

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO – BACHARELADO

FERRAMENTA GERADORA DE REGISTROS DNS PARA
REDES IPV6

PAULO RICARDO DE MELLO

BLUMENAU
2015

2015/2-14

PAULO RICARDO DE MELLO

**FERRAMENTA GERADORA DE REGISTROS DNS PARA
REDES IPV6**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Sistemas de Informação do Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Prof. Francisco Adell Péricas, Mestre - Orientador

**BLUMENAU
2015**

2015/2-14

FERRAMENTA GERADORA DE REGISTROS DNS PARA REDES IPV6

Por

PAULO RICARDO DE MELLO

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção dos créditos na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II pela banca examinadora formada por:

Presidente: _____
Prof. Francisco Adell Péricas, Mestre – Orientador, FURB

Membro: _____
Prof. Miguel Alexandre Wisintainer, Mestre – FURB

Membro: _____
Prof. Paulo Fernando da Silva, Mestre – FURB

Blumenau, 09 de dezembro de 2015

Dedico este trabalho à minha namorada, meus pais, meus amigos ao Prof. Péricas e todos que contribuíram direta, ou indiretamente para seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

A minha namorada por todo carinho, amor, puxões de orelha e o grande apoio.

Aos meus pais pela paciência em meus piores dias e por sempre me colocar em primeiro lugar.

Aos meus amigos Juan Paulo da Rocha e Jean Martins pela amizade, grandes momentos e por todo apoio prestado.

Aos meus colegas de aula pelas risadas, conversas nos corredores e as grandes ideias que me ajudaram a desenvolver este trabalho.

Aos meus colegas de trabalho Anderson Artur Nuss, Luis Fernando Lindner, Gilson Schmidt e todos os outros, pelo grande conhecimento repassado, pela ajuda na minha formação profissional e grande contribuição neste trabalho.

Ao Sr. Antonio Marcos Moreira, Gerente de Projetos e Desenvolvimento no IPv6.br, pela ajuda na definição do tema e pela colaboração em materiais de consulta.

Ao meu orientador por não me deixar desistir do tema seguido no trabalho, pela paciência e a grande ajuda.

Olhamos as montanhas e dizemos que são eternas, e é o que parecem ser... Mas, no correr do tempo, montanhas erguem-se e ruem, rios mudam de curso, estrelas caem do céu, e grandes cidades afundam-se no mar. Pensamos que até os deuses morrem. Tudo muda.

George R. R. Martin

RESUMO

A medida que as redes IPv6 ficam maiores e mais complexas, fica evidente a necessidade de ferramentas específicas para gerência e organização dos endereços dessas redes. Este trabalho apresenta uma ferramenta de geração de nomes DNS desenvolvida em Java que utiliza nomenclaturas e partes do endereço de rede para gerar nomes DNS, além de exportar os registros gerados para um formato compatível com um serviço de DNS. Para o desenvolvimento foi utilizada uma biblioteca Java capaz de manipular endereços e redes IPv6. A ferramenta funciona em modo desktop e necessita de permissão para gravação em um diretório para exportar os registros gerados. Os registros DNS gerados pela ferramenta podem ser importados em um servidor DNS, o qual pode resolver nomes para uma rede interna ou externa, dependendo da necessidade do administrador de rede.

Palavras-chave: IPv6. DNS. Redes. Ferramenta.

ABSTRACT

In the measure that IPv6 networks become larger and more complex, it's evident the need for a specific tools for management and organization of these networks addresses. This work presents a DNS name generation tool developed in Java that use classifications and parts from Network address generate DNS records, besides exporting the generated records to a format compatible with a DNS service.

Key-words: IPv6. DNS. Network. Tool.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede em barramento	15
Figura 2 - Rede em estrela.....	16
Figura 3 - Rede em anel.....	16
Figura 4 - Rede em malha.....	17
Figura 5 - Topologia física da Internet e sua estrutura genérica	18
Figura 6 - Exemplo de uma rede LAN e WLAN	19
Figura 7 - Exemplo de uma rede MAN e WMAN	20
Figura 8 - Integração entre redes LAN, MAN e WAN	20
Figura 9 - Arquitetura do protocolo TCP/IP.....	22
Figura 10 - Melhorias implantadas no IPv6	24
Figura 11 – Escritórios regionais da IANA	25
Figura 12 - Cabeçalho de base IPv6 vs IPv4	26
Figura 13 - Nome para IP, e vice versa	27
Figura 14 - Banco de dados DNS	28
Figura 15 - Tipos de dados do servidor DNS	29
Figura 16 - Resolução de girigiri.gbrmpa.gov.au na internet.....	30
Figura 17 - O domínio in-addr.arpa.....	32
Figura 18 - Registro DNS gerado	33
Figura 19 - Registros PTR gerados	34
Figura 20 - Casos de uso da ferramenta	37
Figura 21- Visão geral da ferramenta.....	40
Figura 22 - Diagrama de classes.....	41
Figura 23 - Diagrama de atividades.....	42
Figura 24 - Tela principal	46
Figura 25 - Tela de geração de nomenclaturas	47
Figura 26 - Exemplo de preenchimento da tela de geração de nomenclaturas.....	48
Figura 27 - Tela principal com as nomenclaturas geradas	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Requisitos funcionais	36
Quadro 2 - Requisitos não funcionais	36
Quadro 3 - UC01 –Informar endereço de rede	37
Quadro 4 - UC02 – Informar endereçamento IPv6 para geração de nomenclaturas	38
Quadro 5 - UC03 – Informar regra de nomenclatura	38
Quadro 6 - UC04 - Prover informações sobre a zona DNS.....	39
Quadro 7 - UC05 – Prover informações sobre a zona DNS	39
Quadro 8 - UC06 – Exportar os registros DNS para um arquivo texto.....	39
Quadro 9 - Método nomenclaturaIntervaloDelimitacao.....	44
Quadro 10 - Gerador de arquivo.....	45
Quadro 11 - Conteúdo do arquivo gerado	50
Quadro 12 - Características do trabalho desenvolvido e dos trabalhos correlatos	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARPA – *Advanced Research Projects Agency*

BGP – *Border Gateway Protocol*

CIDR – *Classless Inter-Domain Routing*

DCA – *Defense Communication Agency*

DKIM – *Domain Keys Identified Mail*

DNS – *Domain Name System*

IANA – *Internet Assigned Numbers Authority*

IP – *Internet Protocol*

IPv4 – *Internet Protocol version 4*

IPv6 – *Internet Protocol version 6*

LAN – *Local Area Network*

MAN – *Metropolitan Area Network*

PBX – *Private Branch Exchange*

QoS – *Quality of Service*

RR – *Resource Records*

TCP – *Transmission Control Protocol*

TTL – *Time To Live*

UDP – *User Datagram Protocol*

WAN – *Wide Area Network*

WLAN – *Wireless Local Area Network*

WMAN – *Wireless Metropolitan Area Network*

WPAN – *Wireless Personal Area Network*

WWAN – *Wireless Wide Area Network*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 REDES DE COMPUTADORES	15
2.1.1 Principais topologias	15
2.1.2 Internet	17
2.1.3 Classificação das redes.....	18
2.1.4 Camadas de rede	20
2.1.5 Protocolo TCP/IP	21
2.1.6 Protocolo IPv4.....	22
2.2 IPV6 – PROTOCOLO DE INTERNET VERSÃO 6.....	23
2.2.1 Endereçamento IPv6	23
2.2.2 Alocação dos blocos IP	24
2.2.3 Categorias de endereço IPv6.....	25
2.2.4 Diferença entre os cabeçalhos IPv4 e IPv6	25
2.3 DOMAIN NAME SYSTEM (DNS)	27
2.3.1 Tipos de servidores DNS	28
2.3.2 Tipos de dados	28
2.3.3 Resolução DNS	29
2.3.4 Consultas DNS	30
2.3.5 Mapeamento de endereços para nome	31
2.4 TRABALHOS CORRELATOS	32
3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA	35
3.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	35
3.2 ESPECIFICAÇÃO	36
3.2.1 Biblioteca Java IPv6 Library.....	36
3.2.2 Diagramas de caso de uso	37
3.2.3 Visão geral	40
3.2.4 Diagrama de classes	40
3.2.5 Diagrama de atividades	41
3.3 IMPLEMENTAÇÃO	43

3.3.1 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	43
3.3.2 Geração de nomenclaturas	43
3.3.3 Saída para arquivo texto.....	44
3.3.4 Operacionalidade da implementação	46
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
4 CONCLUSÕES.....	52
4.1 EXTENSÕES	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Há mais de 10 anos é lido e ouvido a respeito do fim dos blocos *Internet Protocol version 4* (IPv4) disponíveis e da necessidade da adoção do *Internet Protocol version 6* (IPv6) em caráter de urgência. Alguns autores, inclusive, trouxeram previsões apocalípticas segundo as quais os endereços IPv4 já teriam acabado em 2005 ou 2006 (FLORENTINO, 2012).

Com a adoção do IPv6, muitos problemas do IPv4 terão sido resolvidos, mas outros podem surgir forçando ao administrador de rede a utilizar outros recursos. Segundo Florentino (2012, p.37), “A escrita de cada endereço IPv6 é longa, o que dificulta sua representação. Com o IPv6, o serviço de DNS que fornece um nome fácil de usar a um computador será mais necessário do que nunca.”.

Segundo Jamhour (2008, p. 8), “O esgotamento definitivo dos endereços IP só acontecerá quando não houverem mais endereços disponíveis pelos ISP (provedores de acesso à Internet). A data prevista para isso é 2018.”. Com isso, quanto antes a migração para o IPv6 começar, menos transtornos ocorrerão. O IPv6 possui uma quantidade de endereços disponíveis enorme. Segundo Florentino (2012, p.20), “cerca de 340 undecilhões de endereços possíveis”.

Diante deste cenário o presente trabalho propõe auxiliar o administrador de rede a organizar suas redes e proporcionar nomenclaturas amigáveis para memorização, documentação e resolução de problemas com o usuário como por exemplo: conexões remotas, testes de conectividade de rede, publicação de serviços e auxílio na busca de informação.

Para geração das nomenclaturas, o administrador terá a possibilidade de concatenar um nome com um número incremental ou parte do endereço IPv6 delimitado pelo próprio administrador de rede. Após a geração das nomenclaturas e configuração das demais opções os registros DNS podem ser exportados para arquivos textos.

No desenvolvimento da ferramenta, a biblioteca Java IPv6 Library desenvolvida por Jan Van Besien (2015) foi utilizada. Esta biblioteca permite a manipulação de endereços e redes IPv6. Esta biblioteca está disponível *on-line* através do site GitHub (2015) e é gratuita.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho proposto é desenvolver uma ferramenta geradora de registros DNS para redes IPv6 para administradores de redes de computadores.

Os objetivos específicos do trabalho proposto:

- a) definir uma nomenclatura a critério do administrador de rede para identificação da faixa de endereço de rede;

- b) inserir uma faixa de endereço de rede e seu comprimento com base em uma rede já existente, ou que será criada;
- c) obter as entradas de registros DNS;
- d) manter um registro de nomes gerados para melhor organização e visualização do tamanho da rede.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda assuntos a serem apresentados nas seções a seguir, tais como redes de computadores, *Domain Name System* (DNS) e *Internet Protocol version 6* (IPv6), além de trabalhos correlatos.

2.1 REDES DE COMPUTADORES

Redes de computadores estabelecem a forma-padrão de interligar computadores para o compartilhamento de recursos físicos ou lógicos. Esses recursos podem ser definidos como unidades de CD-ROM, diretórios do disco rígido, impressoras, *scanners*, placa de fax-modem entre outros (MENDES, 2010).

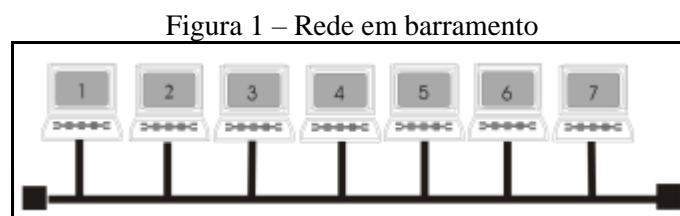
Dois computadores são interconectados se eles são capazes de trocar informações. A conexão não é necessariamente feita através de fios de cobre, lasers, micro-ondas e satélites de comunicação também podem ser utilizados. Com o requisito de que os computadores sejam autônomos, pretende-se excluir desta definição sistemas nos quais existe uma clara relação de mestre-escravo (TANENBAUM, 1997).

As redes de computadores são estruturadas a partir de topologias. Segundo França (2010, p. 18), “entende-se por topologia de rede a forma com que os enlaces físicos e os nós de comunicação (ponto de conexão com a rede) estão organizados.”.

2.1.1 Principais topologias

Segundo França (2010, p. 19), “Em todos os tipos de redes, as três topologias mais utilizadas são: barramento, estrela, anel e malha.”.

- a) barramento (*bus*): Segundo Costa (2010, p.10), “é a topologia mais fácil de instalar. Nas redes de topologia barramento cada nó é conectado a um único cabo (espinha dorsal).”, conforme nos mostra a Figura 1;

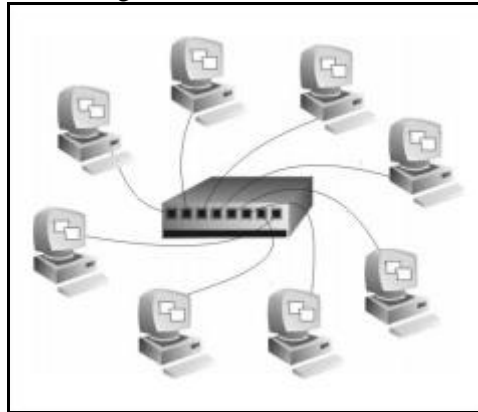


Fonte: Costa (2010, p. 10).

- b) estrela (*star*): em uma topologia estrela, segundo Costa (2010, p. 12), “todos os dispositivos da rede são conectados a um dispositivo central, que pode ser um computador *Mainframe*, um dispositivo comutador PBX, ou mais comumente, em

dispositivos LAN's atuais, ou concentrador”, assim como mostra a Figura 2;

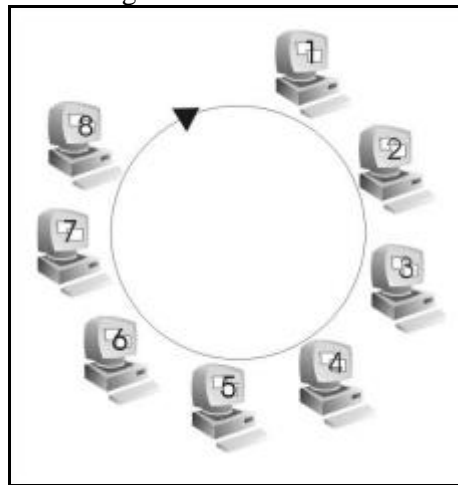
Figura 2 - Rede em estrela



Fonte: Costa (2010, p. 12).

- c) anel (*ring*): segundo França (2010, p. 20), “na topologia em anel, as estações estão conectadas a um mesmo circuito, formando um círculo fechado. As redes conhecidas como *Token Ring* (criadas pela IBM) são as mais famosas.”. A Figura 3 exemplifica este conceito;

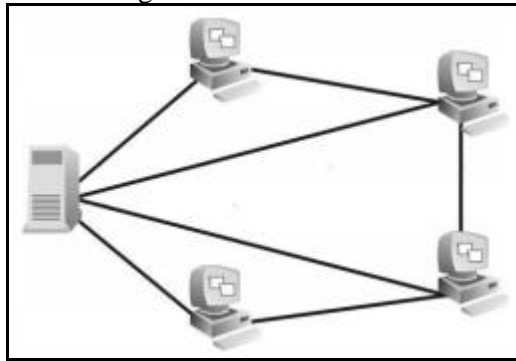
Figura 3 - Rede em anel



Fonte: Costa (2010, p. 12).

- d) malha (*mesh*): segundo Costa (2010, p. 14), “este modelo de topologia engloba características de várias topologias. Cada ponto da rede possui uma rota alternativa para caso de congestionamento ou falha. As rotas são definidas por máquinas que tem a função de rotear endereços que não pertence a sua rede”, conforme é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Rede em malha



Fonte: Costa (2010, p. 14).

2.1.2 Internet

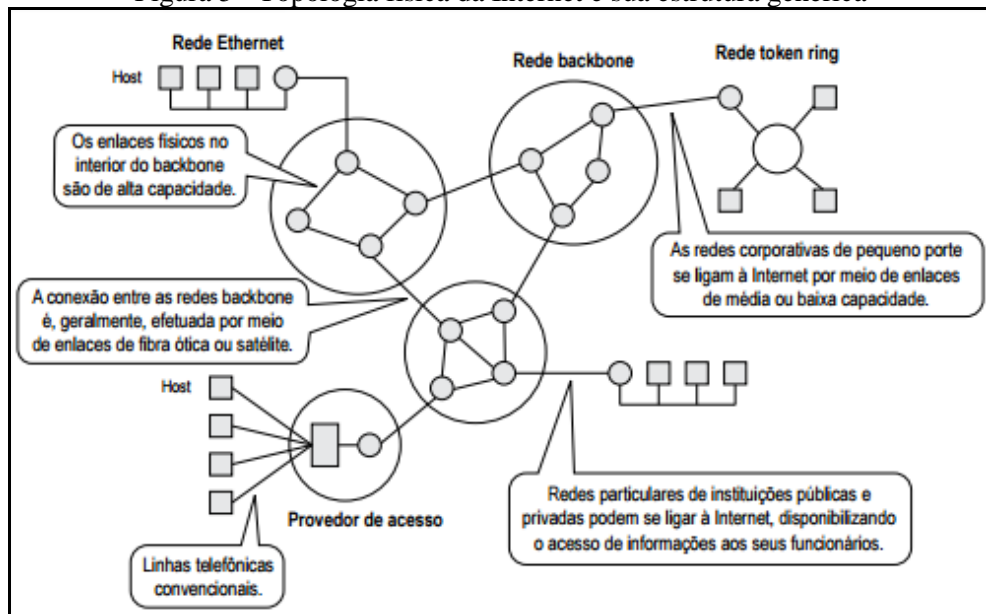
No final da década de 1960, a Agência de Projetos de Pesquisas Avançadas do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – ARPA (*Department of Defense's Advanced Research Projects Agency*), mais tarde chamada de DARPA – começou a consolidar uma rede experimental de computadores de longa distância, chamada ARPANET, que espalhou-se pelos Estados Unidos (MENDES, 2010).

Segundo Tanenbaum (1994, p.56), “em 1983, a ARPA delegou a administração da rede para a *Defense Communications Agency*” (DCA)[...]. A primeira providência da DCA foi criar a sub-rede MILNET para a parte militar.”. Em 1988, o DARPA decidiu que o experimento estava terminado. Sendo assim o Departamento de Defesa começou a dismantelar a ARPANET. Uma outra rede, criada pela Fundação Nacional de Ciência (*National Science Foundation*) e chamada de NSFNET, substituiu a ARPANET como *backbone* (MENDES, 2010).

Mesmo mais recentemente, no primeiro semestre de 1995, a Internet sofreu uma transição do uso da NSFNET como *backbone* para usar múltiplos *backbones* comerciais, passando a trafegar seus dados sobre linhas de longa distância da MCI, Sprint e antigas redes comerciais como PSINet e Altnet (MENDES, 2010).

O termo Internet é muito utilizado para descrever uma rede onde tudo se pode e tudo se consegue. Essa popularização se deve a sua larga utilização por usuários com ou sem experiência na área de informática, ou seja, qualquer pessoa com um computador conectado a um modem, com uma identificação e uma senha válida, pode navegar pela rede. A Internet trouxe a todas as áreas a possibilidade de compartilhar conhecimento e entretenimento. Na Figura 5 apresenta-se uma representação da estrutura da internet (MENDES, 2010).

Figura 5 - Topologia física da Internet e sua estrutura genérica



Fonte: Mendes (2010, p. 5).

2.1.3 Classificação das redes

Inicialmente os computadores eram máquinas caríssimas que centralizavam em um único ponto o processamento das aplicações de vários usuários e, muitas vezes, de toda uma organização. Com a redução de custos do *hardware* e a introdução dos microcomputadores no cenário da informática, a estrutura centralizada cedeu lugar a uma estrutura totalmente distribuída, na qual diversos equipamentos dos mais variados portes processam informações de forma isolada (COSTA, 2010, p.5).

Segundo Amaral (2012, p.18), as redes de computadores são classificadas de acordo com a dimensão geográfica que ocupam e todas elas são concebidas de forma que possam se comunicar com outras redes.

Segundo Amaral (2012, p.18), as redes podem ser classificadas em:

- a) LAN (*Local Area Network* – Rede de Área Local);
- b) MAN (*Metropolitan Area Network* – Rede de Área Metropolitana);
- c) WAN (*Wide Area Network* – Rede de Área Extensa).

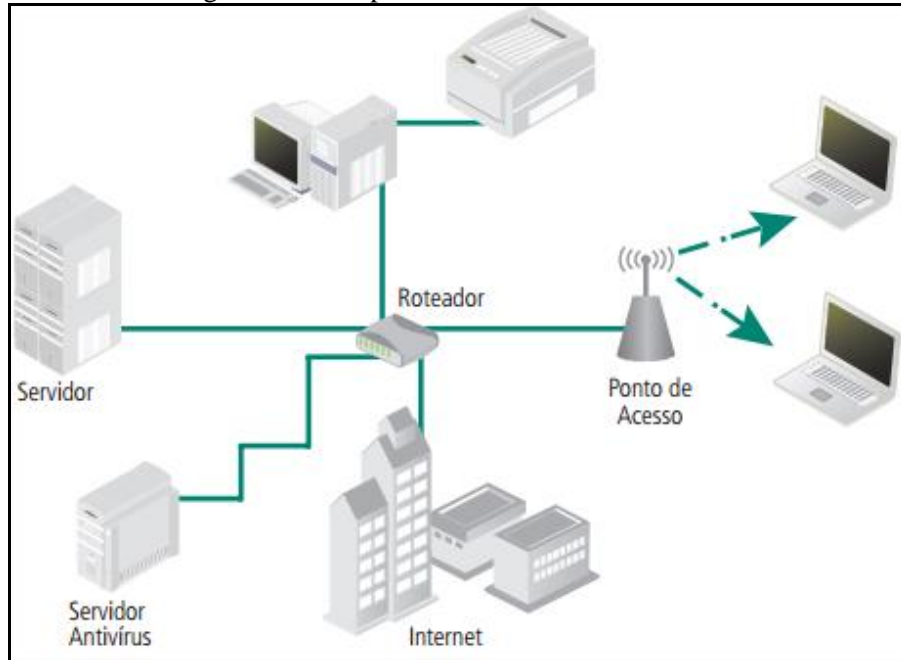
Com o advento das novas tecnologias de redes *wireless* (sem fio), novas classificações foram adotadas:

- a) WPAN (*Wireless Personal Area Network* – Rede sem Fio de Área Pessoal);
- b) WLAN (*Wireless Local Area Network* – Rede sem Fio de Área Local);
- c) WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network* – Rede sem Fio de Área Metropolitana);

d) WWAN (*Wireless Wide Area Network* – Rede sem Fio de Área Extensa).

Segundo Amaral (2012, p.19), LAN refere-se a “rede local. Este tipo de rede alcança distância de algumas centenas de metros, abrangendo instalações em escritórios, residências, prédios comerciais e industriais.”, conforme mostra a Figura 6.

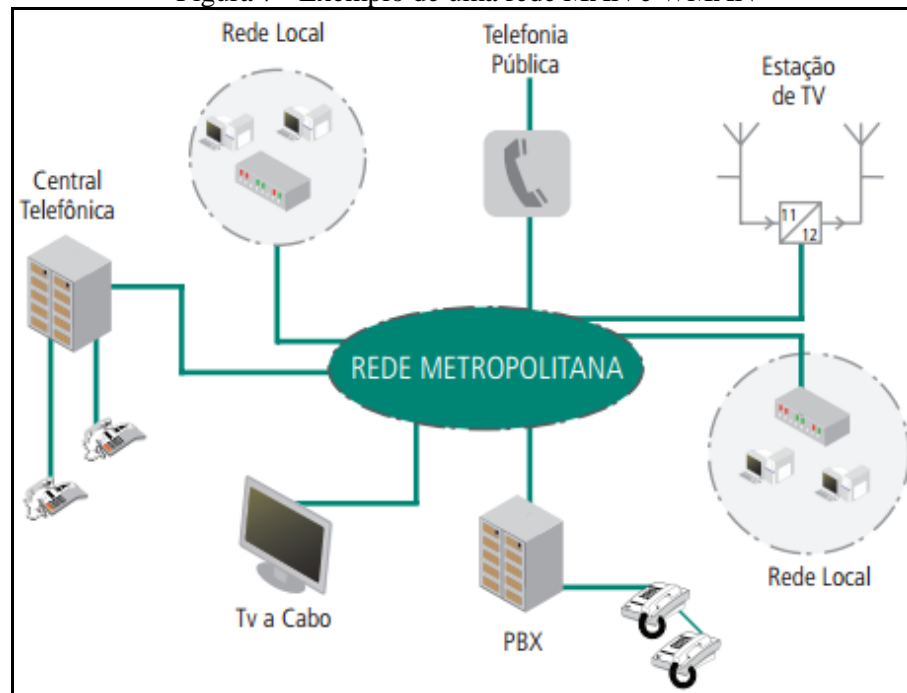
Figura 6 - Exemplo de uma rede LAN e WLAN



Fonte: Amaral (2012, p. 19).

MAN – Segundo Amaral (2012, p.20), “rede metropolitana. Abrange uma região com dimensões bem maiores do que a das redes LAN, normalmente um campus de uma universidade, a instalação de uma fábrica e seus escritórios, ou até uma cidade inteira.”, conforme exemplificado na Figura 7.

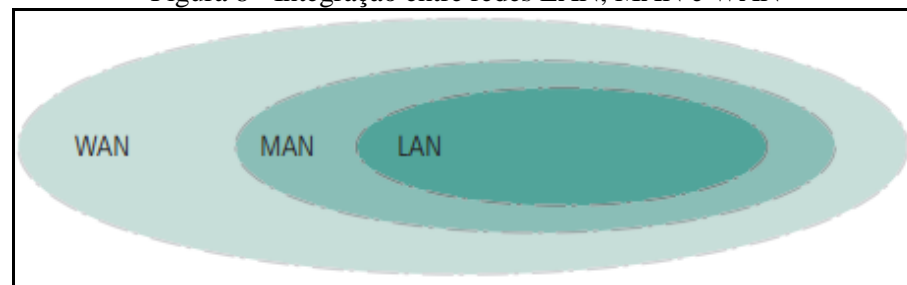
Figura 7 - Exemplo de uma rede MAN e WMAN



Fonte: Amaral (2012, p. 20).

WAN – Segundo Amaral (2012, p.21), “é o conceito de rede extensa. Este tipo de rede tem dimensões geográficas imensuráveis. Isto quer dizer que ela pode interligar todos os continentes, países e regiões extensas utilizando enlaces mais extensos, como satélites ou cabos (submarinos ou terrestres)”. A Figura 8 mostra um exemplo da integração das redes.

Figura 8 - Integração entre redes LAN, MAN e WAN



Fonte: Amaral (2012, p. 21).

2.1.4 Camadas de rede

Segundo Tanenbaum (1997, p. 19), “a maioria das redes foi organizada como uma série de camadas ou níveis, que são colocados um em cima do outro”. As camadas de rede formam um grande sistema, conforme afirmam Kurose e Ross (2006).

Uma arquitetura de camadas nos permite discutir uma parcela específica e bem definida de um sistema grande e complexo. Essa simplificação tem considerável valor intrínseco, pois provê modularidade fazendo com que fique muito mais fácil modificar a implementação do serviço pela camada, contanto que a camada forneça o mesmo serviço para

a que está acima dela e use os mesmo serviços da camada abaixo dela, o restante do sistema permanece inalterado quando sua implementação é modificada. (KUROSE; ROSS, 2006, p. 34).

2.1.5 Protocolo TCP/IP

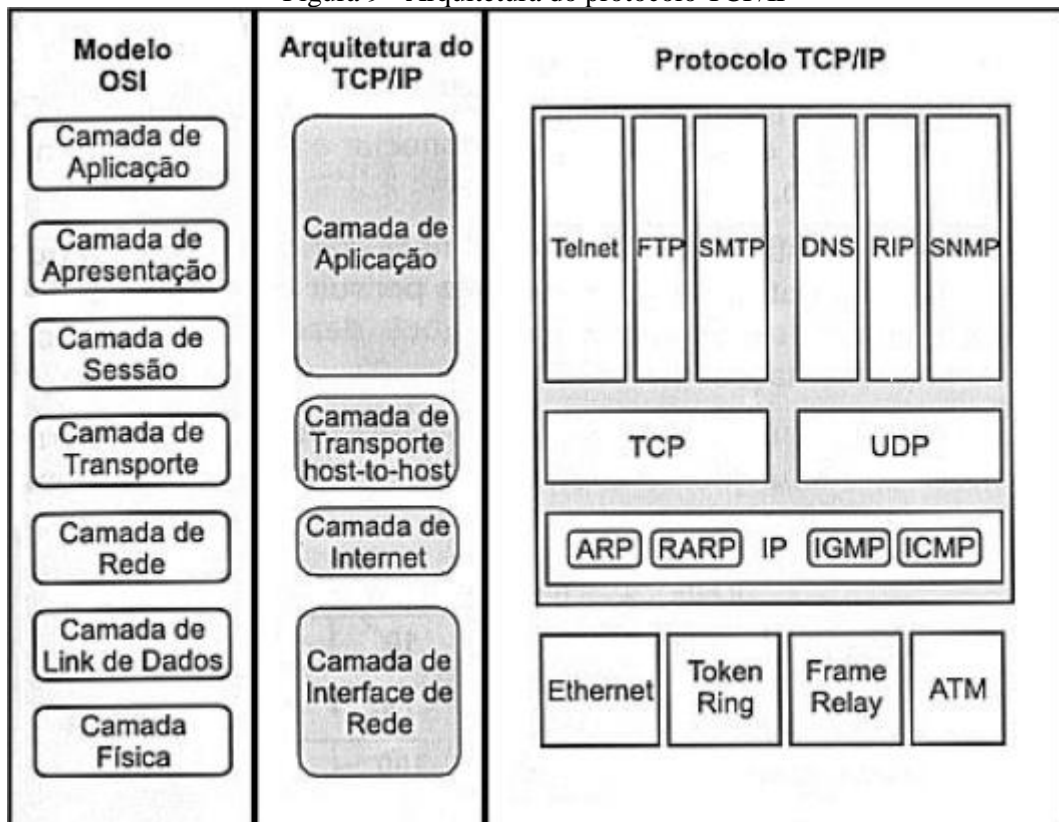
O conjunto de protocolos conhecido como TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) é atualmente o padrão de fato das redes. As definições de protocolos se encontram em documentos publicamente pelo IETF disponíveis denominados RFC (*Request for Comments*) (FRANÇA, 2010).

No desenvolvimento da arquitetura Internet, o TCP/IP foi patrocinado pela *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA). O TCP/IP é um conjunto de protocolos desenvolvidos para permitir que computadores compartilhem recursos dentro de uma rede. Em uma definição mais básica, o nome correto para este conjunto de protocolos é “Conjunto de Protocolos Internet”. Os protocolos TCP e IP são dois dos protocolos deste conjunto. Como os protocolos TCP e IP são os mais conhecidos, é comum se referir a TCP/IP para referenciar toda a família de protocolos (COSTA, 2010).

O protocolo TCP oferece uma comunicação segura, ordenada e confiável entre duas máquinas. Ele estabelece a conexão antes do envio das informações. Caso não consiga, retorna como erro. Pode-se ver esse protocolo em ação ao se utilizar um *messenger*, um servidor de *File Transfer Protocol* (FTP), um navegador de páginas Web ou mesmo ao enviar um e-mail (FRANÇA, 2010).

O protocolo IP, padrão para redes Internet, é baseado em um serviço sem conexão. Sua função é transferir blocos de dados, denominados datagramas, da origem até o destino, onde a origem e o destino são *hosts* identificados por endereços IP. Este protocolo também fornece serviço de fragmentação e remontagem de datagramas longos, para que estes possam ser transportados em redes onde o tamanho máximo permitido para os pacotes é pequeno. A Figura 9 mostra a arquitetura do protocolo TCP/IP (COSTA, 2010).

Figura 9 - Arquitetura do protocolo TCP/IP



Fonte: Costa (2010, p. 69).

2.1.6 Protocolo IPv4

O IPv4 usa endereços de 32 bits, o que permite endereçar até 4 bilhões de *hosts*. A quantidade de entradas no DNS já atingiu 1/8 dessa quantidade. Contudo, devido as perdas inerentes resultantes da divisão de endereços em classes (e mesmo depois, com o *Classless Inter-Domain Routing* (CIDR)), e o fato de que muitos clientes usam endereço IP público, podemos estimar que esteja bem próximos do esgotamento (mais de 50%) (JAMHOUR, 2008).

Segundo Costa (2010, p. 69), “O Endereço IPV4 é um número de 4 bytes (ou 32 bits) decimais, separados por pontos. Tem a função de informar o número da rede e o número do computador. Os primeiros 8 bits (1º octeto) do número são responsáveis por determinar em que classe o endereço IP está.”.

Um limitante para o crescimento IPv4 é que a arquitetura de roteamento do IPv4 não prevê uma hierarquia entre sistemas autônomos. Por essa razão, o roteador de borda de um sistema autônomo precisa conhecer as rotas de todas as redes da Internet. Se por um lado o CIDR permitiu a criação de redes menores para evitar o desperdício de endereços, ele também provocou um aumento exponencial do número de rotas na Internet. Isso significa maiores

tabelas nos roteadores de borda e também uma maior quantidade de mensagens anunciadas pelo *Border Gateway Protocol* (BGP) (JAMHOUR, 2008).

A divisão dos blocos de endereço IP nunca foi igualitária. Metade dos endereços disponíveis foram destinados aos EUA. Como não havia uma preocupação inicial com a escassez de endereços, algumas empresas adquiriram o equivalente de 16 milhões de endereços IP para si. Entretanto, mesmo que houvesse uma redistribuição mais igualitária dos endereços IPv4, o problema de escassez ainda não seria resolvido (FLORENTINO, 2012).

2.2 IPV6 – PROTOCOLO DE INTERNET VERSÃO 6

O desenvolvimento da versão 6 do protocolo IP teve início em 1991. Por razões históricas, deve-se ressaltar que não houve versão 5, pois o termo era usado para um outro projeto experimental do *Internet Engineering Task Force* (IETF), que acabou não se concretizando (JAMHOUR, 2008).

É comum que o sistema operacional de computadores e roteadores tenham suporte simultâneo a protocolos de rede como IP, IPv4 e NetBEUI (este último, apenas em computadores Windows). Dessa forma, acrescentar mais um protocolo de rede é uma tarefa relativamente fácil para esses sistemas, uma vez que nenhuma alteração de hardware, ou alteração profunda na arquitetura do sistema operacional, é necessária (JAMHOUR, 2008).

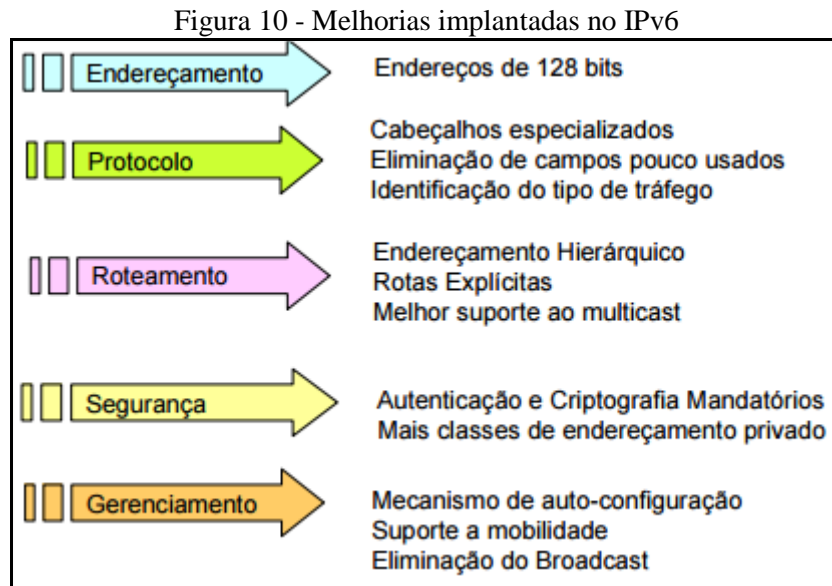
Segundo Jamhour (2008, p. 9), “a aplicação propriamente dita precisa ser reescrita para suportar o IPv6 devido a necessidade de passagem de novos parâmetros através da interface *sockets*.”.

2.2.1 Endereçamento IPv6

Segundo Florentino (2012, p. 35), “a quantidade de endereços possíveis com um protocolo roteável de 128 bits chega a ser assustadora, e muitas vezes torna-se difícil até mesmo conseguir visualizar o tamanho dos blocos de endereço a serem criados.”. Essa quantidade de endereços muda o conceito de alocação de blocos IP radicalmente. Hoje os administradores de rede estão acostumados a calcular a quantidade de endereços IP necessários para suprir suas demandas baseados na quantidade de máquinas que possuirão um endereço IP. Com IPv6, é necessário pensar somente na quantidade de redes que podem ser oferecidas ao usuários final (FLORENTINO, 2012).

Os endereços IPv6 são números de 128 bits (16 bytes). Ao invés de adotar a notação decimal pontuada do IPv4, onde o endereço é formado por quadro bytes separados por ".", o IPv6 representa seu endereço na forma de 8 palavras de 16 bits, separadas por ":". Cada uma das palavras que forma o endereços IPv6 é representada em hexadecimal (JAMHOUR, 2008, p. 22).

Quando se faz o plano de endereçamento IPv6, leva-se em conta quantas redes IP serão entregues ao usuário final em vez de quantos endereços, justamente prevendo que, na era da Internet das Coisas, os usuários terão novos serviços, novas necessidades e muitas redes IP diferentes e independentes para usar (FLORENTINO, 2012). A Figura 10 elenca alguns pontos de melhoria no IPv6.

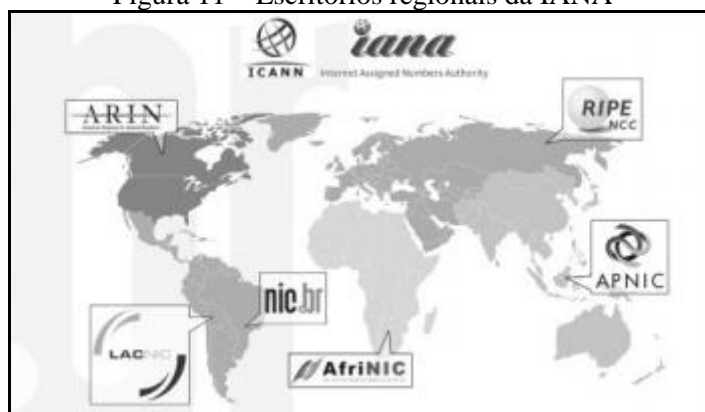


Fonte: Jamhour (2008, p. 10).

2.2.2 Alocação dos blocos IP

A Internet seguiu seu curso sob a direção das agências do Departamento de Defesa dos EUA até que, em 1987, o governo americano criou a IANA – *Internet Assigned Number Authority* – que, sob a direção de Jon Postel (1943-1998), passou a controlar a atribuição de IPs e de nomes de domínio em todo o mundo. A Figura 11 mostra os escritórios regionais da IANA (FLORENTINO, 2012).

Figura 11 – Escritórios regionais da IANA



Fonte: Florentino (2012, p.19).

A IANA dividiu o mundo em cinco regiões e, para cada uma delas, designou um *Regional Internet Registry* (RIR), um escritório regional para cuidar da alocação de endereços IP (FLORENTINO, 2012).

2.2.3 Categorias de endereço IPv6

Segundo Jamhour (2008, p. 23), “o IPv6 define três categorias de endereço: o *unicast*, o *anycast* e o *multicast*:

- a) endereços *unicast* são associados a uma única interface de um computador ou roteador. Por exemplo, suponha que o computador A enviou um pacote para rede, utilizando o endereço de *unicast* do computador C com destino (JAMHOUR, 2008);
- b) endereços *multicast* identificam um grupo de *hosts* que recebem o mesmo fluxo de pacotes (um-para-muitos). Muito usado para transmissão de áudio, vídeo e em alguns protocolos de roteamento (FLORENTINO, 2012);
- c) endereço *anycast* é um endereço compartilhado por mais de um elemento da rede. Os endereços *anycast* tiram proveito do fato das rotas IP sempre utilizarem o caminho mais curto. Dessa forma, um pacote para um endereço *anycast* será sempre enviado para o elemento de rede que esteja mais próximo da origem. (JAMHOUR, 2008).

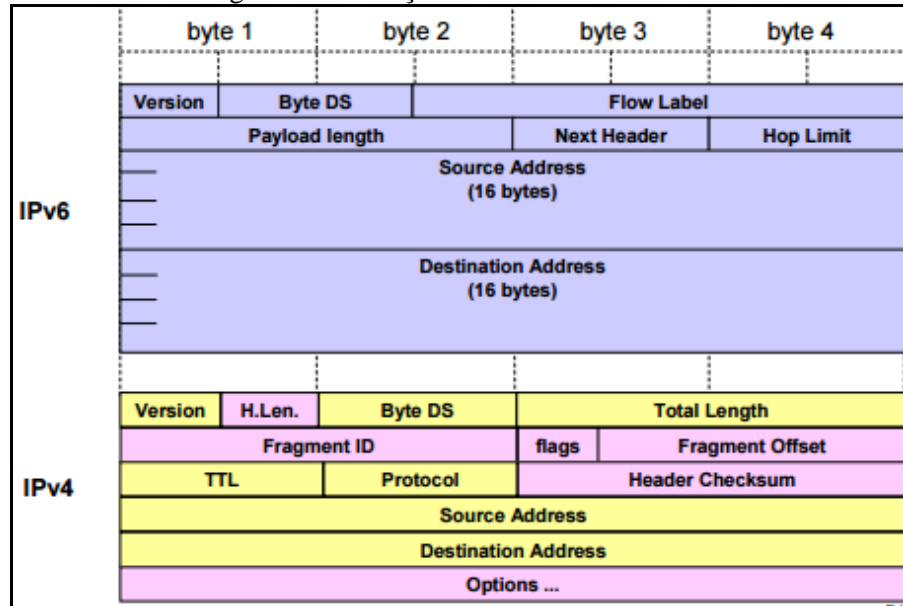
Segundo Florentino (2012, p. 44), “em redes IPv6 não existem mais endereços de *broadcast*. Este recurso agora é realizado por diversos grupos *multicast* específicos.”

2.2.4 Diferença entre os cabeçalhos IPv4 e IPv6

Segundo Florentino (2012, p. 27), “O cabeçalho IPv6 possui um tamanho fixo de 40 bytes. [...] Vale a pena ressaltar que, apesar de os endereços na versão 4 (32 contra 128), o

cabeçalho base IPv6 tem apenas o dobro de tamanho de seu antecessor.”. A diferença é mostrada na Figura 12.

Figura 12 - Cabeçalho de base IPv6 vs IPv4



Fonte: Jamhour (2008, p. 12).

Abaixo, seguem as comparações dos campos dos cabeçalhos segundo Florentino (2012, p. 28):

- campo H.Len., que identificava o comprimento do cabeçalho, não tem mais razão de existir;
- os campos *Fragment IP*, *Flags* e *Fragment Offset* foram removidos e passaram a fazer parte do cabeçalho adicional *Fragmentation*;
- o campo *Header Checksum* não existe mais no novo cabeçalho IPv6, que delegou aos protocolos de camadas superiores o cálculo de CRC e a detecção de erros na transmissão;
- o campo *Version* agora contém o valor 6 em vez de 4;
- o campo DS deu lugar ao campo *Flow Label* para fins de implementação de técnicas de QoS (qualidade do serviço);
- em vez de mensurar o tamanho total do pacote com o campo *Total Length*, agora é utilizado o campo *Payload Length* para mensurá-lo, omitindo-se o comprimento do cabeçalho;
- o campo TTL (*Time to Live* ou tempo de vida) passou a se chamar *Hop Limit*, destacando-se que o que é contabilizado neste campo é cada salto que o pacote faz na rede, e não o tempo que ele demora para efetuar os saltos;
- o campo *Protocol*, que antes anunciava apenas os protocolos de camada superior,

como TCP e UDP, foi substituído pelo campo *Next Header*, que pode chamar um cabeçalho de extensão ou um protocolo de camada superior;

- i) os campos *Source Address* e *Destination Address* passaram de 32 bits para 128 bits cada um.

O cabeçalho IPv6 usa uma estratégia de composição de cabeçalho similar a todos os novos protocolos definidos pelo IETF: um cabeçalho de base, seguido por zero ou mais cabeçalhos de extensão. O cabeçalho de base IPv6 é bastante simples. Ele inclui apenas funções que são necessárias para qualquer aplicação IP, como os endereços de origem e destino. Já os cabeçalhos de extensão contêm campos adicionais que são inseridos apenas quando necessário (JAMHOUR, 2008).

A utilização dos cabeçalhos de extensão do IPv6 visa aumentar a velocidade de processamento nos roteadores, visto que o único cabeçalho de extensão processado em cada roteador é o *Hop-by-Hop*, os demais são tratados apenas pelo nó identificado no campo Endereço de Destino do cabeçalho base (FLORENTINO, 2012).

2.3 DOMAIN NAME SYSTEM (DNS)

Durante a década de 1970, a ARPANET era uma comunidade amigável, pequena, de algumas centenas de *hosts*. Um único arquivo, *HOSTS.TXT*, continha todas as informações necessárias sobre estes *hosts*: mapeamentos de nome e endereço para cada *host* conectado à ARPANet, conforme apresentado na Figura 13 (ALBITZ; LIU, 2001).

Figura 13 - Nome para IP, e vice versa

`www.registro.br` ↔ `2001:12ff:0:2::3`

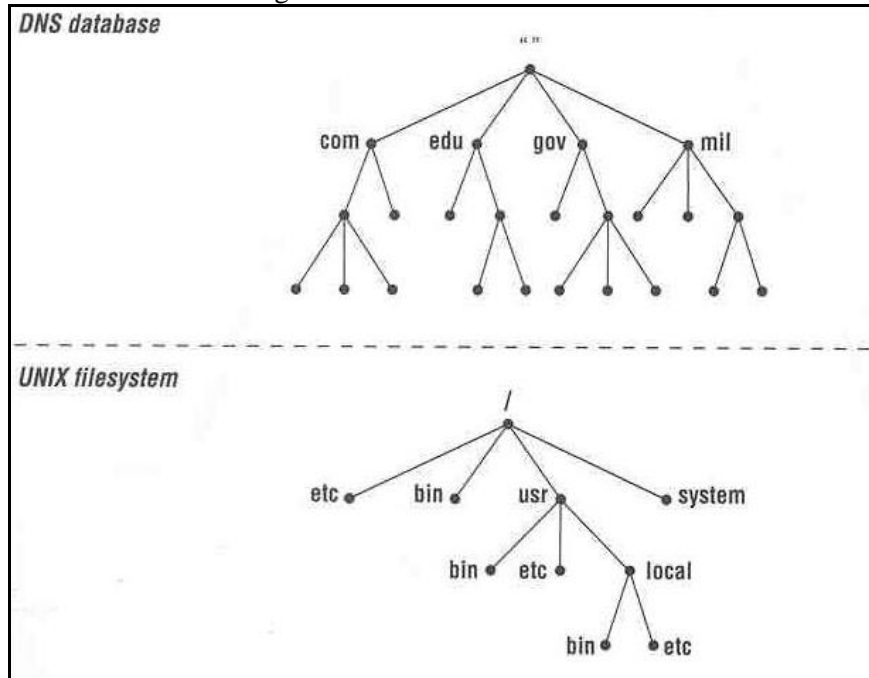
Fonte: Campos e Justo (2010, p. 2).

O Sistema de Nomes de Domínio é um banco de dados distribuído. Isso permite um controle local dos segmentos do banco de dados global, embora os dados em cada segmento estejam disponíveis em toda a rede através de um esquema cliente-servidor (ALBITZ; LIU, 2001). Segundo Albitz e Liu (2001, p. 6), “No DNS, cada domínio pode ser repartido em vários subdomínios, e a responsabilidade por esses subdomínios pode ser dividida entre várias organizações.”

A estrutura do banco de dados do DNS é muito parecida com a estrutura do sistema de arquivos Unix. O banco de dados inteiro (ou sistema de arquivos) é desenhado como uma árvore invertida, em relação ao pai. Parece-se um pouco com um “nome de caminho relativo” em um sistema de arquivos. No texto, o nó raiz é escrito como um único ponto (.). No sistema

de arquivos do Unix, a raiz é escrita como uma barra diagonal (/). Conforme exemplificado na Figura 14 (ALBITZ; LIU, 2001).

Figura 14 - Banco de dados DNS



Fonte: Albitz e Liu (2001, p. 5).

2.3.1 Tipos de servidores DNS

O DNS possui dois tipos de servidores: autoritativo e recursivo. Num servidor autoritativo, segundo Campos e Justo (2010, p. 6), “Ao receber requisições de resolução de nome, responde um endereço caso possua, uma referência caso conheça o caminho da resolução ou uma negação caso não conheça.”

Num servidor recursivo, segundo Campos e Justo (2010, p. 6), “ao receber requisições de resolução de nomes, faz requisições para os servidores autoritativos e, conforme a resposta recebida dos mesmos, continua a realizar requisições para outros servidores autoritativos até obter a resposta satisfatória.”

2.3.2 Tipos de dados

Segundo Campos e Justo (2010, p.6), “os dados associados com os nomes de domínio estão contidos em *Resource Records* ou RRs (Registro de Recursos)”, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 - Tipos de dados do servidor DNS

SOA	Indica onde começa a <i>autoridade</i> a zona
NS	Indica um <i>servidor de nomes</i> para a zona
A	Mapeamento de nome a endereço (IPv4)
AAAA	Mapeamento de nome a endereço (IPv6)
MX	Indica um <i>mail exchanger</i> para um nome (servidor de email)
CNAME	Mapeia um nome alternativo (apelido ou indireção)
TXT	Campo de texto livre

Fonte: Campos e Justo (2010, p. 7).

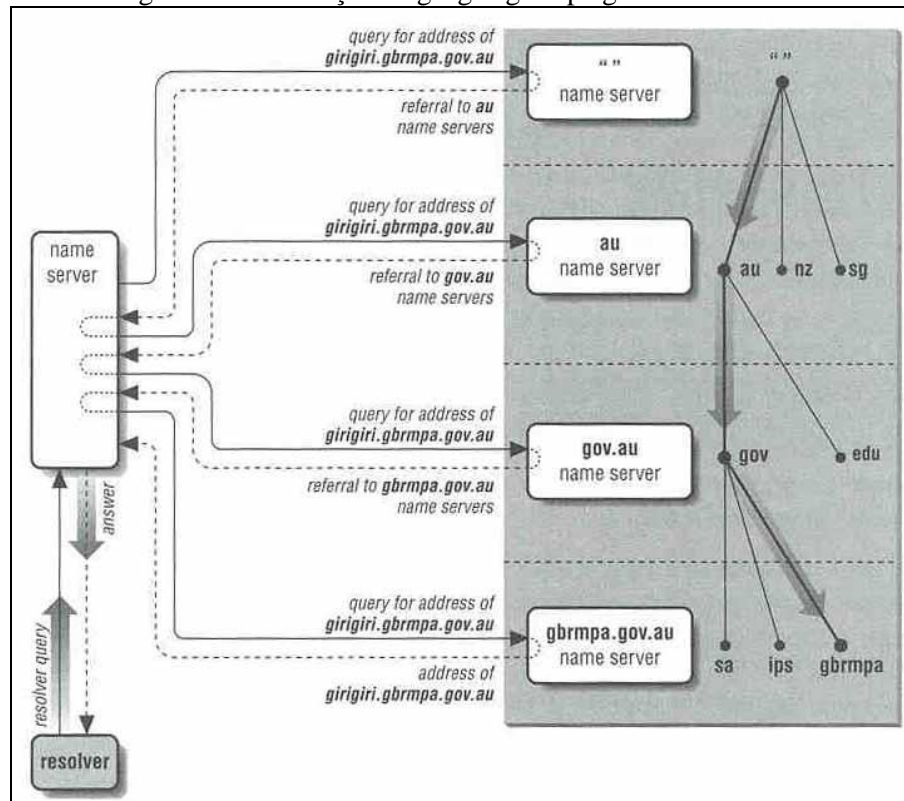
2.3.3 Resolução DNS

Os servidores de nomes são especialistas em recuperar dados do espaço de nomes de domínio. Não somente eles podem fornecer dados das zonas para as quais são autorizados como podem também pesquisar em todo o espaço de nomes de domínio para localizar os dados pelos quais não são autorizados. Esse processo é denominado resolução de nomes ou simplesmente resolução (ALBITZ; LIU, 2001).

Como o espaço dos nomes é estruturado como uma árvore invertida, o servidor de nomes só precisa de uma parte da informação para localizar qualquer ponto na árvore: os nomes de domínio e os endereços dos servidores-raiz. O servidor de nomes pode enviar uma consulta para um servidor de nomes raiz relativa a qualquer nome de domínio no espaço de nomes de domínio, e o servidor-raiz, por sua vez, inicia o servidor de nomes (ALBITZ; LIU, 2001).

Segundo Albitz e Liu (2001, p.28), “os servidores de nome raiz sabem onde estão os servidores de nomes autorizados para cada uma das zonas de nível mais alto.”. Apesar da carga existente nos servidores de nomes raiz, a resolução na Internet funciona bem. A Figura 16 mostra o processo de resolução para o endereço de um host real em um domínio real, incluindo como o processo corresponde a atravessar a árvore do espaço de nomes de domínio (ALBITZ; LIU, 2001).

Figura 16 - Resolução de girigiri.gbrmpa.gov.au na internet



Fonte: Albitz; Liu (2001, p. 29).

O servidor de nomes local consulta um servidor de nomes raiz sobre o endereço de *girigiri.gbrmpa.gov.au* e é direcionado para os servidores de nomes *au*. O servidor de nomes local faz a mesma pergunta a um servidor de nomes *au* e é direcionado para os servidores de nomes *gov.au*. O servidor de nomes *gov.au* dirige o servidor de nomes local aos servidores *gbrmpa.gov.au*. Finalmente, o servidor de nomes local pergunta ao servidor *gbrmpa.gov.au* pelo endereço e obtém resposta (ALBITZ; LIU, 2001).

2.3.4 Consultas DNS

As consultas podem ser de dois tipos, recursivas e iterativas. As consultas recursivas colocam a maior parte da carga da resolução em um único servidor de nomes. A recursão, ou resolução recursiva, é apenas um nome para o processo de resolução usado por um servidor de nomes quando ele recebe consultas recursivas. Assim como com os algoritmos recursivos em programação, o servidor de nomes repete o mesmo processo básico até receber uma resposta. A iteração, ou resolução iterativa, se refere ao processo de resolução usado por um servidor de nomes ao receber consultas iterativas (ALBITZ; LIU, 2001).

Na recursão, o solucionador envia uma consulta recursiva a um servidor de nomes para obter informações sobre um determinado nome de domínio. O servidor de nomes consultado é obrigado a responder com os dados solicitados ou com um erro declarando que os dados do tipo solicitado não existem ou que o nome de domínio especificado não existe. O servidor de nomes não pode apenas direcionar o solicitador para um outro servidor de nomes porque a consulta era recursiva (ALBITZ; LIU, 2001).

Segundo Albitz e Liu (2001, p.30), “se o servidor de nomes consultado não for autorizado para os dados solicitados, terá de consultar outros servidores de nomes para encontrar a resposta.”. Um servidor de nomes que recebe uma consulta recursiva à qual ele não pode responder, consulta os servidores de nomes mais próximos conhecidos. Os servidores de nomes mais próximos conhecidos são os servidores autorizados para a zona mais próxima do nome de domínio que está sendo pesquisado (ALBITZ; LIU, 2001).

Por exemplo, se o servidor de nomes receber uma consulta recursiva sobre o endereço de domínio *ava.furb.br*, verificará primeiro se ele sabe quais são os servidores de nomes autorizados para *ava.furb.br*, depois disso para *furb.br* e, finalmente, para *br*. O padrão, onde é garantido que a verificação vai terminar, é a zona raiz, uma vez que todos os servidores de nomes conhecem os nomes de domínio e endereços dos servidores de nomes raiz (ALBITZ; LIU, 2001).

A resolução iterativa, por outro lado, não requer tanto trabalho por parte do servidor de nomes consultado. Na resolução iterativa, um servidor de nomes simplesmente devolve ao solicitante a melhor resposta que já conhece. Nenhuma consulta adicional é necessária. O servidor de nomes consultado pesquisa os dados locais, em busca dos dados solicitados (ALBITZ; LIU, 2001).

2.3.5 Mapeamento de endereços para nome

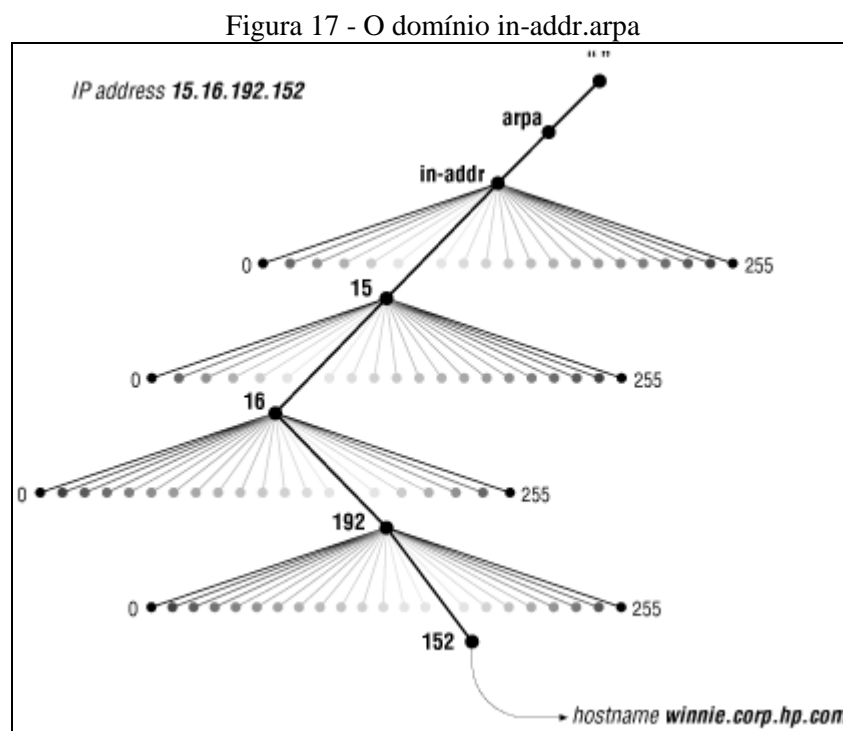
O mapeamento de endereço-nome é usado para produzir uma saída que seja de fácil leitura para os seres humanos. É usado também em algumas verificações de autorização. Quando são usadas as tabelas de *hosts*, o mapeamento endereço-nome é simples. Requer uma pesquisa sequencial direta na tabela do *host* para um endereço. A pesquisa retorna o nome oficial do *host* listado (ALBITZ; LIU, 2001).

No DNS, entretanto, o mapeamento endereço-nome não é tão simples. Os dados incluindo endereços nos espaços de nomes de domínio são indexados por nome. Dado um nome de domínio, é relativamente fácil localizar o endereço. Mas localizar o nome do

domínio que mapeia um determinado endereço parece requerer uma pesquisa exaustiva dos dados anexados a cada nome de domínio (ALBITS; LIU, 2001).

Existe uma solução melhor, que é inteligente e efetiva. Como é fácil localizar os dados de uma vez recebidos o nome do domínio que indexa aqueles dados, existe uma parte do espaço de nomes de domínio que utiliza os endereços como rótulos. No espaço de nomes de domínio da Internet, essa parte fica no domínio *in-addr.arpa* (ALBITS; LIU, 2001).

Segundo Albitz e Liu (2001, p.34), “os nós do domínio *in-addr.arpa* são rotulados após os números na representação de octeto com pontos dos endereços IP. O domínio *in-addr.arpa*, por exemplo, poderia ter até 256 subdomínios, cada um correspondendo a um valor possível no primeiro octeto de um endereço IPv4.”. Seguindo nessa linha com um endereço IPv6 essa quantia seria de 65.536 subdomínios. A Figura 17 exemplifica este conceito.



Fonte: Albitz; Liu (2001, p. 34).

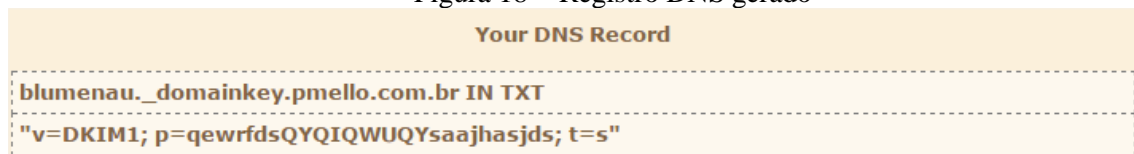
2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Nas pesquisas realizadas foram encontradas ferramentas com finalidade semelhante ao protótipo proposto: ferramentas de geração de registros DNS. Esta seção tem por finalidade apresentar duas ferramentas relacionadas, com suas respectivas abrangências e técnicas abordadas.

Uma das ferramentas citadas como trabalho correlato é o DNSWatch DKIM DNS Wizard (2010), uma ferramenta que busca auxiliar a criação de registros DNS para assinaturas de e-mail *Domain Keys Identified Mail* (DKIM). É baseada nas especificações da RTF 4871. Segundo Silva (2014, p.20), “assinaturas DKIM permitem uma validação de um e-mail enviado de um domínio com o adicional de acrescentar assinaturas digitais permitindo que o *Mail Transfer Agent* (MTA) receptor possa confirmar o e-mail recebido.”.

O DNSWatch DKIM DNS Wizard (2010) permite ao usuário informar um domínio, a versão do DKIM, tipo de criptografia, seletores para eventual identificação de escritório ou localidade, tipo de criptografia e a chave pública. Após os dados inseridos é possível obter uma entrada de registro DNS, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 - Registro DNS gerado



Fonte: DNSWatch (2010).

A ferramenta web Reverse DNS V6 (2011) foi desenvolvida por Matthew Roy, e busca ajudar a implementação do IPv6, gerando uma zona de delegação reversa de uma lista de endereços IPv6, e uma lista de *hostnames* associados aos endereços.

A partir das informações de endereços de IP, nomes DNS dos hosts e TTL (*Time to Live*), a ferramenta Reverse DNS V6 (2011) gera uma saída de registros DNS do tipo PTR conforme mostra a Figura 19 Estes registros podem ser inseridos diretamente nas configurações do sistema DNS.

Figura 19 - Registros PTR gerados

```
;  
; 2001:db8::/48  
;  
; Zone file built with the IPv6 Reverse DNS zone builder  
; http://rdns6.com/  
;  
$TTL 1h ; Default TTL  
@      IN      SOA     ns1.pmello.com. paulo@pmello.com.br (  
      2015052101    ; serial  
      1h            ; slave refresh interval  
      15m           ; slave retry interval  
      1w            ; slave copy expire time  
      1h            ; NXDOMAIN cache time  
      )  
  
;  
; domain name servers  
;  
@      IN      NS      ns1.pmello.com.  
  
; IPv6 PTR entries  
1.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.8.b.d.0.1.0.0.2.ip6.arpa.  IN  PTR  host1.pmello.com.br.  
2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.8.b.d.0.1.0.0.2.ip6.arpa.  IN  PTR  host2.pmello.com.br.
```

Fonte: Reverse DNS V6 (2011).

O trabalho proposto permite informar um comprimento de prefixo de rede e atribuir uma nomenclatura a faixa de rede desejada.

3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Neste capítulo são apresentados o levantamento de informações, os requisitos, a especificação e a implementação do trabalho. Também são mostrados diagrama de casos de uso e diagrama de atividades. Para finalizar é apresentada uma validação do trabalho utilizando as telas juntamente com códigos fonte de exemplos. Com os resultados obtidos é realizada uma comparação com os trabalhos correlatos.

3.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

O sistema desenvolvido trata de uma ferramenta para gerenciamento de nomes DNS para redes IPv6, voltada para administradores de redes, visando diminuir o tempo gasto ao criar novas zonas DNS e otimização para criação de um nome de fácil memorização para um endereço IPv6.

A ferramenta é operada pelo administrador de rede, que alimenta o sistema com as informações referente ao domínio e parametrização do DNS. O administrador poderá escolher entre informar os *hosts* e endereços IPv6, ou gerar uma nomenclatura personalizada através da interface de configuração de nomenclaturas. A saída da ferramenta será um arquivo texto que deverá ser importado pelo administrador no serviço DNS.

O sistema trabalha única e exclusivamente com endereços IPv6, não há suporte para IPv4. Para um bom funcionamento das configurações geradas pelo software, o DNS em que a configuração for importada necessita ser funcional. O Quadro 1 apresenta os requisitos funcionais e sua rastreabilidade com seus respectivos casos de uso.

Quadro 1 - Requisitos funcionais

Requisitos Funcionais	Caso de Uso
RF01: O sistema deverá permitir ao usuário informar uma nomenclatura.	UC01
RF02: O sistema deverá permitir ao usuário informar um intervalo de endereços de rede para geração de nomenclaturas.	UC02
RF03: O sistema deverá permitir que o usuário informe o comprimento do prefixo de sub-rede.	UC02
RF04: O sistema deverá permitir que o usuário informe uma regra de nomenclatura por contagem numérica.	UC03
RF05: O sistema deverá permitir que o usuário informe uma regra de nomenclatura por delimitação do símbolo ":" do endereço de rede.	UC03
RF06: O sistema deverá permitir ao usuário escolher um diretório onde os arquivos gerados serão salvos.	UC04
RF07: O sistema deverá permitir ao usuário informar o First Name Server e o Contato Administrativo da zona DNS.	UC05
RF08: O sistema deverá permitir ao usuário alimentar informações sobre a zona DNS, como Serial, Refresh, Retry, Expire e Cache Time.	UC05
RF09: O sistema deverá permitir ao usuário exportar os registros DNS para um arquivo texto.	UC06

O Quadro 2 apresenta os requisitos não funcionais da ferramenta.

Quadro 2 - Requisitos não funcionais

Requisitos Não Funcionais
RNF01: O sistema deverá ser desenvolvido em ambiente Java desktop.
RNF02: O sistema deverá utilizar o ambiente de desenvolvimento NetBeans.

3.2 ESPECIFICAÇÃO

A especificação deste trabalho foi desenvolvida utilizando os diagramas da UML e apresentação da biblioteca utilizada. Os casos de uso são apresentados através de um diagrama de casos de uso, seguidos das descrições dos casos de uso. Em seguida, são apresentadas as classes criadas para a ferramenta, através do diagrama de classe. Para maior entendimento de alguns fluxos básicos, também serão apresentados diagramas de atividade que representarão casos de uso da ferramenta. Os diagramas foram desenvolvidos na ferramenta Enterprise Architect 11.

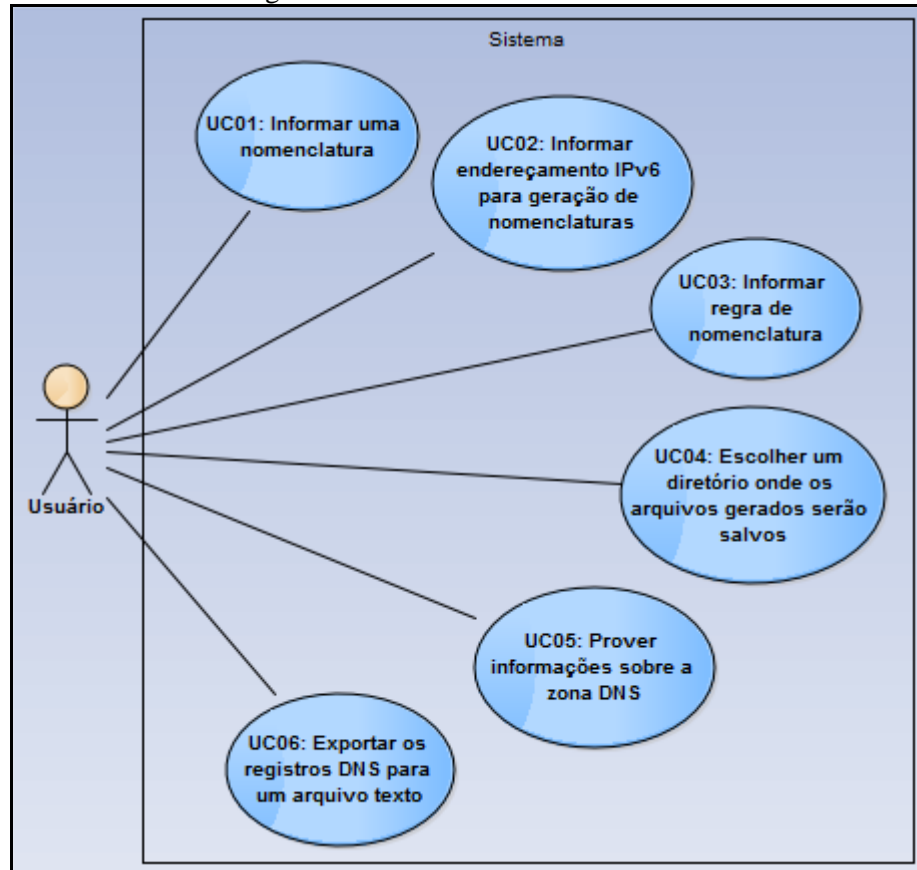
3.2.1 Biblioteca Java IPv6 Library

Desenvolvida na linguagem Java por Jan Van Besien (2015) e utilizada neste trabalho, é uma biblioteca para conceitos relacionados ao IPv6 tal como endereços IPv6, máscaras de rede, *pools* de endereços, etc. A biblioteca é gratuita e está disponível no site Git Hub (2015).

3.2.2 Diagramas de caso de uso

Nesta seção são descritos os casos de uso com as funcionalidades da ferramenta. A Figura 20 ilustra o diagrama de casos da ferramenta desenvolvida. Nele o ator usuário fará uso de todas as funcionalidades da ferramenta.

Figura 20 - Casos de uso da ferramenta



O UC01 descreve a opção que o usuário tem de informar uma nomenclatura que integrará o nome dos *hosts*. O Quadro 3 apresenta o detalhamento deste caso de uso.

Quadro 3 - UC01 – Informar endereço de rede

Caso de uso	UC01 – Informar uma nomenclatura
Descrição	O usuário informa uma nomenclatura
Ator	Usuário
Fluxo principal	a) O usuário preenche o campo com uma nomenclatura; b) O sistema valida se a nomenclatura é válida.
Fluxo alternativo	<ul style="list-style-type: none"> A nomenclatura possui caracteres inválidos; Alerta com mensagem “Nomenclatura inválida!” é apresentada.
Pós-Condição	O usuário deve escolher entre informar um endereço e prefixo de sub-rede ou um intervalo de endereços IPv6.

O caso de uso UC02 descreve a ação de informar um endereçamento IPv6 para a geração de nomenclaturas. O usuário poderá escolher entre informar um endereço com um prefixo de sub-rede ou um intervalo de endereços. O Quadro 4 apresenta o detalhamento deste caso de uso.

Quadro 4 - UC02 – Informar endereçamento IPv6 para geração de nomenclaturas

Caso de uso	UC02 – Informar endereçamento IPv6 para geração de nomenclaturas
Descrição	O usuário informa um endereço com um prefixo de sub-rede ou um intervalo de endereços.
Ator	Usuário
Fluxo principal	a) O usuário seleciona a opção “Endereço/Máscara” ou “Intervalo de endereços”; b) O usuário informa um endereçamento de rede com prefixo de sub-rede ou um intervalo de endereços; c) O sistema valida se os endereços são válidos.
Fluxo alternativo	<ul style="list-style-type: none"> • O endereçamento de rede e prefixo de subrede são inválidos; • O intervalo de endereços foi informado incorretamente; • O intervalo de endereços possui endereços inválidos; • Alerta com mensagem “Verificar endereços informados!” é apresentada.
Pós-Condição	O usuário deve informar uma regra de nomenclatura.

O caso de uso UC03 descreve a ação de escolher uma regra para geração de nomenclaturas, que podem ser por contagem numérica ou por delimitação de “:” do endereçamento informado. O Quadro 5 apresenta o detalhamento deste caso de uso.

Quadro 5 - UC03 – Informar regra de nomenclatura

Caso de uso	UC03 – Informar regra de nomenclatura
Descrição	O usuário informa uma regra de nomenclatura que pode ser por contagem numérica ou por delimitação de “:” do endereçamento informado.
Ator	Usuário
Pré-Condições	Os campos de endereçamento deve estar preenchidos.
Fluxo principal	a) O usuário seleciona a opção “Contagem incremental a partir de” ou “Delimitação por símbolo”; b) O usuário informa um número para início da contagem ou escolhe o quarteto do endereço delimitado pelo símbolo “:”; c) O usuário pode pré-visualizar as nomenclaturas.
Fluxo alternativo	<ul style="list-style-type: none"> • O número para início da contagem é inválido; • Alerta com mensagem “Verificar número informados!” é apresentada.
Pós-Condição	O usuário gerar as nomenclaturas, que serão importadas para a tela principal.

O caso de uso UC04 descreve a ação do usuário escolher um diretório para salvar os arquivos de texto gerado pela ferramenta, o usuário deverá escolher um diretório que possua permissão de gravação. O Quadro 6 apresenta o detalhamento deste caso de uso.

Quadro 6 - UC04 - Prover informações sobre a zona DNS

Caso de uso	UC04 – Escolher um diretório onde os arquivos gerados serão salvos
Descrição	O usuário informa um diretório para salvar os arquivos de texto gerado pela ferramenta.
Ator	Usuário
Fluxo principal	a) O usuário seleciona o botão para escolha do diretório; b) O usuário define o diretório de preferência; c) O sistema valida o diretório informado.
Fluxo alternativo	<ul style="list-style-type: none"> • O diretório informado é inválido; • O diretório informado não possui permissão de gravação; • Alerta com mensagem “Verificar diretório!” é apresentada.
Pós-Condição	O usuário gerar as nomenclaturas, que serão importadas para a tela principal.

O caso de uso UC05 descreve a ação do usuário prover as informações relativas a zona DNS, tais quais como *Serial*, *Refresh*, *Retry*, *Cache Time*, etc. O usuário também poderá informar os *hostnames* e os endereços IPv6. O Quadro 7 apresenta o detalhamento do caso de uso.

Quadro 7 - UC05 – Prover informações sobre a zona DNS

Caso de uso	UC05 – Prover informações sobre a zona DNS
Descrição	O usuário prove informações referente a zona DNS;
Ator	Usuário
Pré-condição	O diretório de saída dos arquivos deve estar configurado.
Fluxo principal	a) O usuário prove as informações da zona DNS; b) O sistema valida as informações.
Fluxo alternativo	<ul style="list-style-type: none"> • As informações estão incorretas; • Alerta com mensagem “Verificar dados informados!” é apresentada.
Pós-Condição	O usuário pode exportar as informações providas para um arquivo texto.

O caso do uso UC06 descreve a ação de exportar os registros DNS para um arquivo texto. Este arquivo poderá ser exportado para um servidor DNS que esteja pré-configurado para a entrada da nova zona. O Quadro 8 apresenta o detalhamento do caso de uso.

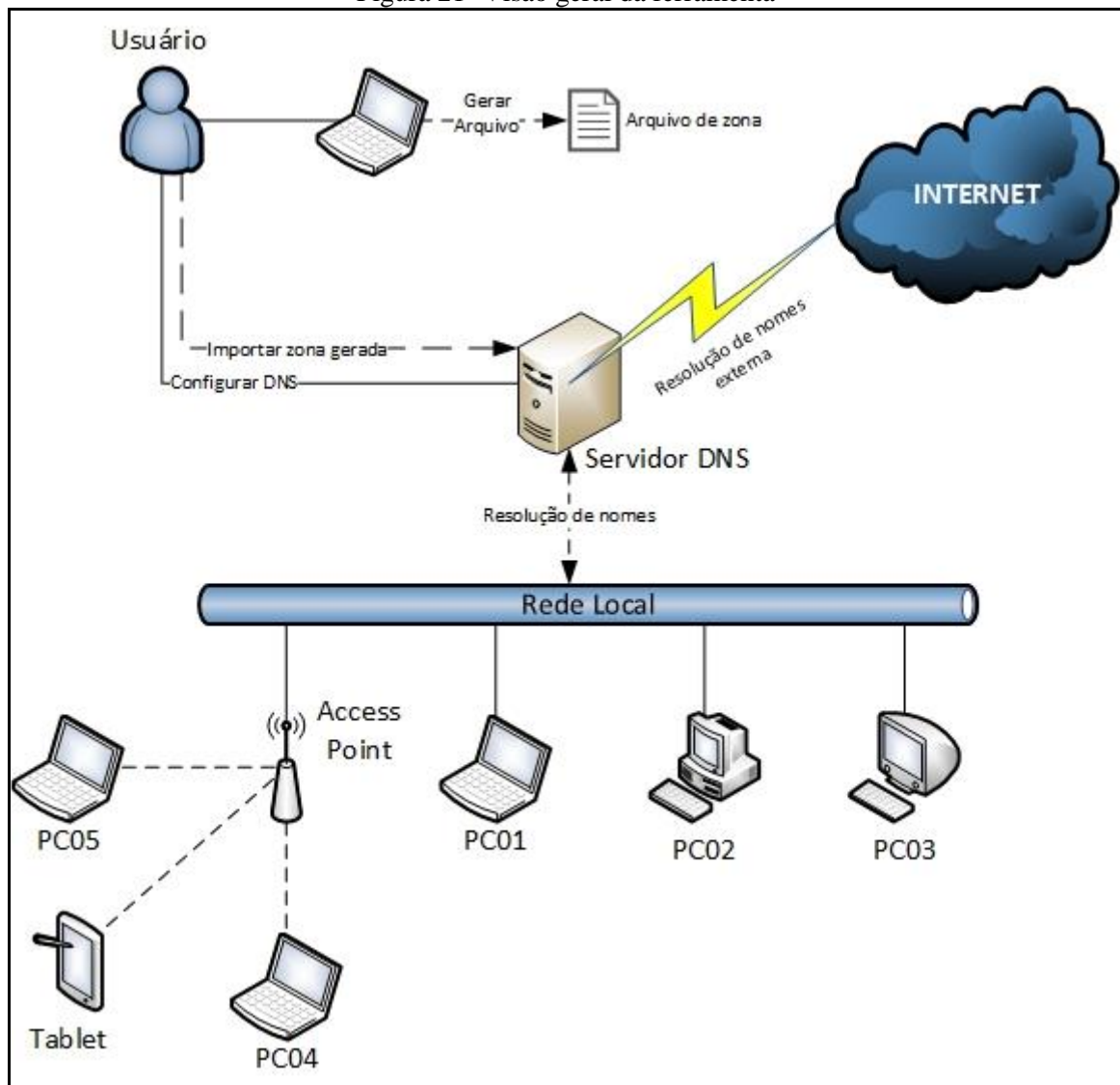
Quadro 8 - UC06 – Exportar os registros DNS para um arquivo texto

Caso de uso	UC06 – Exportar os registros DNS para um arquivo texto
Descrição	O usuário exporta os registros DNS para um arquivo texto
Ator	Usuário
Pré-condição	As informações da zona DNS devem estar corretamente informadas.
Fluxo principal	c) O clica no botão de gerar zona DNS; d) O sistema valida as informações e exporta o arquivo para o diretório previamente configurado.
Fluxo alternativo	<ul style="list-style-type: none"> • As informações de zona DNS estão incorretas; • Alerta com mensagem “Verificar dados informados!” é apresentada.
Pós-Condição	O usuário pode exportar o arquivo para um serviço DNS.

3.2.3 Visão geral

Para um melhor entendimento do trabalho desenvolvido, foi ilustrada na Figura 21 uma visão geral da ferramenta em um ambiente de rede.

Figura 21- Visão geral da ferramenta

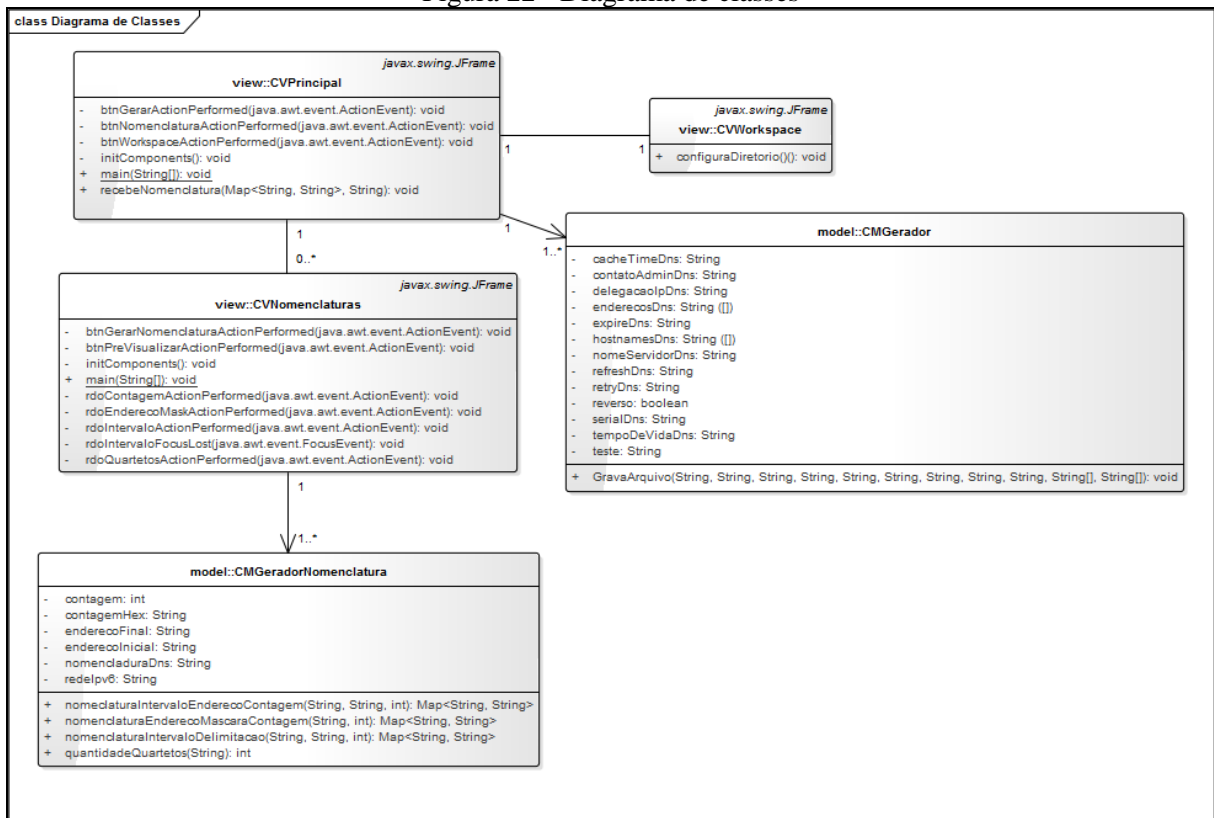


O usuário irá gerar o arquivo de zona a partir da ferramenta, após isto, ele deverá configurar a zona DNS e importar o arquivo no servidor DNS. O servidor DNS resolve os nomes configurador para a Internet e para a rede local, conforme consta na Figura 21.

3.2.4 Diagrama de classes

Na Figura 22 é apresentado o diagrama que define a estrutura de desenvolvimento da ferramenta.

Figura 22 - Diagrama de classes



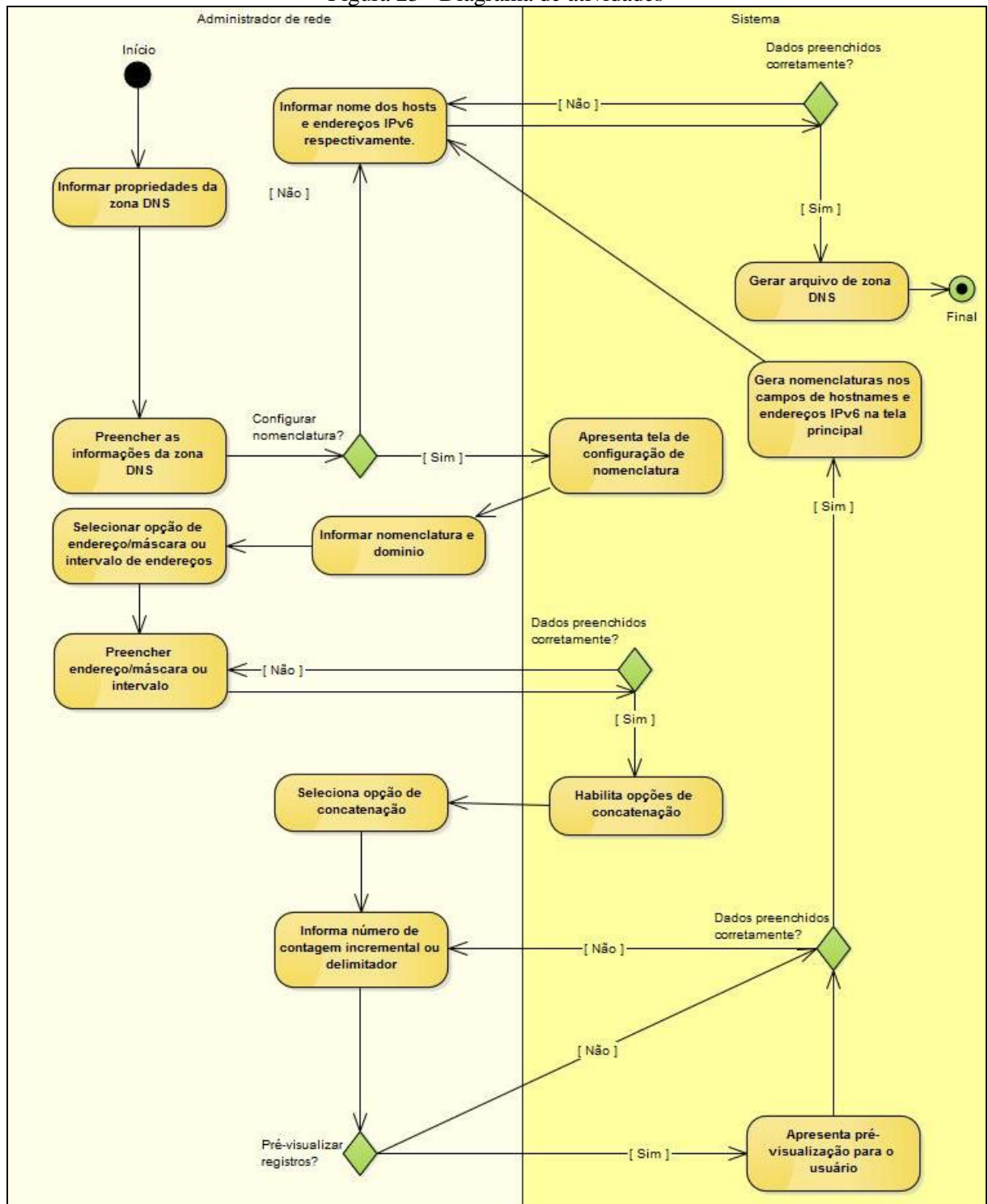
As classes da Figura 22 compõem a ferramenta, onde a classe `CVPrincipal` é a interface principal da ferramenta e faz chamada a todas outras classes. Para geração de nomenclaturas a classe `CMGeradorNomenclatura` foi criada. Estas nomenclaturas são passadas via método para a classe `CVPrincipal`. Quando o usuário exporta as informações para o arquivo texto, a classe `CMGerador` possui o método `GravarArquivo`, que grava as informações para um arquivo texto.

Para gravação deste arquivo, um local de trabalho deve estar configurado na classe `CVWorkspace`, que irá ser passado como parâmetro para a classe `CMGerador` no método `GravarArquivo`.

3.2.5 Diagrama de atividades

Na Figura 23 é apresentado o diagrama de atividades, que irá exibir a ação do administrador de redes.

Figura 23 - Diagrama de atividades



O processo inicia com o Administrador de rede informando as propriedades e informações do domínio. Após isto ele opta por configurar uma nomenclatura, caso sim, é levado a tela de configuração de nomenclatura, se não, ele informa os nomes e endereços IPv6 e efetua a geração dos registros. Na tela de configuração de nomenclaturas, o Administrador de rede deve informar um endereço de rede e o prefixo de sub-rede, ou um intervalo de endereços IPv6 e após isto, escolher um método de concatenação. Caso queira pré-visualizar

os registros, pode clicar no botão de pré-visualização, caso contrário deve prosseguir com a geração dos endereços, que serão gerados na tela principal nos campos de nomes de hosts e endereços IPv6. Depois das informações preenchidas, o administrador de rede exporta as informações para o arquivo.

3.3 IMPLEMENTAÇÃO

A seguir estão elencadas as técnicas e ferramentas utilizadas e a operacionalidade da ferramenta.

3.3.1 Técnicas e ferramentas utilizadas

As técnicas e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da ferramenta proposta foram:

- a) a linguagem de programação Java versão 8 para codificação da ferramenta;
- b) a IDE NetBeans versão 8.0.2 como ambiente de desenvolvimento;
- c) a biblioteca Java IPv6 Library para manipulação dos endereços IPv6.

A biblioteca Java IPv6 Library auxilia na manipulação dos endereços IPv6, máscaras de rede, *pools* de endereços, etc.

3.3.2 Geração de nomenclaturas

Para realizar a geração de nomenclaturas foram utilizadas funções da biblioteca Java IPv6 Library. O Quadro 9 mostra o método `nomenclaturaIntervaloDelimitacao`.

Quadro 9 - Método `nomenclaturaIntervaloDelimitacao`

```

public Map<String, String> nomenclaturaIntervaloDelimitacao(String
enderecoInicial,
    String enderecoFinal, int delimitador){
    IPv6Address enInicial = IPv6Address.fromString(enderecoInicial);
    IPv6Address enFinal = IPv6Address.fromString(enderecoFinal);
    String aux = "";
    String nomeDns = "";
    int seq = 0;
    Map<String, String> mapEnderecos = new HashMap<String, String>();

    while (!aux.equals(enFinal.toString())) {
        aux = enInicial.add(seq).toString();
        String[] enderecoCortado = aux.split(":");
        for (int i = delimitador; i < enderecoCortado.length; i++) {
            if (enderecoCortado[i].equals("")) {
                enderecoCortado[i] = "::";
            }
            nomeDns += enderecoCortado[i];
        }
        mapEnderecos.put(nomeDns, aux);
        nomeDns = "";
        seq += 1;
    }

    return mapEnderecos;
}

```

O método `nomenclaturaIntervaloDelimitacao` recebe o endereço inicial, final e um valor de delimitação, com isso gera as nomenclaturas concatenadas com parte do quarteto informado na delimitação.

3.3.3 Saída para arquivo texto

A classe `CMGerador` possui o método `GerarArquivo`, que é exemplificado no Quadro 10.

Quadro 10 - Gerador de arquivo

```

public void GravaArquivo (String serialDns, String refreshDns, String
retryDns,
        String expireDns, String cacheTimeDns, String nomeServidorDns,
        String contatoAdminDns, String tempoDeVidaDns, String
delegacaoIpDns,
        String[] hostnamesDns, String[] enderecosDns) throws
IOException{
    FileWriter arq = new FileWriter("c:\\testes\\teste.txt");
    PrintWriter gravaArq = new PrintWriter(arq);
    this.setSerialDns(serialDns);
    this.setRefreshDns(refreshDns);
    this.setRetryDns(retryDns);
    this.setExpireDns(expireDns);
    this.setCacheTimeDns(cacheTimeDns);
    this.setNomeServidorDns(nomeServidorDns);
    this.setContatoAdminDns(contatoAdminDns);
    this.setTempoDeVidaDns(tempoDeVidaDns);
    this.setDelegacaoIpDns(delegacaoIpDns);
    this.setHostnamesDns(hostnamesDns);
    this.setEnderecosDns(enderecosDns);
    gravaArq.printf(";%n");
    gravaArq.printf("; "+ this.delegacaoIpDns + "%n");
    gravaArq.printf("; Arquivo gerado pela ferramenta...%n");
    gravaArq.printf("; Desenvolvido por Paulo Ricardo de Mello%n");
    gravaArq.printf(";%n");
    gravaArq.printf(";%n");
    gravaArq.printf("$TTL " + this.tempoDeVidaDns + "%n");
    gravaArq.printf("@          IN          SOA " + this.nomeServidorDns + "
" + this.contatoAdminDns + "( %n");
    gravaArq.printf("          " + this.serialDns + " ;
serial%n");
    gravaArq.printf("          " + this.refreshDns + " ;
refresh%n");
    gravaArq.printf("          " + this.retryDns + " ; retry%n");
    gravaArq.printf("          " + this.expireDns + " ;
expire%n");
    gravaArq.printf("          " + this.cacheTimeDns + " ;
ttl%n");
    gravaArq.printf("          )");
    gravaArq.printf(" %n");
    gravaArq.printf(";%n");
    gravaArq.printf("; DNS servers%n");
    gravaArq.printf(";%n");
    gravaArq.printf("@          IN          NS " + this.nomeServidorDns +
";%n");
    gravaArq.printf(" %n");
    gravaArq.printf(" %n");
    for (int i = 0; i < this.hostnamesDns.length; i++) {
        gravaArq.printf(this.hostnamesDns[i] + "          IN          AAAA          "
+ this.enderecosDns[i] + "%n");
    }

    arq.close();
}

```

O método GerarArquivo recebe as informações da zona DNS como parâmetro, e efetua a saída para o arquivo especificado.

3.3.4 Operacionalidade da implementação

Esta subseção apresenta as principais telas da ferramenta desenvolvida com uma breve apresentação de suas funcionalidades. O sistema possui apenas um nível de acesso, portanto os usuários têm a mesma visão dentro do sistema.

Na Figura 24 é mostrada a tela inicial do sistema.

Figura 24 - Tela principal

The screenshot shows the main interface of the IPv6 DNSGen application. The window title is "IPv6 DNSGen". The interface is divided into several sections:

- Informações da Zona:** Contains input fields for "Serial" (2015111700), "Refresh" (28800), "Retry" (7200), "Expire" (604800), and "Cache Time" (10800).
- Informações:** Contains input fields for "First Name Server" (ns1.exemplo.com.br) and "Contato Administrativo" (contato.exemplo.com.br).
- Opcionais:** Contains input fields for "TTL (Optional)" (1h), a checkbox for "Zona Reversa" (unchecked), and "IPv6 Delegation" (2015:fb1::/48).
- Configuração de nomenclaturas:** Contains a button labeled "Configurar Nomenclatura".
- Hostnames:** A text area containing the hostnames "pc1.exemplo.com.br" and "pc2.exemplo.com.br".
- Endereços IPv6:** A text area containing the IPv6 addresses "2015:fb1::1" and "2015:fb1::2".
- Footer:** A button labeled "Sair".
- Right Sidebar:** A vertical toolbar with icons for settings (gears), editing (pencil), favorites (folder with heart), and help (information icon).

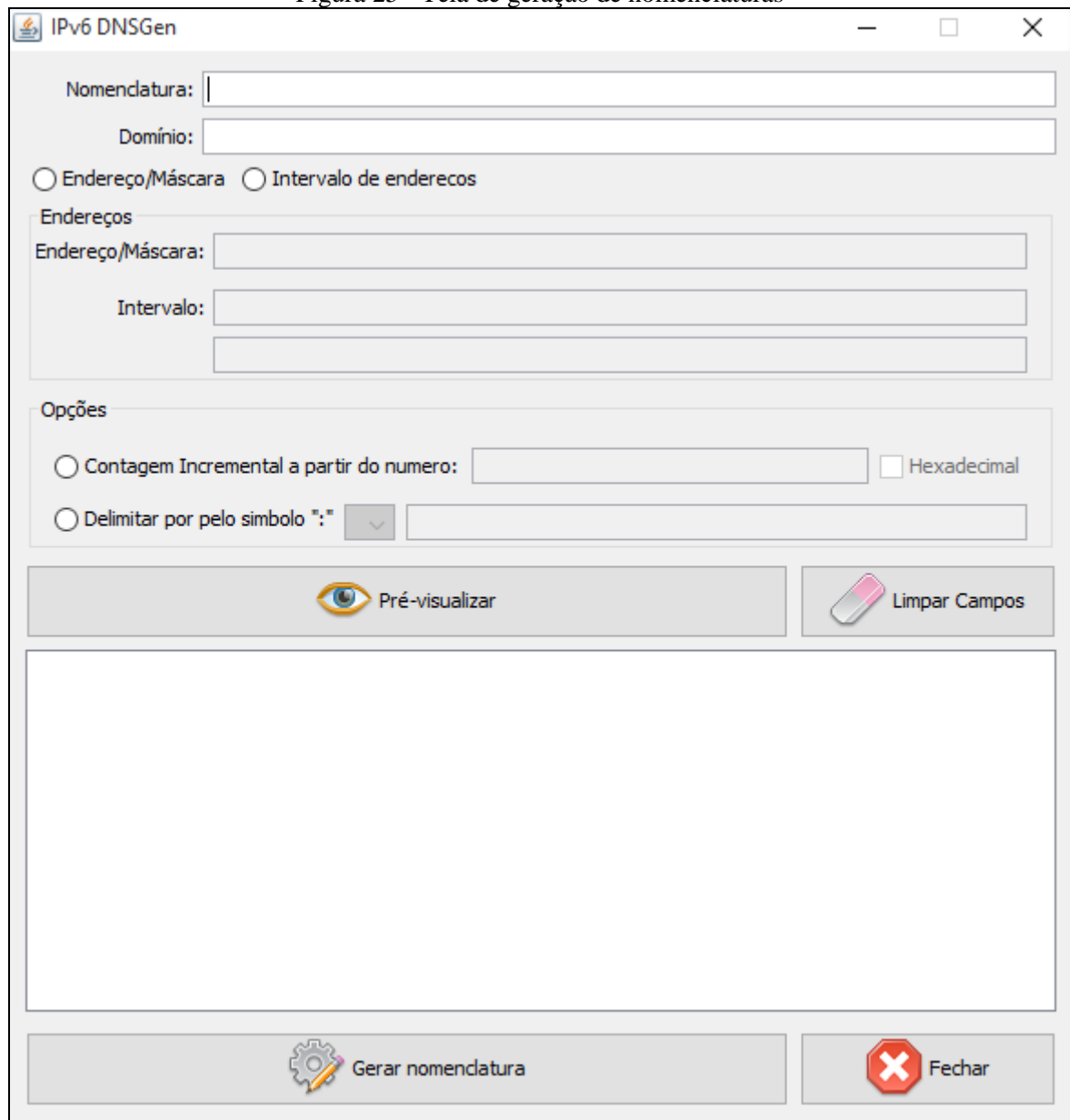
A tela principal já vem previamente configurada com informações de exemplo. O painel *Informações da Zona* contém propriedades da zona DNS como o *Serial*, que identifica a data da última atualização do arquivo, o *Refresh* para determinar o tempo de consulta do registro SOA informado no campo *First Name Server*, a propriedade *Retry* é o tempo de espera para uma nova tentativa de comunicação com o DNS secundário em caso de falha, o campo *Expire* determina o tempo que o servidor continuará tentando concluir uma transferência de zona e o último campo deste painel, o *Cache Time*, é o valor de tempo de vida padrão para os registros da zona.

No painel de *Informações*, são informados o *First Name Server* que é o servidor de primário e o *Contato Administrativo*, que informa o contato do administrador do domínio. O painel *Configuração de Nomenclaturas*, contém um botão que leva até a tela de Geração

de Nomenclaturas, apresentada na Figura 25. No painel Opcionais, tem-se algumas informações que são repassadas apenas se o Administrador de Rede achar necessário.

Os painéis Hostnames e Endereços IPv6 contém os campos para informar o nome dos *hosts* e seu respectivo endereço IPv6. Abaixo, na Figura 25 é apresentada a tela de geração de nomenclaturas.

Figura 25 - Tela de geração de nomenclaturas



The screenshot shows the IPv6 DNSGen application window. It features several input fields and buttons. At the top, there are fields for 'Nomenclatura:' and 'Domínio:'. Below these are two radio buttons: 'Endereço/Máscara' and 'Intervalo de endereços'. Under the 'Endereços' section, there are fields for 'Endereço/Máscara:' and 'Intervalo:'. The 'Opções' section includes a radio button for 'Contagem Incremental a partir do numero:' with an adjacent input field, a 'Hexadecimal' checkbox, and a radio button for 'Delimitar por pelo simbolo ":"' with a dropdown menu and an input field. At the bottom, there are four buttons: 'Pré-visualizar' (with an eye icon), 'Limpar Campos' (with a eraser icon), 'Gerar nomenclatura' (with a gear icon), and 'Fechar' (with a red X icon).

Na tela de geração de nomenclaturas, o usuário pode escolher entre informar um endereço com um prefixo de sub-rede (Máscara de rede), ou um intervalo de endereços. Após os endereços informados, deverá ser escolhido a forma de geração de nomenclaturas. A Figura 26 mostra a pré-visualização de nomenclaturas, usando como base um endereço de rede e prefixo de sub-rede e opção de delimitação.

Figura 26 - Exemplo de preenchimento da tela de geração de nomenclaturas

The screenshot shows the IPv6 DNSGen application window. The configuration fields are as follows:

- Nomenclatura: admin-
- Domínio: pmello.com.br
- Radio buttons: Endereço/Máscara, Intervalo de endereços
- Endereços section:
 - Endereço/Máscara: fe80::226:2dff:fefa:cd19/125
 - Intervalo: (empty)
- Opções section:
 - Contagem Incremental a partir do numero: (empty) Hexadecimal
 - Delimitar por pelo símbolo ":" 5 (dropdown)

The pre-visualization (Pré-visualizar) shows the following output:

```
admin-cd18.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd18
admin-cd19.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd19
admin-cd1f.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd1f
admin-cd1d.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd1d
admin-cd1e.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd1e
admin-cd1b.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd1b
admin-cd1c.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd1c
admin-cd1a.pmello.com.br - fe80::226:2dff:fefa:cd1a
```

Buttons at the bottom: Pré-visualizar, Limpar Campos, Gerar nomenclatura, Fechar.

No resultado da pré-visualização da Figura 26 é exibido a concatenação da nomenclatura com o último quarteto do endereço IPv6. Ao clicar em *Gerar nomenclatura*, a nomenclatura e os endereços são importados para a tela principal, como mostrado na Figura 27.

Figura 27 - Tela principal com as nomenclaturas geradas

The screenshot shows the IPv6 DNSGen application window. It is divided into several sections:

- Informações da Zona:** Fields for Serial (2015111701), Refresh (28800), Retry (7200), Expire (604800), and Cache Time (10800).
- Configuração de nomenclaturas:** A button labeled "Configurar Nomenclatura".
- Informações:** Fields for First Name Server (ns1.exemplo.com.br) and Contato Administrativo (contato.exemplo.com.br).
- Opcionais:** Fields for TTL (Opcional) (1h) and IPv6 Delegation (2015:fb1::/48). There is also a checkbox for "Zona Reversa".
- Hostnames:** A list of generated hostnames: admin-cd1e, admin-cd1b, admin-cd1c, and admin-cd1a.
- Endereços IPv6:** A list of generated IPv6 addresses: fe80::226:2dff:fefa:cd1e, fe80::226:2dff:fefa:cd1b, fe80::226:2dff:fefa:cd1c, and fe80::226:2dff:fefa:cd1a.
- Barra de Botões:** A "Sair" button at the bottom.
- Barra Lateral:** A vertical toolbar on the right with icons for settings (gears), a pink pill, a folder with a heart, and an information icon.

Para gerar o arquivo de zona DNS, o usuário clica no botão *Gerar*, que é representado pelo símbolo das engrenagens.

Segundo a RFC1035 do IETF, que contém as especificações do DNS, os arquivos de zona são arquivos texto que possuem uma sequência de entradas orientadas por linhas. Parênteses podem ser usados para continuar uma lista de itens em um limite de linha e qualquer combinação de separadores e espaços atuam como um delimitador entre os itens separados que compõe uma entrada. Os comentários em um arquivo, sempre começam com “;” (ponto-e-vírgula) (IETF, 1987).

Um exemplo do arquivo gerado é mostrado no Quadro 11.

Quadro 11 - Conteúdo do arquivo gerado

```

;
; 2015:fb1::/48
; Arquivo gerado pela ferramenta IPv6 DNSGen
; Desenvolvido por Paulo Ricardo de Mello
;
;
$TTL 1h
@      IN      SOA ns1.exemplo.com.br   contato.exemplo.com.br (
                2015111701 ; serial
                28800 ; refresh
                7200 ; retry
                604800 ; expire
                10800 ; ttl
)
;
; DNS servers
;
@      IN      NS   ns1.exemplo.com.br;

admin-cd18      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd18
admin-cd19      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd19
admin-cd1f      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd1f
admin-cd1d      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd1d
admin-cd1e      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd1e
admin-cd1b      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd1b
admin-cd1c      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd1c
admin-cd1a      IN      AAAA   fe80::226:2dff:fefa:cd1a

```

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste trabalho foi explorar a possibilidade de simplificar a integração de um administrador de rede com o protocolo IPv6, visto que o mesmo possui endereços complexos e de um tamanho considerável. A criação de nomes com uma sequência lógica e seguindo um padrão, permite ao administrador de rede memorizar mais facilmente os endereços, e facilitar o atendimento ao usuário na hora de solicitar o endereço IP para prestar algum suporte, como por exemplo, um acesso remoto.

A ferramenta desenvolvida neste trabalho provou ser eficaz para geração de nomes, através de um método de concatenação de números sequenciais na nomenclatura ou a concatenação da nomenclatura com parte do quarteto do endereço IPv6.

Em relação aos trabalhos correlatos, a ferramenta desenvolvida possui algumas características destacadas dos demais trabalhos. No entanto, algumas diferenças podem ser notadas. O DNSWatch DKIM DNS Wizard (2010) permite a geração de chaves DKIM, não possui nenhuma funcionalidade ligada ao IPv6 ou endereços de rede, mas se aproxima do trabalho desenvolvido pelo fato de gerar uma entrada válida, que agrega o arquivo de zona DNS. Já a ferramenta Reverse DNS V6 (2011), gera arquivo de zonas DNS assim como a

ferramenta desenvolvida, mas gera apenas entradas reversas de endereços IPv6 e não possui um gerador de nomenclaturas.

Quadro 12 - Características do trabalho desenvolvido e dos trabalhos correlatos

Características	Trabalho Desenvolvido	Reverse DNS V6 (2011)	DNSWatch DKIM DNS Wizard (2010)
Gerar registro DNS	X	X	X
Gerar arquivo de zona DNS	X	X	
Manipular endereços IPv6	X	X	
Configurar diretório de trabalho	X		
Gerador de nomenclaturas	X		
Interface WEB		X	X

Por fim a ferramenta desenvolvida diferencia-se dos trabalhos correlatos pela geração de nomenclaturas e possibilidade de armazenar os registros em um diretório.

4 CONCLUSÕES

O esgotamento dos endereços IPv4 está levando os administradores de rede a se adaptar aos novos ambientes com endereçamento IPv6. Com novas tecnologias novas formas de trabalho são aderidas, como no caso dos endereços IPv6. O esgotamento de endereços não é mais o problema, mas questões como memorização do endereço e organização da rede, tornam-se um pouco mais delicadas e não podem afetar a rotina dos usuários dependentes dos serviços que dependem deste ambiente IPv6.

Este trabalho apresentou uma ferramenta para auxiliar o administrador de rede a manipular zonas DNS que utilizam endereços IPv6, facilitando a criação de nomes para melhor memorização e auxílio na comunicação com o usuário final.

A biblioteca Java IPv6 Library provou ser eficaz na manipulação de endereços, máscaras de rede e *pools* de endereços IPv6, auxiliando na validação dos endereços informados e na montagem das nomenclaturas definidas pelo administrador de rede.

Os valores informados na ferramenta foram exportados para um arquivo texto, que está no padrão definido na RFC1035 (1987) da IETF e pode ser importado para um servidor DNS previamente configurado. O usuário pode definir nomenclaturas com base em contagem numérica ou com partes do endereço IPv6 delimitadas pelo “:” (dois-pontos), tornando o nome do endereço mais amigável e de fácil memorização.

Pode-se dizer que o resultado obtido da implementação atendeu aos requisitos previamente formulados e a biblioteca utilizada mostrou-se eficaz em relação ao que delas se esperava.

Por fim, a implementação deste trabalho utilizou uma abordagem inspirada nos trabalhos correlatos. No entanto, existem diferenças em relação a elas. Uma das principais diferenças é a geração de nomenclaturas, que auxilia o administrador de rede a economizar esforço para escrever endereços IPv6 e permite definir nomenclaturas amigáveis para uso no dia-a-dia.

4.1 EXTENSÕES

Como sugestões para a continuidade do presente trabalho têm-se:

- a) permitir a importação de um certificado SSL para criptografia de dados;
- b) gerar registro de DNS reverso;
- c) importar zona DNS via conexão direto ao servidor;
- d) funcionalidade de importar arquivos já gerados pelo software.

REFERÊNCIAS

- ALBITZ, Paulo; LIU, Cricket. **DNS e BIND**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001
- CAMPOS, David Roberto Camargo; JUSTO, Rafael Dantas. **Introdução a DNS e DNSSEC**. [S.l]: Registro.br, 2010. Disponível em: <<ftp://ftp.registro.br/pub/doc/introducao-dns-dnssec.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2015.
- AMARAL, Allan Francisco Forzza. **Redes de Computadores**. [S.l]: Rede E-tech Brasil 2012. Disponível em:<http://redeotec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_infor_comun/tec_inf/081112_rede_comp.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2015.
- COSTA, Jefferson. **Apostila de redes de computadores**. [S.l], 2010. Disponível em: <<http://www.jeffersoncosta.com.br/redes.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- DNSWatch. [S.l], 2008. Disponível em: <<https://www.dnswatch.info>>. Acesso em: 08 abr. 2015. **DKIM DNS Record**. Disponível em: <<https://www.dnswatch.info/dkim/create-dns-record>>. Acesso em: 08 abr. 2015.
- FLORENTINO, Adilson Aparecido. **IPv6 na prática**. 1. Ed. São Paulo: Linux New Media, 2012.
- FRANÇA, Milena Cristina. **Redes de Computadores**. Santa Catarina: Publicações do IF-SC, 2010.
- GITHUB. [S.l], 2015. Disponível em:< <https://www.github.com>>. Acesso em: 10 out. 2015. **Java IPv6 Library**. Disponível em: < <https://github.com/janvanbesien/java-ipv6>>. Acesso em: 10 out. 2015.
- IETF. [S.l], 1987. Disponível em:< <https://www.ietf.org> >. Acesso em: 22 nov. 2015. **Domain Names – Implementation and Specification**. Disponível em: < <https://www.ietf.org/rfc/rfc1035.txt>>. Acesso em: 22 nov. 2015.
- JAMHOUR, Edgard. **IPv6: Internet Protocol – Versão 6 e Mecanismos de Transição**. [S.l]: PUCPR, 2008. Disponível em: < <http://www.ppgia.pucpr.br/~jamhour/Pessoal/Mestrado/TARC/IPv6Trans.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a Internet**. 3. Ed. São Paulo: Pearson, 2006.
- MENDES, Douglas Rocha. **Redes de computadores**. São Paulo: Novatec, 2010.
- REVERSE DNS V6. [S.l], 2011. Disponível em: <<http://rdns6.com>>. Acesso em: 08 abr. 2015. ROY, Matthew. **Build BIND rDNS Zone**. 2011. Disponível em: <<http://rdns6.com/zone>>. Acesso em: 08 abr. 2015.
- SILVA, Luciano da. **Estudo de um sistema de e-mail utilizando Postfix com SPF, DKIM e DMARC**. 2014. 41f. Trabalho de Graduação de Curso (Tecnologia em Redes de Computadores) – Curso de Tecnólogo em Redes de Computadores, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <http://www.redes.ufsm.br/docs/tccs/TCC_2014_II/TCC_Luciano_Silva.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2015.
- TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.