a possibilitar à operadora obter ganhos de produtividade significativo, e, em consequência, reduzir seus custos operacionais.

Em resumo, as ferramentas de software de OSS, com automação, dizem respeito a planejamento e administração de infraestrutura, a provisionamento e monitoramento de serviços, a faturamento e cobrança e a atendimento pós-venda aos clientes. Podemos afirmar, de um modo geral, que OSS refere-se aos processos, em redes e serviços, que ocorrem nas operadoras sem a presença dos clientes.

BSS, por sua vez, diz respeito aos processos automatizados responsáveis pelo gerenciamento dos negócios das operadoras mais próximos aos clientes finais.

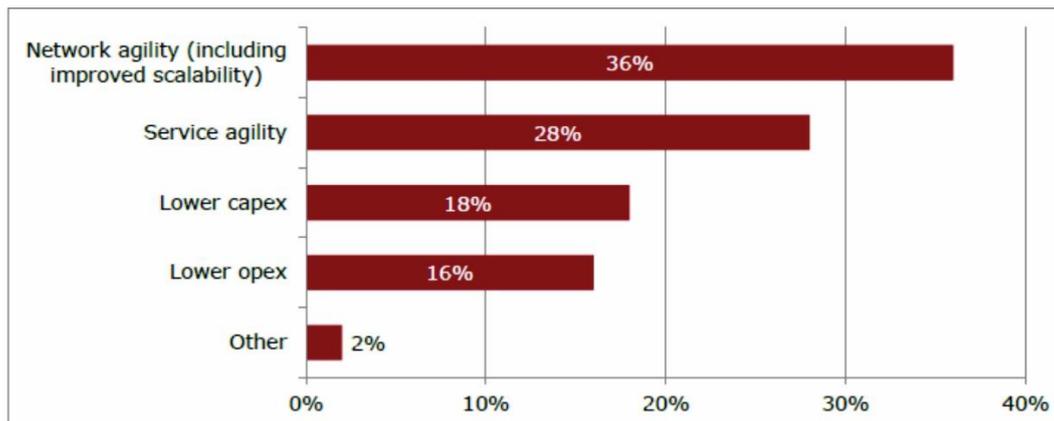
As funções de BSS podem ser divididos nos seguintes agrupamentos:

- Gerenciamento dos serviços, englobando a especificação de melhorias dos serviços prestados e de novos serviços, publicidade e divulgação, precificação e definição de aplicações para os serviços;
- Processos de comercialização dos serviços, incluindo o atendimento aos clientes e preparação de material para suporte de vendas;
- Processos de faturamento e cobrança;
- Gerenciamento do atendimento dos pedidos de compra, com o desenvolvimento de métodos para o cumprimento correto e eficiente da disponibilização dos serviços vendidos.

Finalmente, o bloco *Service, VNF and Infrastructure Description* consiste em um *data-set* que descreve e provê informações relativas ao arquivamento do controle da implantação de VNFs, aos grafos da comunicação entre VNFs, a modelos de informação de infraestrutura NFV e aos serviços prestados.

5 – BENEFÍCIOS ESPERADOS DE NFV

Em uma pesquisa realizada pela *Heavy Reading* em 2015, resultaram os valores expressos na Figura 5 para a expectativa de benefícios mais esperados do uso de NFV.



Source: Heavy Reading's May 2015 Network Transformation Survey, sponsored by Brocade; N=106

Figura 5 – Benefícios mais esperados do uso de NFV.

Verifica-se nessa figura a prevalência da preocupação dos entrevistados com a agilidade, tanto quanto à implantação de redes quanto, em segundo lugar, à implementação de serviços.

6 – APLICAÇÕES DE NFV

NFV é aplicável para virtualização de inúmeras funções de rede, tanto em redes fixas quanto em redes móveis. Dentre tais aplicações podem ser incluídas as seguintes:

- *Evolved Packet Core (EPC)*;
- *Software-Defined Branch e SD-WAN*;
- *IP Multi-Media Subsystem (IMS)*;
- *Multi-Access (Mobile) Edge Computing (MEC)*;
- *Session Border Control (SDC)*;
- Servidores de vídeo e análise estatística de informações de vídeo;
- Funções de orquestração;
- *Network Slicing*;
- Uma variedade de funções de segurança: *firewalls*, detecção e prevenção de intrusão, NAT, etc.

+++++

